

**Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет**

**Збірник наукових праць
Національного гірничого університету**

№28

Дніпропетровськ
2007

УДК 622 (06)

Засновник та видавець
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ
рік заснування – 1999

Збірник наукових праць НГУ №28 – Дніпропетровськ: РВК НГУ,
2007.– 224 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 гірничо-транспортного 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 № 5 від 26.06.07 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.

© Національний гірничий університет, 2007

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.

Екологічна 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.

Маркшейдерія

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

Голінько 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:

49005, 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 дискете 3,5" с распечаткой 1 экз. на листах формата А4. Текст следует набирать шрифтом Times New Roman 14 пунктов в редакторе Microsoft Office Word и оформить следующим образом:

* УДК

* Инициалы, фамилия автора;

* Название статьи - заглавными буквами, жирно, выравнивание по центру; переносы и аббревиатура недопустимы;

* Аннотация (до 5 строк) на русском, украинском и английском языках, размер 12 пт ;

* Текст форматируется с выравниванием по ширине и междустрочным интервалом -1,0. Все поля - по 2 см. Номера страниц не проставляются.

* Формулы в тексте должны быть выполнены в приложении Word "Equation", соблюдая размеры, приведенные на рисунке. ⇨

* 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.

* Рисунки подаются в черно-белом изображении вместе с текстом в местах ссылки на них и в отдельных файлах (*. bmp, *. jpg).

* Список литературы приводится в порядке ссылок в тексте, в соответствии с ГОСТ 7.1-84, размером 12 пт.

Размеры	
Обычный	14 пт
Крупный индекс	12 пт
Мелкий индекс	11 пт
Крупный символ	16 пт
Мелкий символ	12 пт

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

Литература

1. Ландау Л.Д. Статистическая физика. Серия 1. Теоретическая физика. Т. V. –М.: Наука, 1979.-268 с.

2. Архипов Ю.Р. Программное обеспечение для обработки геофизической информации// Горный журнал.- 2002.-№11.-С.10-15

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.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОСНОВНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ ПО РАЗРЕЗУ КРАСНОАРМЕЙСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ДОНБАССА

В статье рассмотрены особенности распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района.

У статті розглянуто особливості розподілу токсичних та потенційно токсичних елементів у вугільних пластах по розрізу Красноармійського геолого-промислового району.

The peculiarities of toxic and potentially toxic elements distribution in the coal strata of Krasnoarmysk geological and industrial district have been considered in the article.

Вступление. Для объективной оценки воздействия угледобывающей промышленности и предприятий теплоэнергетики на экологическую ситуацию и планирования наиболее эффективных мероприятий, направленных на ее улучшение, необходимо располагать сведениями о характере распределения и уровне концентрации токсичных элементов, в углях и вмещающих породах извлекаемых в процессе добычи. С целью получения такой информации в Национальном горном университете были выполнены детальные исследования, охватившие всю территорию одного из наиболее перспективных районов Донбасса – Красноармейского геолого-промышленного района.

Последние достижения. Автором совместно с А.И. Чернобук, Д.Я. Михальчонок, В.В. Дворецким, А.Б. Москаленко [1, 2, 3] исследованы особенности распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в продуктах и отходах обогащения ряда углеобогадательных фабрик Донбасса, а также совместно с А.Л. Лозовым [4] рассмотрены особенности распределения этих элементов, в угле пластов Павлоград-Петропавловского района. В тоже время, особенности распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угле основных пластов по разрезу угленосной толщи Красноармейского района до настоящего времени не были исследованы.

Формулирование целей. В данной работе основными задачами изучения геохимии токсичных элементов в основных рабочих угольных пластах являлись: ревизия выполненных ранее исследований концентраций токсичных и потенциально токсичных элементов; формирование представительных выборок анализов его содержаний по отдельным угольным пластам и по району в целом; установление средних концентраций этих элементов в угле основных пластов, отдельных свит и района в целом; установление особенностей распределения средневзвешенных содержаний токсичных и потенциально токсичных элементов в углях по разрезу района.

Изложение. Собранный материал характеризует содержание токсичных и потенциально токсичных элементов в углях 56 пластов относящихся к свитам C_1^4 (пласт d_4), C_2^1 (пласты f_0^5 , f_0^7 , f_1), C_2^2 (пласты g_1 , g_1^{2H} , g_1^2 , g_1^3 , g_1^4), C_2^3 (пласты

$h_1^H, h_1, h_4, h_5, h_6, h_8, h_{10}, h_{10}^1$), C_2^5 (пласты $k_3, k_5^H, k_5, k_5^B, k_6, k_7, k_7^1, k_7^{1+2}, k_7^2, k_8^H, k_8$), C_2^6 (пласты $l_1, l_1^B, l_2^1, l_3, l_3^{B+H}, l_3^B, l_4, l_4^B, l_5, l_5^1, l_6, l_7^H, l_7, l_7^{B+H}, l_7^B, l_8^H, l_8, l_8^1$) и C_2^7 (пласты $m_2, m_3^H, m_3, m_3^1, m_4^0, m_4^2, m_4^{2+2B}, m_5^{1B}, m_6^1$ и m_6^2) нижнего и среднего отделов каменноугольного периода. Для получения наиболее объективных и однородных данных в работе использовались в основном результаты полуколичественных и количественных анализов углей керновых проб полей шахт «Родинская» (пласты k_5^B, k_7, l_7^H и l_8^1), «Центральная» (пласты k_5^B, k_7, l_1, l_3 и l_7), «Краснолиманская» (пласты k_5, l_3, l_7 и m_4^2), «Горняк» (пласты m_2 и m_3), «Белозерская» (пласты $l_1^B, l_3, l_8, m_2, m_4^{2+2B}$ и m_5^{1B}), «Новодонецкая» (пласты k_7^{1+2}, k_8, l_3 и l_8^H), «Алмазная» (пласты $k_8^H, l_1, l_2^1, l_3, l_4, l_5$ и l_7), им. Стаханова (пласты k_5, l_1, l_3 и l_7), «Красноармейская Западная №1» (пласт d_4), «Добропольская» (пласты $k_8^H, l_1, l_2^1, l_3, l_4, l_5, m_3^H, m_4^0, m_5^{1B}$ и m_6^2), им. Димитрова (пласты $k_3, k_7, k_8, l_1, l_3, l_6, l_7$ и m_3^1), «Пионер» (пласты l_3, l_7^B, l_8, m_4^0 и m_4^2), «Россия» (пласты $k_8, l_3, l_7, l_8, m_2, m_3$ и m_4^2), им. Шевченко (пласт f_1), «Новгородовка №1-2 и №3» (пласты k_8, l_1, l_7, l_8^1 и m_4^2), им. Коротченко (пласты k_8, l_1, l_3, l_8 и l_8^1), «Украина» (пласты $k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_7^H$ и l_8), «Кураховская №10 и №42» (пласты k_6, k_8, l_2^1 и l_4), а также резервных и разведочных площадей и участков «Северодонецкий – 2» (пласты $k_5^H, k_5, k_5^B, l_2^1, l_3, l_4, l_5, l_7, l_8, m_2, m_4^2$ и m_6^2), «Новгородовские» (пласты $k_6, k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_4, l_7^H, l_7, l_8, l_8^1, m_2, m_3$ и m_4^2), «Лесовские» (пласты $k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_6, l_7, l_8, l_8^1, m_2, m_3, m_4^0, m_6^1, m_6^2$), «Гапеевские» (пласты $k_5^H, k_5, k_5^B, k_7^1, k_7^2, k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_3^{B+H}, l_3^B, l_4^B, l_7^{B+H}, l_8^H, m_3^H, m_4^0$ и m_6^2), «Добропольские» (пласты $k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_3^{B+H}, l_5, l_7^B, l_8^H, l_8, m_3^H, m_4^0, m_4^2, m_6^1$ и m_6^2), «Димитровские» ($g_1^{2H}, h_1^H, h_4, h_6, h_8, h_{10}, h_{10}^1, l_1, l_3, l_5^1, l_6$ и l_7), «Успеневские» (пласты $f_0^5, f_0^7, g_1, g_1^2, g_1^3, g_1^4, h_1, h_4, h_5$ и h_{10}) выполненных после 1983г. в центральных сертифицированных лабораториях геологоразведочных организаций, в ряде случаев они дополнялись анализами пластово – дифференцированных проб отобранных лично авторами или совместно с сотрудниками геологических служб производственных геологоразведочных и добывающих организаций.

После первичного анализа и разбраковки качественных и количественных характеристик правильности и воспроизводимости результатов анализов в дальнейшей работе было использовано от 2814 до 2012 определений токсичных и потенциально токсичных элементов в углях района. Наиболее представительные (более 33 анализов удовлетворяющих требованиям правильности и воспроизводимости [5, 6] и относительно равномерно распределенные по площади) результаты были получены по 38 пластам: $g_1^{2H}, h_1^H, h_4, h_6, h_8, h_{10}, h_{10}^1, k_5^H, k_5, k_5^B, k_6, k_7, k_7^1, k_7^2, k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_3^{B+H}, l_3^B, l_4, l_4^B, l_5, l_5^1, l_6, l_7^H, l_7, l_7^B, l_8^H, l_8, l_8^1, m_2, m_3^H, m_3, m_4^0, m_4^2, m_6^1, m_6^2$.

С целью получения представительных оценок содержания токсичных и потенциально токсичных элементов в углях, как отдельных пластов, свит, так и в целом по району единичные определения были объединены по отдельным пластам в 78 пообъектных выборок, а дальнейший расчет средних значений концентраций выполнялся как средневзвешенное на объем объекта. При расчетах объема принималась средняя мощность пласта в пределах объекта, а площади достоверно установленных размывов и выклинивания пластов не учитывались. Рассчитанные таким образом оценки выборочных средних по пластам в виде графиков показаны на рис. 1 – 10.

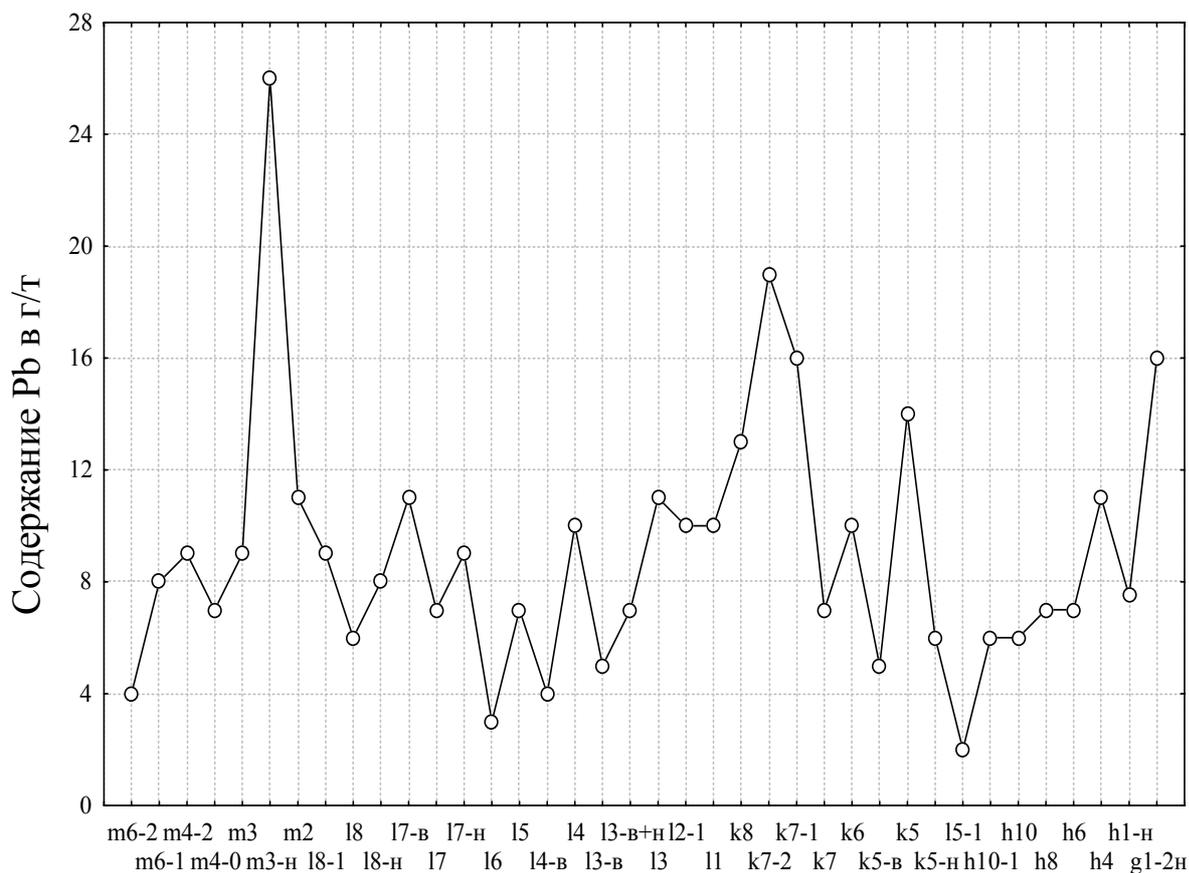


Рис. 1. Содержание Pb в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

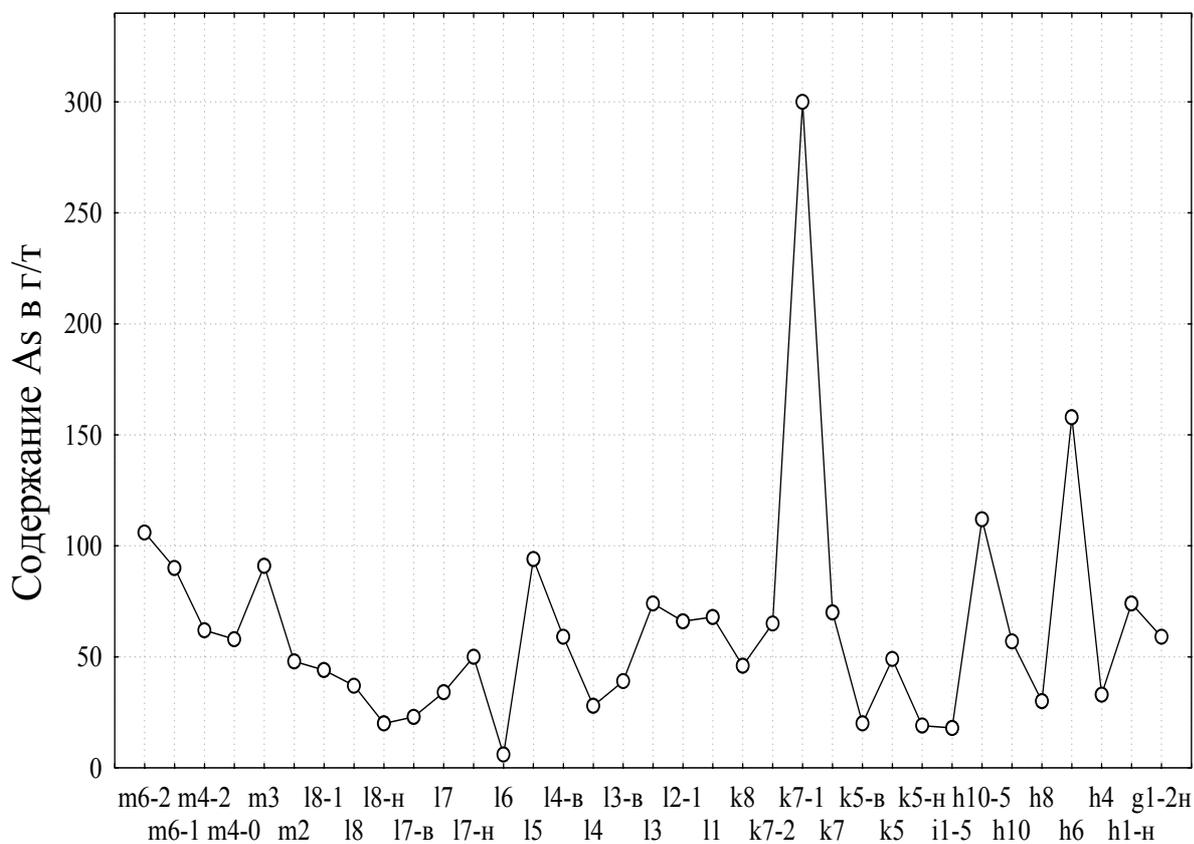


Рис. 2. Содержание As в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

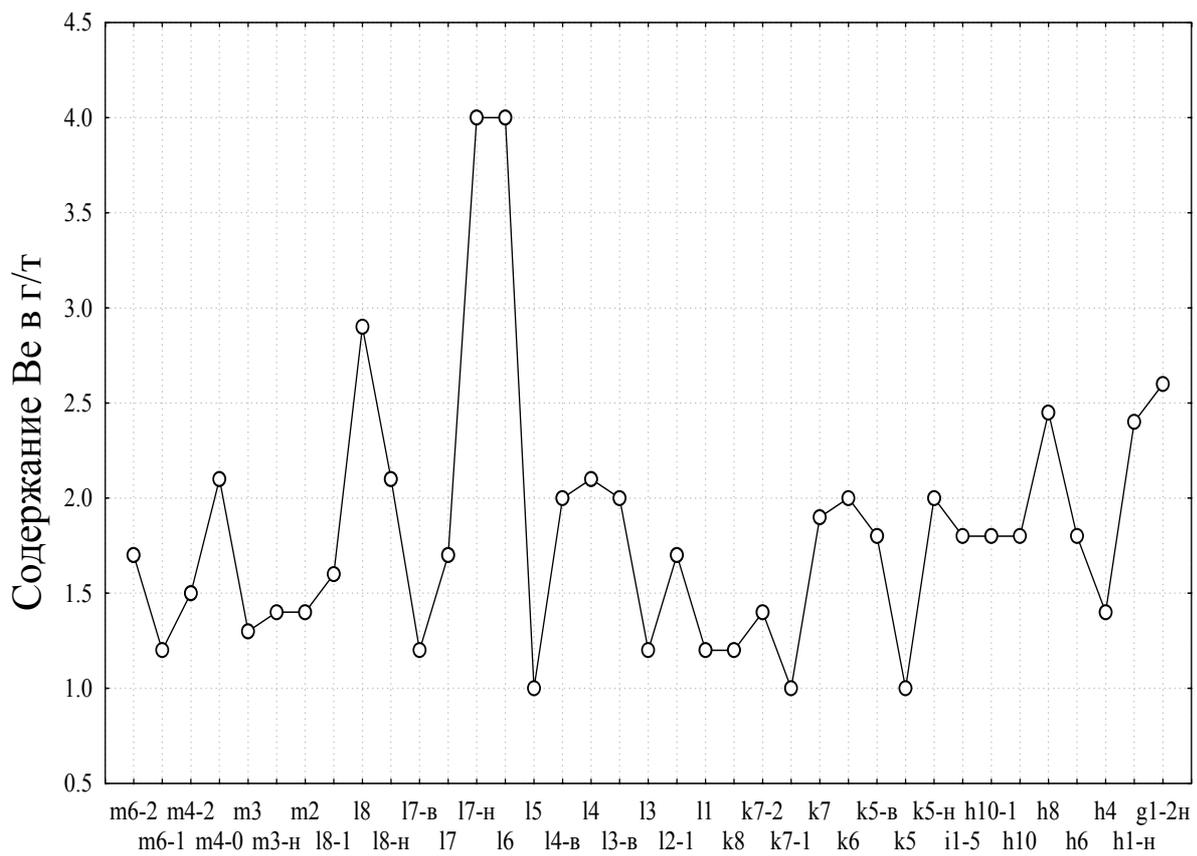


Рис. 3. Содержание Ве в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

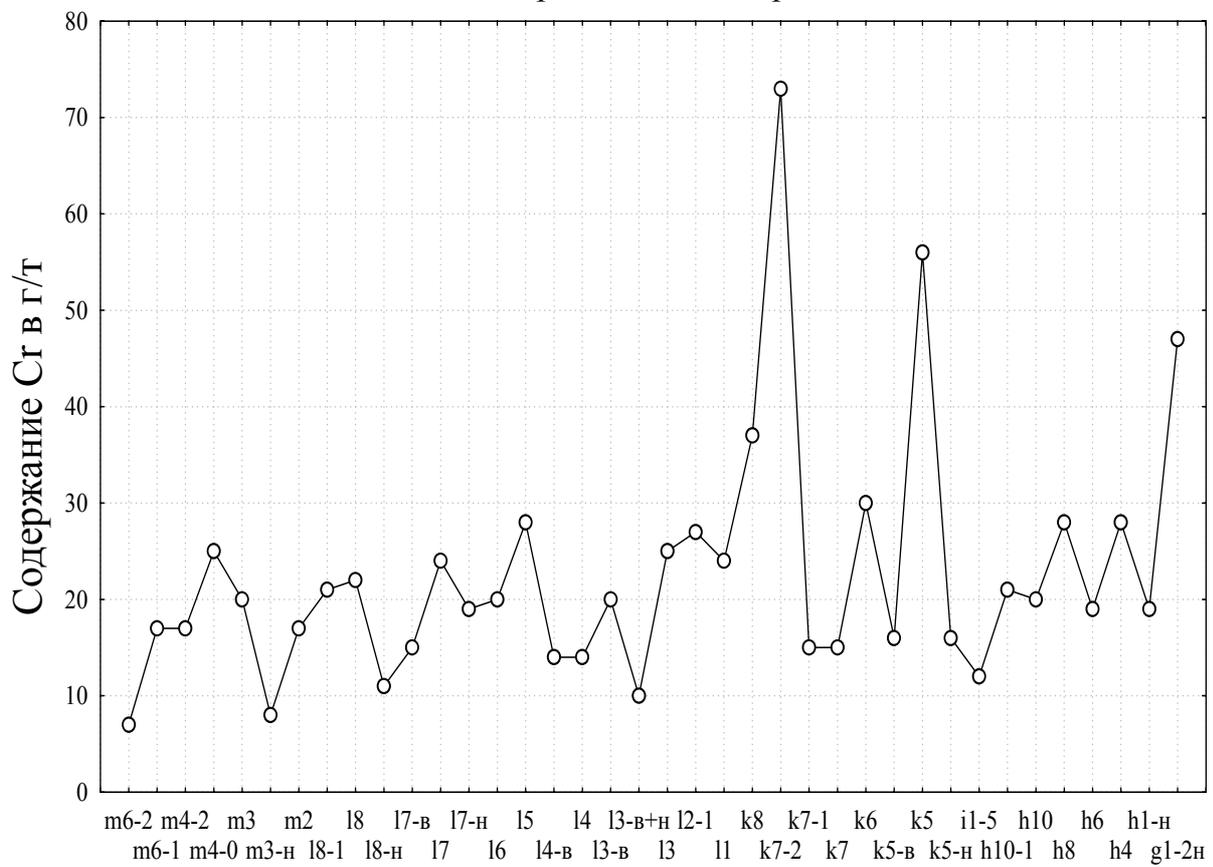


Рис. 4. Содержание Sr в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

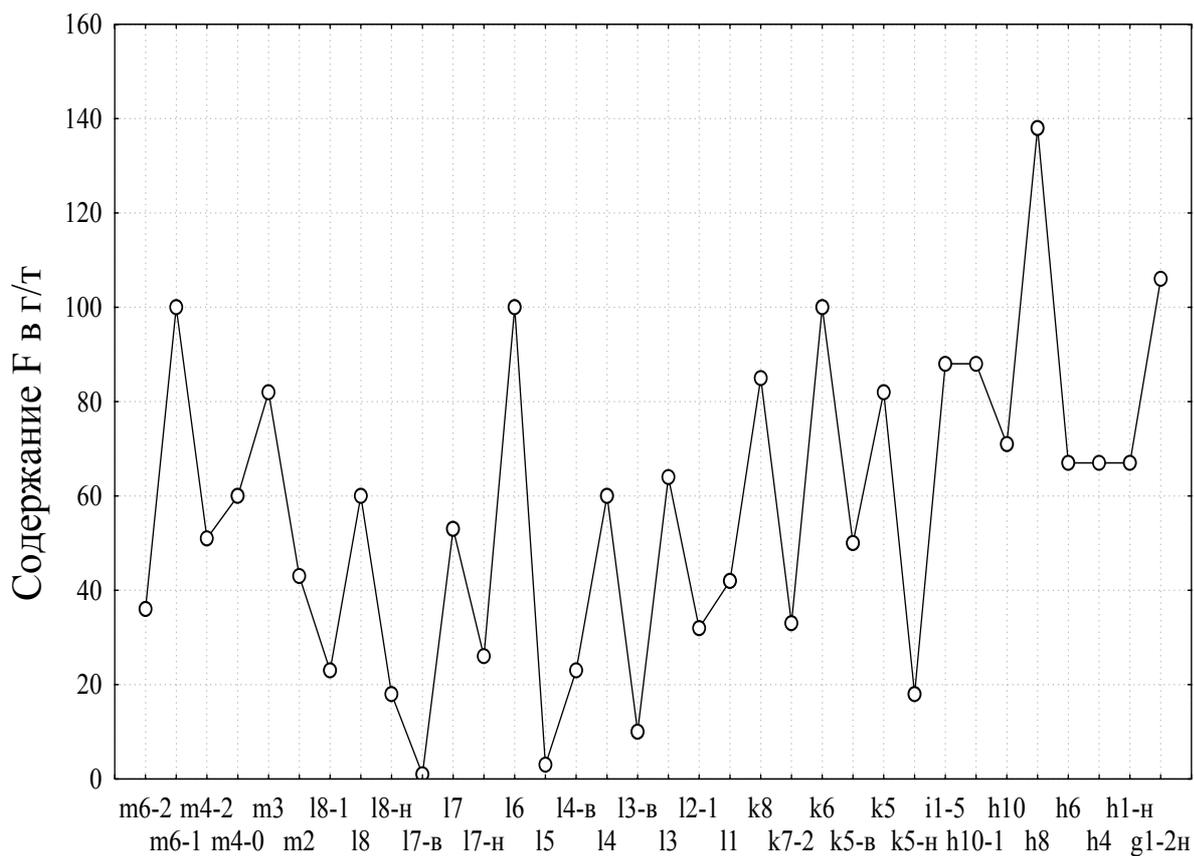


Рис. 5. Содержание F в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

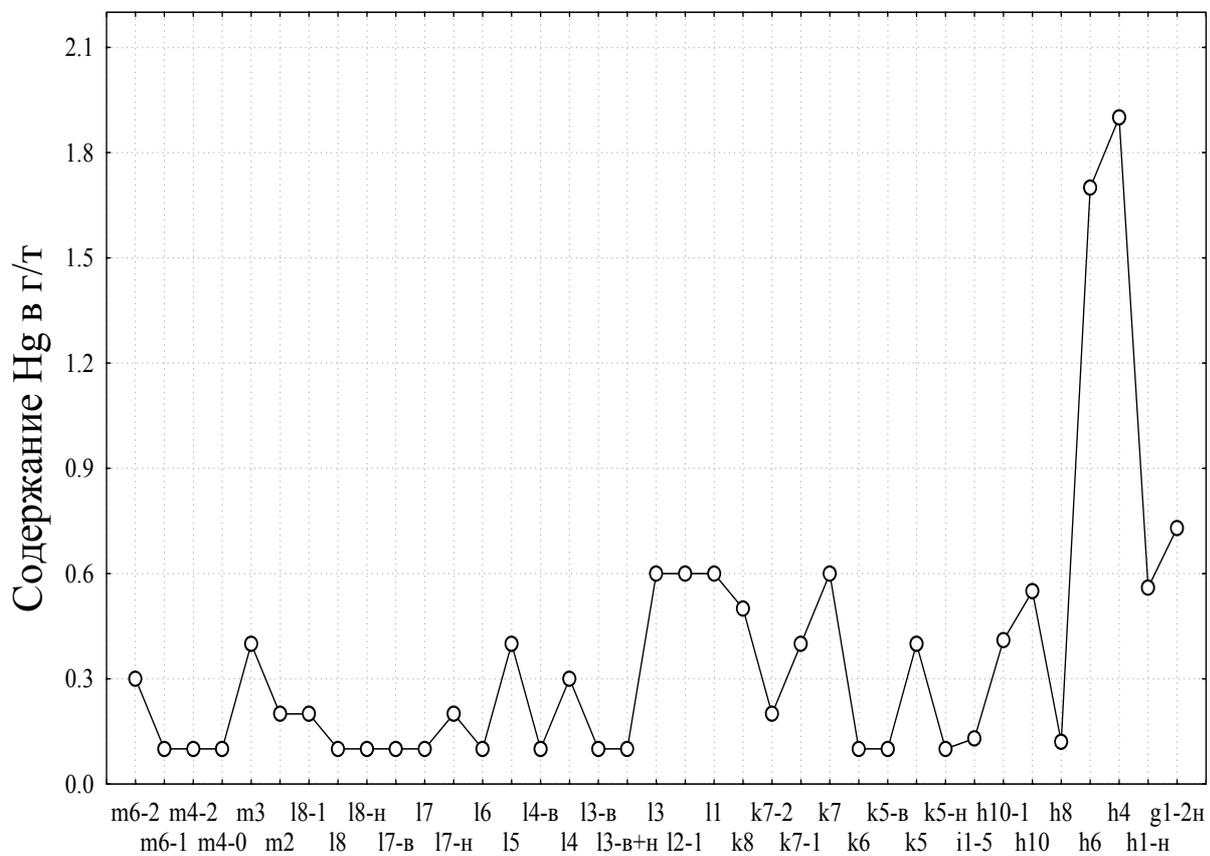


Рис. 6. Содержание Hg в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

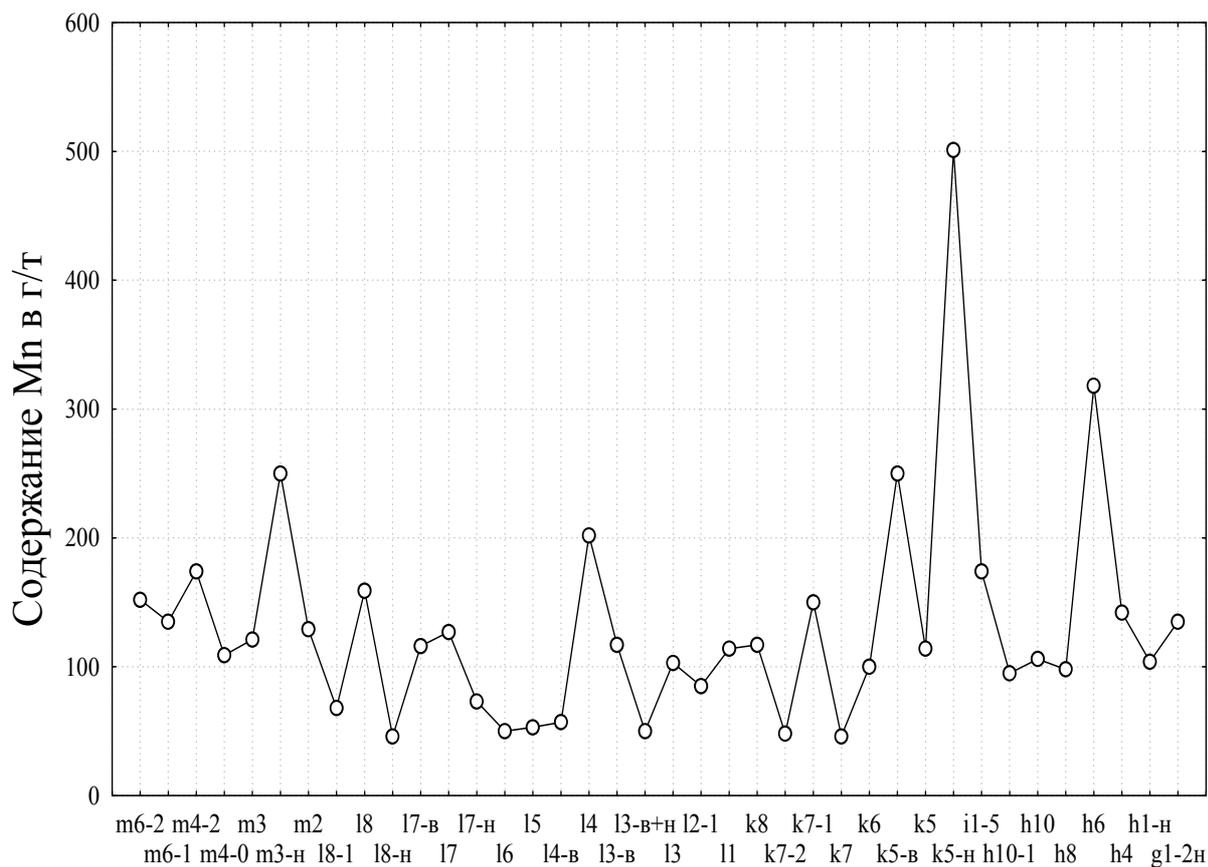


Рис. 7. Содержание Mn в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

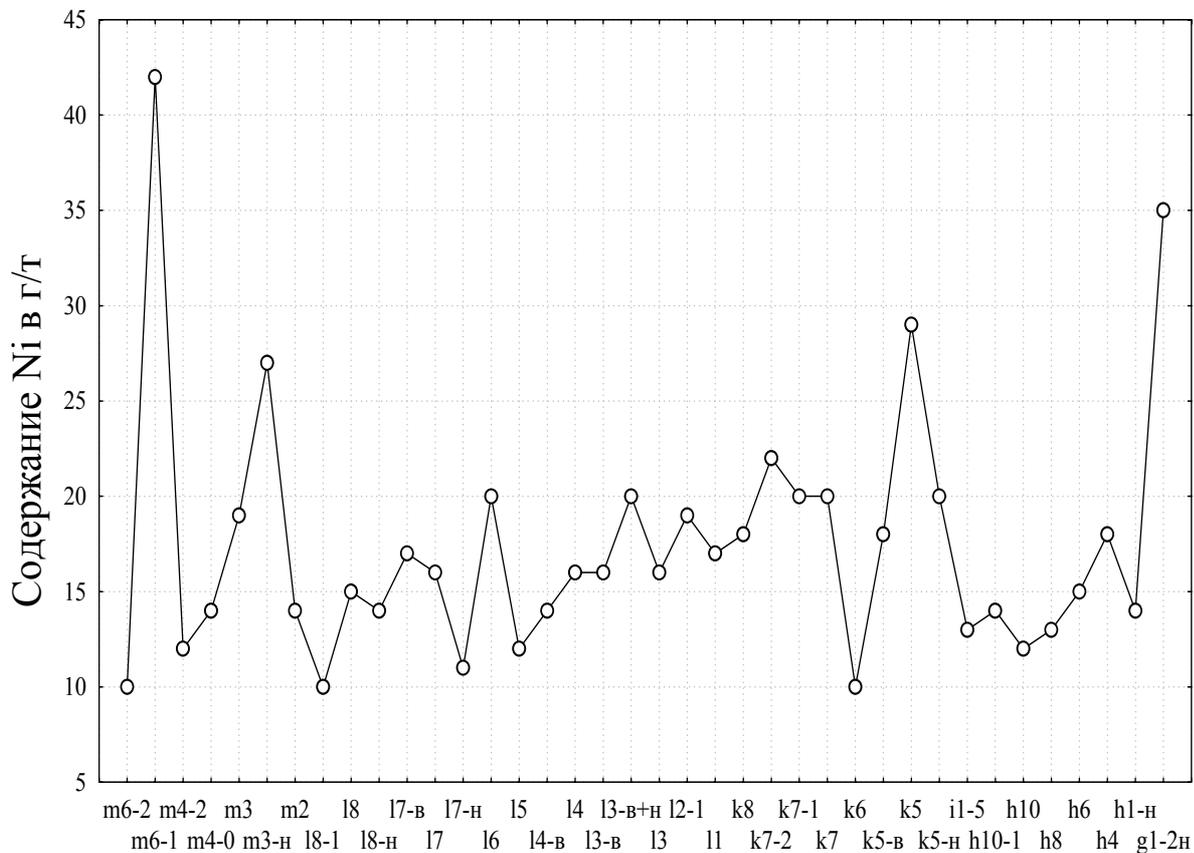


Рис. 8. Содержание Ni в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

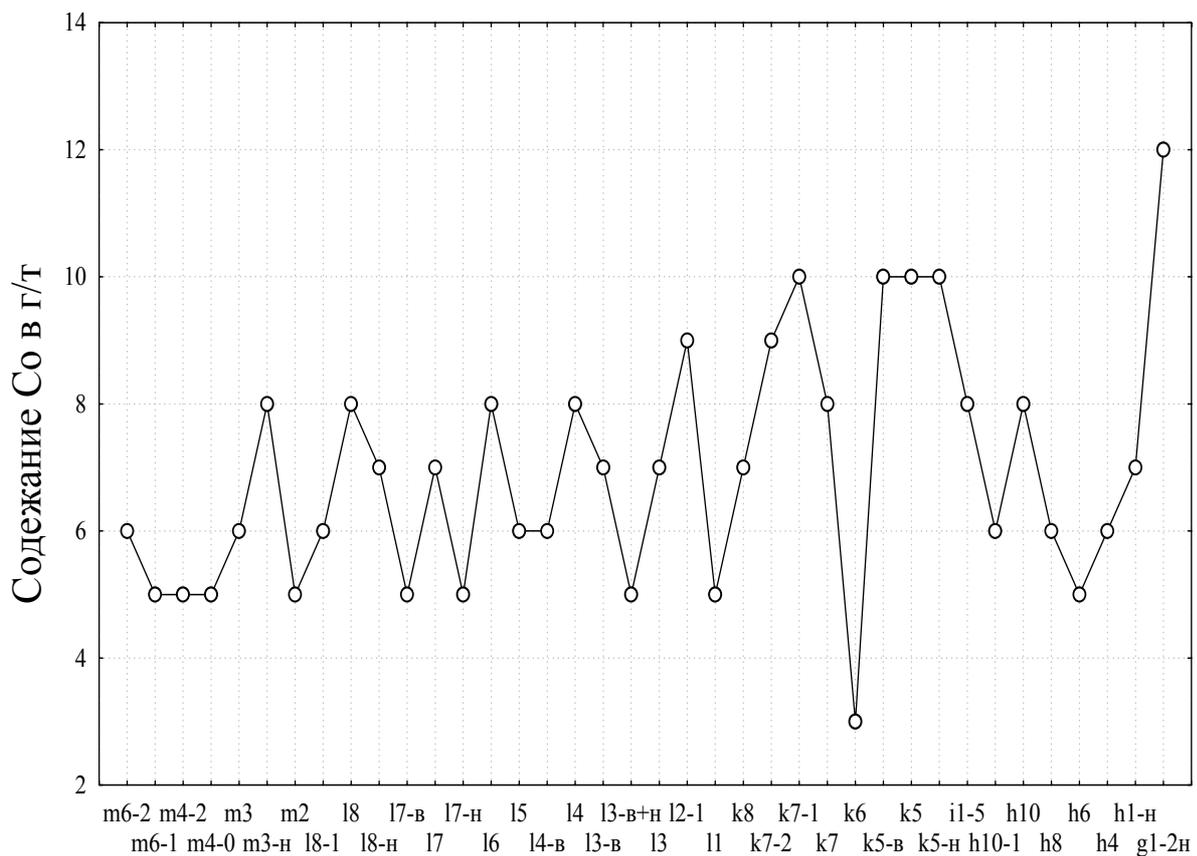


Рис. 9. Содержание So в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

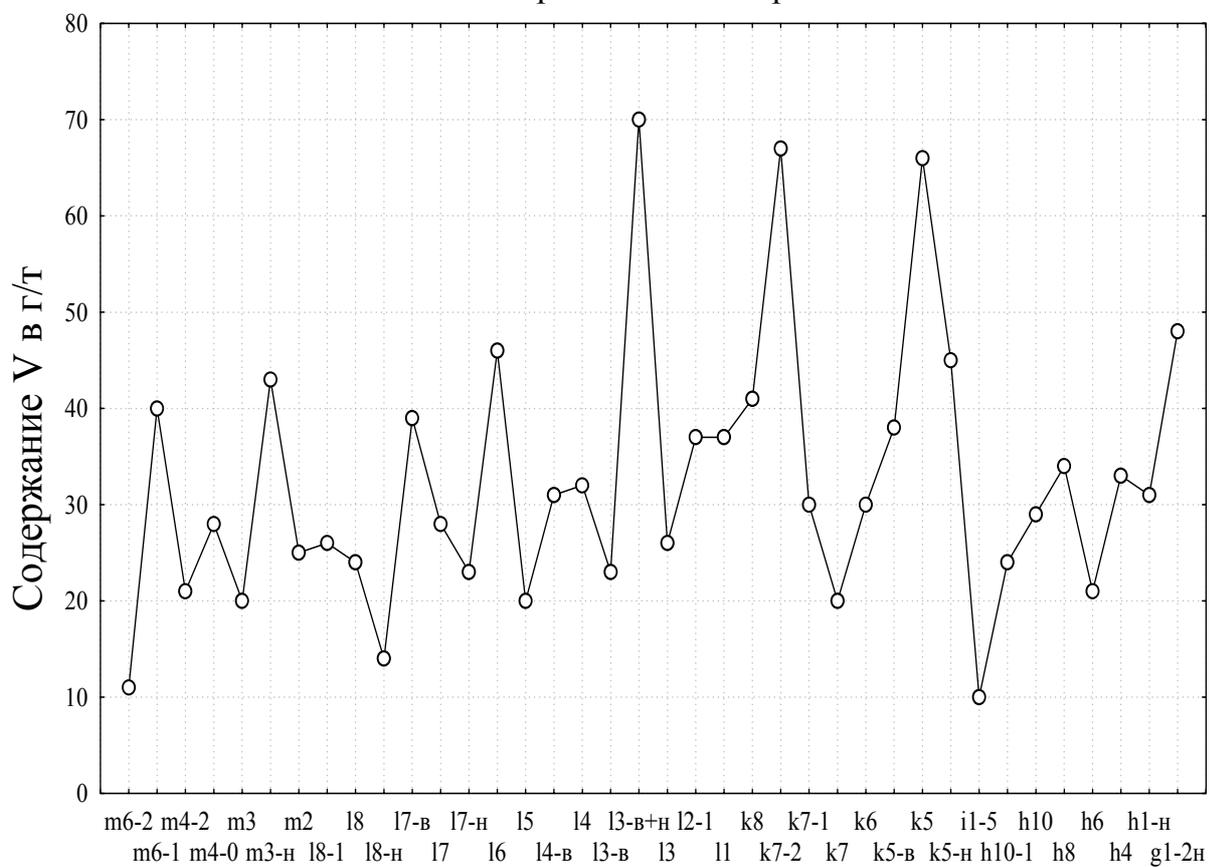


Рис. 10. Содержание V в угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района

Значимость различий между выборочными средними концентрациями токсичных и потенциально токсичных элементов в углях ближайших по стратиграфическому разрезу пластов и свит устанавливалась с использованием программы STATISTICA 6.0 [7] путем расчета t -критерия и U -критерия Манна-Уитни (как наиболее мощной непараметрической альтернативой t -критерия) с уровнем значимости $p \leq 0,05$.

Полученные результаты позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. В семи случаях различия между выборочными средними содержаниями как никеля, так и кобальта в углях ближайших по стратиграфическому разрезу исследованных пластов являются статистически незначимыми. Для никеля это пары пластов:

$$h_8 - h_{10}, k_7 - k_7^1, k_8 - l_1, l_3^B - l_4, l_5 - l_5^1, l_7 - l_7^B, l_8^H - l_8.$$

Для кобальта это группы пластов:

$$h_1^H - h_4 - h_6 - h_8, k_5^H - k_5 - k_5^B, l_4^B - l_5, l_6 - l_7^H, l_8^H - l_8, l_8^1 - m_2, m_3 - m_4^0 - m_4^2 - m_6^1 - m_6^2.$$

Обращает внимание, что при общем равном количестве ближайших по стратиграфическому разрезу групп пластов статистически незначимо различающихся по содержанию никеля и кобальта, в первом случае - это 14 пластов (37% общего количества), из которых 10 пластов (71% незначимо отличающихся по содержаниям никеля) по существу являются не просто ближайшими по разрезу, а представляют собой разные пачки одного пласта, разделенные породными прослоями разной мощности. В то же время, в семи группах пластов, которые незначимо отличаются между собой по содержанию кобальта заключено 20 пластов (53% общего количества пластов). Это позволяет предположить, что факторы, контролирующие концентрацию никеля в угольных пластах района в процессе угленакопления были подвержены большим вариациям, чем факторы, влияющие на концентрацию кобальта. Отличия между выборочными средними концентрациями этих элементов в углях пластов соседних свит во всех случаях оказываются значимым.

2. Основные факторы, влияющие на концентрацию мышьяка, бериллия, ртути и хрома в ближайших по стратиграфическому разрезу угольных пластах в процессе угленакопления и эпигенетических преобразований угленосной толщи испытывали значительные вариации. Исключения составляют соответственно пары пластов:

$$l_1 - l_2^1, l_7^B - l_8^H, l_8^1 - m_2, m_4^0 - m_4^2; \\ h_{10} - h_{10}^1, k_8 - l_1, l_6 - l_7^H, m_2 - m_3^H; \\ l_1 - l_2^1, l_7^B - l_8^H, l_8^1 - m_2, m_4^0 - m_4^2; \\ h_{10} - h_{10}^1, k_7 - k_7^1, l_4 - l_4^B, l_6 - l_7^H, m_4^2 - m_6^1.$$

3. В трех случаях различия между выборочными средними содержаниями свинца, ванадия и марганца в углях ближайших по стратиграфическому разрезу исследованных пластов являются статистически незначимыми, это соответственно группы пластов:

$$h_6 - h_8, h_{10} - h_{10}^1 - k_5^H, l_1 - l_2^1;$$

$$l_1 - l_2^1, l_4 - l_4^B, l_8^1 - m_2;$$

$$k_8 - l_1, l_6 - l_7^H, m_3 - m_4^0.$$

Отличие между выборочными средними концентрациями свинца в углях пластов соседних свит во всех случаях оказывается значимым; градиент между выборочными средними содержаниями свинца в угольных пластах по свитам возрастает снизу вверх по разрезу района.

4. Только в одной группе ближайших по разрезу пластов различия между выборочными средними содержаниями фтора в угле статистически незначимы:

$$h_1^H - h_4 - h_6.$$

5. Влияние литолого-фациальных условий формирования угленосной толщи района на изменчивость концентраций токсичных и потенциально токсичных элементов возрастает в ряду:



Основное научное значение полученных результатов заключается: в установлении характера распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угле основных пластов по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района. Выявлено, что накопление этих элементов имеет полигенный и полихронный характер. Изменение их концентраций по пластам в разрезе угленосной толщи района обусловлено тектоническими и фациальными особенностями ее формирования, контролирующими петрографический состав углей, гидродинамический режим бассейна торфонакопления, литолого-фациальный состав непосредственной и основной кровли угольных пластов, трещиноватость углей и вмещающих пород.

Литература

1. Ишков В.В., Чернобук А.И., Москаленко А.Б. Распределение бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Снежнянской ГОФ. // Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. тр., вып. 21. - Днепропетровск, 2000. - С. 76 - 83.
2. Ишков В.В., Чернобук А.И., Дворецкий В.В. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Краснолиманской ЦОФ. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №5. - Днепропетровск, 2001. - С. 84-86.
3. Ишков В.В., Чернобук А.И., Михальчонок Д.Я. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Добропольской ЦОФ. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №4. - Днепропетровск, 2001. - С. 89-90.
4. Ишков В.В., Лозовой А.Л. О закономерностях распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах Павлоград-Петропавловского района. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №2. - Дн-ск, 2001. - С. 57-61.
5. Гавришин А.И. Оценка и контроль качества геохимической информации. -М.: Недра, 1980. - 287с.
6. Беус А.А. Геохимия литосферы. - М.: Недра, 1981. - 335с.
7. Боровиков В.П.. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. - СПб. Питер, 2001. - 658 с.

*Рекомендована к публикации д.г.-м.н. Нагорным В.Н.
Поступила в редакцию 15.06.07*

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПИРАЛИ КЛАССИФИКАТОРА ДЛЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Рассмотрены источники вынужденных колебаний электромеханической системы спирального классификатора и дана оценка возможности использования амплитудно-частотных характеристик колебаний для задач автоматического контроля производительности по пескам.

Розглянуто джерела змущених коливань електромеханічної системи спірального класифікатора і дана оцінка можливостей використання амплітудно-частотних характеристик коливань для задач автоматичного контролю продуктивності по піскам.

Sources of the compelled fluctuations of electromechanical system of the spiral qualifier are considered and the estimation of an opportunity of use amplitude-frequency of characteristics of fluctuations for problems of the automatic control of productivity in sand is given.

Введение. Поиск простых и надежных источников информации о параметрах технологических процессов измельчения и классификации при обогащении руд является важной задачей разработки соответствующих систем автоматического регулирования для этих процессов, которые обладают значительной энерго- и материалоемкостью, что значительно увеличивает актуальность задачи поиска [1].

Состояние вопроса. Спиральные классификаторы, как правило, установлены в 1-ой стадии рудоподготовки в технологической линии обогащения руды и работают в цикле с барабанными мельницами [1, 3]. Они выполняют гидравлическую классификацию измельченной в мельнице руды с разделением на "готовый" и "недоизмельченный" классы по крупности. Последний осаждается в ванну классификатора и выделяется в виде "песков", которые с помощью спирали возвращаются на доизмельчение в барабан мельницы. Таким образом положение спирального классификатора в структуре технологического процесса позволяет по величине расхода возвращаемых песков характеризовать ход процесса рудоподготовки.

В настоящее время известные системы автоматического регулирования процессами измельчения и классификации [1, 3] работают без специальных датчиков производительности по пескам, что значительно снижает их возможности в регулировании процессов. Имеются отдельные предложения по "оценке" производительности по пескам расчетом по специальным формулам [4], используя известные датчики контроля расходов руды и воды в цикле измельчения и классификации. Однако, они так и остались на уровне предложений. Оценка по косвенным параметрам, например, по среднему значению активного тока или мощности [3], потребляемой приводным электродвигателем спиралей, приводит к значительной погрешности (30...50)% и дрейфу характеристик контроля во времени.

Цель работы состоит в оценке возможности автоматического контроля производительности спирального классификатора по пескам по амплитудно-

частотным характеристикам колебаний вала спирали классификатора под действием порций песков между лопастями спирали, при их движении по ванне классификатора и периодическом сбрасывании в песковый желоб для транспортирования в мельницу.

Упрощенная электромеханическая система двухспирального классификатора приведена на рис. 1. Здесь обозначено: 1 – валы со спиралями, зубчатые передачи открытого 2 и закрытого 4 типов, жесткая 3 и эластичная 5 муфты соединения промежуточных валов и вала приводного электродвигателя 6.

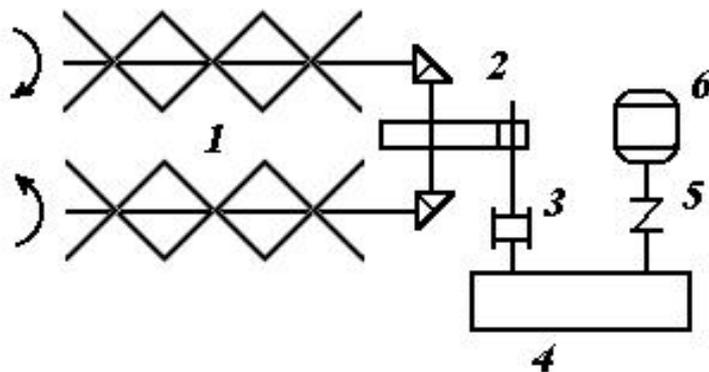


Рис.1. Упрощенная электромеханическая схема двухспирального классификатора с электроприводом

При условии нормального процесса классификации в ванне классификатора, т.е. при плотности пульпы (1200...1700) г/л, процесс образования песков является равномерным по фронту классификации и между лопастями спирали образуются порции песков, с формой усеченного конуса. Лопастя спирали непосредственно передвигают порции песков и периодически нагружают удерживающие их спицы (один виток спирали на валу удерживает 6 спиц). Такое нагружение спиц приводит соответственно к периодическому нагружению вдоль вала спирали спицами закрепленными на валу при движении порций песков вращающимся валом спирали.

Передача энергии движения от вращающегося вала приводного электродвигателя происходит далее по цепи (см. рис.1): эластичная муфта 5, закрытый редуктор 4, жесткая муфта 3, открытая зубчатая передача 2, валы 1 спиралей классификатора, лопасти спиралей, передвигаемые порции песков. Эта схема передачи энергии позволяет сделать предположение о возможности оценки передвигаемой массы песков и сбрасываемых в песковый желоб порций песков по потребляемой активной мощности приводимым электродвигателем 6. При этом необходимо дать оценку возможности разделения сигнала мощности на его составляющие: постоянную и динамическую, оценить их вклад в общий сигнал.

Постоянная составляющая характеризует средние затраты на передвижение порций песков, трение песков о песок, песков о лопасть, трение в подшипниках и зубчатых передачах, потери энергии в муфтах и в обмотках электродвигателя. Следствием этого и является изменение средних значений мощности во времени при изменении потерь энергии на трение, потерь в муфтах и обмотках, которые зависят от крупности песков, технологических режимов, условий эксплуатации оборудования и т.д.

Динамические составляющие могут нести информацию о массах транспортируемых и сбрасываемых в песковый желоб порций песков, как, например, приведено в [5], для электромеханической системы дробилки.

Все основные источники возбуждения колебаний спирального классификатора - как электромеханической системы, приводящих к колебаниям сигнала мощности приводного электродвигателя определяются:

- дефектами механических узлов - неуравновешенностью вала спирали, неточностью изготовления зубчатых передач и т.д.;
- несимметричным положением нагрузки песков к спирали и периодическим воздействием момента от нагрузки на спицы спирали;
- наличием нелинейности при трении песков о спираль и при работе эластичной муфты;
- дискретным изменением момента при вращения спирали и сбрасывании песков порциями, заключенными между соседними витками спирали, в песковый желоб;
- наличием нагруженных зубчатых передач, кроме того имеющих большие зазоры;
- несносностью валов соединенных жесткими и гибкой муфтами;
- виброперемещениями в опорных и упорных подшипниках;
- несимметричностью расположения ротора электродвигателя в магнитном поле статора;
- наличием полюсов в роторе и статоре, неравномерными воздушными зазорами между ними;
- ослаблением крепления отдельных вращающихся элементов и элементов конструкции классификатора на фундаменте.

Каждый из указанных источников имеет характерную (свою) частоту колебаний и соответствующую амплитуду, которая в той или иной степени зависит от общей нагрузки транспортируемых песков, обладает различной энергоемкостью и вкладом в суммарный сигнал потребляемой активной мощности.

Естественно, что для задачи контроля песковой нагрузки наибольший интерес представляет тот источник, который наименее подвержен влиянию помех как частотных, так и амплитудных.

Рассмотрим основные из указанных источников и выполним анализ их частот и амплитуд с привязкой к техническим параметрам классификатора 2КПС-2,4.

1. Колебания, вызванные неуравновешенностью валов спиралей, дискретным расположением их отдельных элементов в значительной степени зависят от состояния механических узлов и элементов. Например, обрыв лопасти или футеровки, разрыв спицы приводят к возрастанию амплитуды колебаний при тех же значениях песковой нагрузки. Частота этих колебаний равна частоте вращения вала спирали:

$$f_1 = \frac{n}{60} \text{ Гц}, \quad (1)$$

где n - скорость вращения вала спирали, об/мин., при $n=1,96$ об/мин. $f_1 = 0,033$ Гц.

2. Периодическое нагружение спиц удерживающих лопасти спиралей при их последовательном погружении в пески приводит к соответствующему изменению вращающего момента, т.е. также к колебаниям с частотой пропорциональной количеству спиц приходящихся на один виток (оборот) спирали. Рассматриваемые классификаторы обычно имеют 6 спиц сдвинутых по окружности витка спирали на 60° каждая. Частота этих колебаний определится:

$$f_2 = 6 \cdot f_1 = 6 \cdot \frac{n}{60} \text{ Гц} \quad (2)$$

и при $n=1,96$ об/мин. $f_2 = 6 \cdot 1,96/60 = 0,1956 \approx 0,2$ Гц.

3. Наличие зубчатых передач приводит к колебаниям с частотами;

$$f_3 = Z_i \cdot f_1 \text{ Гц}, \quad (3)$$

где Z_i – число зубцов колеса, шестерни.

Это так называемые “зубцовые частоты” и их амплитуда характеризуется передаваемым моментом вращения (нагрузкой), степенью износа зубьев и зазорами при установке зубчатых передач. Например, зубцовая частота при контактном взаимодействии зубьев конической пары открытой передачи 2 (см. рис.1): $f_3 = 76 \cdot 1,96/60 = 2,417 \approx 2,4$ Гц.

4. Наличие эластичной муфты приводит к нелинейным преобразованиям вращающего момента, что вызывает крутильные колебания в системе, разделяемой данной муфтой на вал спирали и редуктор с одной стороны и ротор приводного электродвигателя.

Представим электромеханическую систему классификатора в виде двухмассовой системы (рис.1), где J_1 - сосредоточенный момент инерции спирали классификатора и редуктора, J_2 - сосредоточенный момент инерции ротора электродвигателя, $g_{1,2}$ - жесткость эластичной муфты.

Система дифференциальных уравнений движения этой системы может быть представлена в виде [8]:

$$\begin{cases} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + C_{1,2}(\varphi_1 - \varphi_2) \\ J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 - C_{1,2}(\varphi_1 - \varphi_2) \end{cases} \quad (4)$$

где φ_1, φ_2 – мгновенные углы поворота масс относительно некоторого начального положения.

Частное решение этой системы ищется в виде:

$$\begin{cases} \varphi_1 = A_1 \cdot \sin(\omega_c \cdot t + E) \\ \varphi_2 = A_2 \cdot \sin(\omega_c \cdot t + E) \end{cases} \quad (5)$$

Подставим значения (5) в систему (4) и решив ее относительно частоты свободных колебаний ω_c системы получим [8, 9]:

$$\omega_c = \sqrt{\frac{(J_1 + J_2)C_{1,2}}{J_1 \cdot J_2}} \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что частота ω_c характеризуется общим состоянием электромеханической системы и пропорциональна жесткости муфты. Песковая нагрузка входит в состав J_1 в виде присоединенного момента инерции и

кроме того оказывает демпфирующее воздействие на амплитуду колебаний. Из вышеприведенного видно, что использование частоты собственных колебаний системы для оценки песковой нагрузки затруднительно. По имеющимся экспериментальным данным ω_c для классификаторов типов КСН и КСП находится в диапазоне (5...10) Гц.

Эластичная муфта расположена непосредственно перед приводным электродвигателем и выполняет также функции фильтра низких частот [8], т.е. колебания с частотами выше частоты “среза” f_{cp} данной муфты не проходят и их анализ нецелесообразен. Для муфт, применяемых в условиях предприятий: 5-ти лепестковой и изготовленной из транспортной резины – предварительно анализ показал, что $f_{cp} \geq 5$ Гц.

5. Особенности конструкции спирали классификатора заключаются в том, что она имеет два захода и концами каждого из них дважды сбрасывает порции песков в песковый желоб за один оборот. Это приводит к колебаниям вращающего момента и соответственно потребляемой мощности электродвигателя. Частота этих колебаний определяется:

$$f_4 = 2 \cdot f_1 \text{ Гц,} \quad (7)$$

при $n=1,96$ об/мин.

$$f_4 = 2 \cdot 1,96/60 = 0,06536 \approx 0,065 \text{ Гц}$$

Спираль классификатора и определяющие ее элементы непосредственно принимает воздействие песковой нагрузки, поэтому ее динамика обладает определенными преимуществами для задачи контроля. Кроме частот f_1, f_2, f_4 спираль генерирует и другие частоты вынужденных колебаний под действием внешней нагрузки с переменной составляющей. Идентификация динамических характеристик спирали [2] на основании представления ее в виде динамического эквивалентного вала с жесткостью на кручение, изменяющейся периодически с частотой 6ω (т.к. спираль в сечении имеет 6 спиц последовательно воспринимающих действие момента от песковой нагрузки). Решение дифференциального уравнения движения этого вала [9] показало широкий спектр частот вынужденных колебаний, который приведен на рис.2. Здесь обозначено: штриховая линия соответствует основной частоте вращения спирали (вала) классификатора; утолщенные длинные отрезки соответствуют частотам 2ω и 6ω при соответствующих колебаниях внешнего момента и жесткости; утолщенные короткие – характеризуют колебания вала с частотами 4ω и 8ω ; тонкие короткие – соответствуют частотам, появляющимся в вынужденных колебаниях вала при учете несимметричного изменения жесткости и внешнего момента.

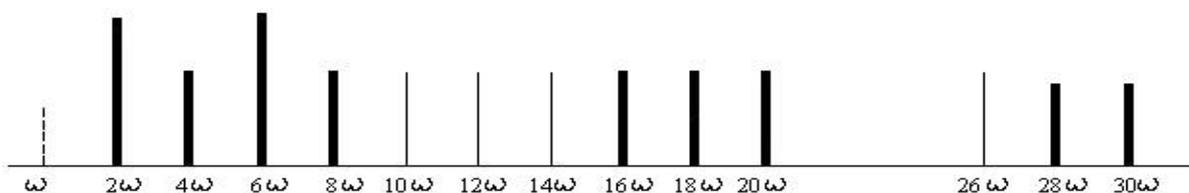


Рис. 2. Спектр частот вынужденных колебаний вала спирали

6. Колебания по причине несимметричности расположения ротора электродвигателя в магнитном поле статора характеризуют изменение общей нагрузки на приводной электродвигатель, включающий и нагрузку по пескам. Частота этих колебаний определяется

$$f_5 = \frac{\varpi_g}{60} \text{ Гц}, \quad (8)$$

где ϖ_g - скорость вращения ротора приводного электродвигателя, об/мин.

$$f_5 = 485/60 = 8,083 \approx 8,1 \text{ Гц}$$

Другие виды источников колебаний в меньшей степени могут характеризовать песковую нагрузку и поэтому не рассматриваются.

В производственных условиях ряда предприятий: Тырнаузского ГМК, СевГОКа и НГМК проведены экспериментальные исследования сигналов мощности приводных электродвигателей спиралей для классификаторов разных типов - 2КСП-24, 2КСН-24, 1КСП-30. Цель исследования состояла в экспериментальной проверке способа контроля и оценке спектральных составляющих сигнала мощности при различных песковых нагрузках для выявления наиболее информативных частот (или диапазона частот).

Обобщенная схема проведения исследований представлена на рис.3, где обозначено: Кл - классификатор; Р - редуктор; ПД - приводной электродвигатель; ПМ - преобразователь мощности; 1, 2 - регулирующие клапана расхода воды; 3 - вторичный регистрирующий прибор контроля активной мощности; 4 - блок фильтров (БФ); 5 - осциллограф с записью на бумагу (типа К - 12 -22).

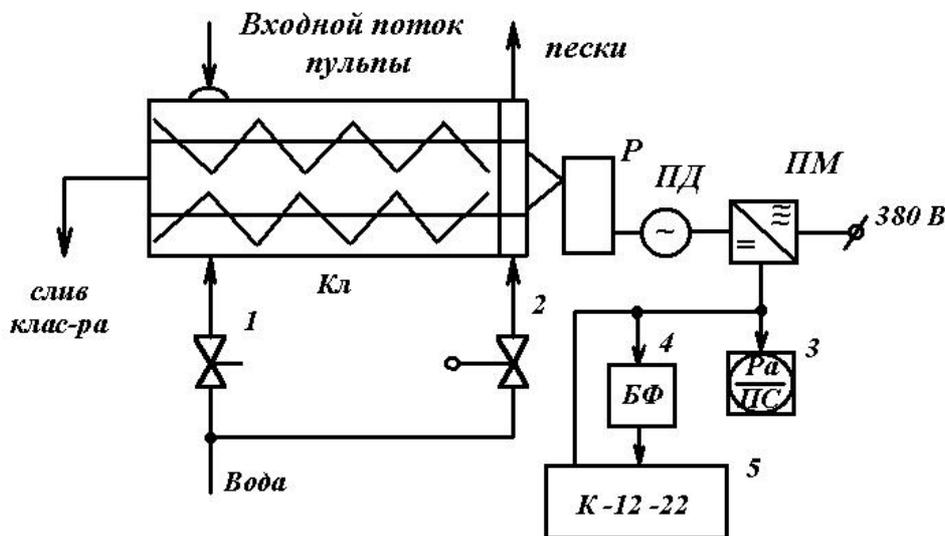


Рис. 3. Обобщенная схема проведения экспериментальных исследований

В процессе исследований проводилось осциллографирование сигналов мощности для различных режимов нагрузки спирального классификатора, которые устанавливались путем воздействия на расход руды и воды в цикл измельчения. Оценка песковой нагрузки производилась по среднему значению потребляемой активной мощности приводным электродвигателем в виде математического ожидания записи реализации сигналов - $M(x)$ на осциллограммах.

В данной работе приведен анализ информативности спектральных составляющих сигнала мощности выполненных в условиях НГМК на классификаторе 2КСП-2,4. В условиях других предприятий получены аналогичные результаты.

Для исследования уровня динамической составляющей на каждой анализируемой частоте, т.е. оценки вклада дисперсии сигнала мощности, использован известный метод спектрального анализа, использующий преобразования Фурье [6]. Согласно практических рекомендаций, приведенных в [6], в качестве исходной формулы для расчета оценки спектральной плотности сигналов принято выражение

$$G_x(\omega \cdot j) = \frac{\Delta t}{\pi} \left[R_x(0) + 2 \sum_{i=1}^n R_x(i \cdot \Delta t) \cos(\omega \cdot j) \cdot (i \Delta t) \right], \quad (9)$$

где Δt - интервал квантования исходной анализируемой функции случайного процесса; $R_x(0)$ - значение автокорреляционной функции в начальный момент времени $t = 0$; n - количество значений ординат сечений случайного процесса, изменяется от $i = 1$ до n ; ωj - значение дискретных частот анализа; $R_x(i \cdot \Delta t)$ - текущие значения автокорреляционной функции.

Аналогично определяется нормированная оценка спектральной плотности:

$$S_x(\omega \cdot j) = \frac{\Delta t}{\pi} \left[1 + 2 \sum_{i=1}^n \rho_x(i \cdot \Delta t) \cos(\omega \cdot j) \cdot (i \Delta t) \right], \quad (10)$$

где $\rho_x(i \cdot \Delta t)$ - нормированная оценка автокорреляционной функции.

Оценка автокорреляционной функции определяется по соотношению:

$$R_x(\tau) = \frac{1}{N - m} \sum_{k=1}^{N-m} X_k \cdot X_{k+m}, \quad (11)$$

где x_k - текущие значения ординат случайного процесса в момент времени t_k ; x_{k+m} - текущее значение ординаты в момент времени t_{k+m} ; N - общее количество ординат, дискретно считываемых с осциллограммы записи реализации процесса; $m = 0, 1, 2, 3, \dots, m_{max}$ - число, определяющее величину сдвига количества ординат по оси абсцисс; $\tau = i \cdot \Delta t$ - интервал времени сдвига значений функции.

Нормированная оценка автокорреляционной функции определяется:

$$\rho_x(\tau) = \frac{R_x(\tau)}{D_x}, \quad (12)$$

где D_x - дисперсия анализируемого случайного процесса.

Выбор m_{max} представляет сложную задачу и практически [6] принимается равным $(0, 2 \dots 0, 1)N$.

Стационарность и эргодичность анализируемых случайных процессов должна обеспечиваться согласно рекомендаций приведенных в [6].

Для снижения погрешности в определении спектральной плотности от корреляционной функции, рассчитанной по конечной реализации случайного процесса [6], в исходное выражение (9) вводят дополнительную функцию кор-

реляционного окна $h(\tau)$. В данном случае принято “Окно Бартлета”, которое задается так:

$$h(t) = \begin{cases} 1 - \tau/\tau_m & \text{при } |\tau| \leq \tau_{max} \\ 0 & \text{при } |\tau| > \tau_{max} \end{cases} \quad (13)$$

На основании приведенных выше выражений (10–13) составлена специальная программа расчета спектральных плотностей “*SPEKTR*” на языке “*FORTRAN*” для исследования сигналов мощности приводных электродвигателей спиралей.

С целью повышения точности расчета и анализа спектральных плотностей, запись сигналов с преобразователей мощности выполнялась на двух скоростях – 16 мм/сек и 60 мм/сек.

Соответственно на 1-ой скорости обеспечивался анализ в диапазоне (0...1) Гц с интервалом 0,005 Гц, а на 2-ой скорости – в диапазоне (0...10) Гц с интервалом 0,1 Гц.

Одновременно, с целью изучения поведения инфранизкочастотных сигналов, с помощью фильтра (БФ) низких частот выделялся и записывался на осциллограф сигнал с частотой “среза” фильтра $f_{cp1} = 1,0$ Гц и $f_{cp2} = 10$ Гц

На рис. 4(а) представлен фрагмент записи сигнала мощности на осциллограмме со скоростью 16 мм/сек, а на рис. 4(б) – со скоростью 60 мм/сек. В верхней части осциллограмм записан собственно сигнал с преобразователя активной мощности, а в нижней – сигнал, полученный на выходе фильтра БФ.

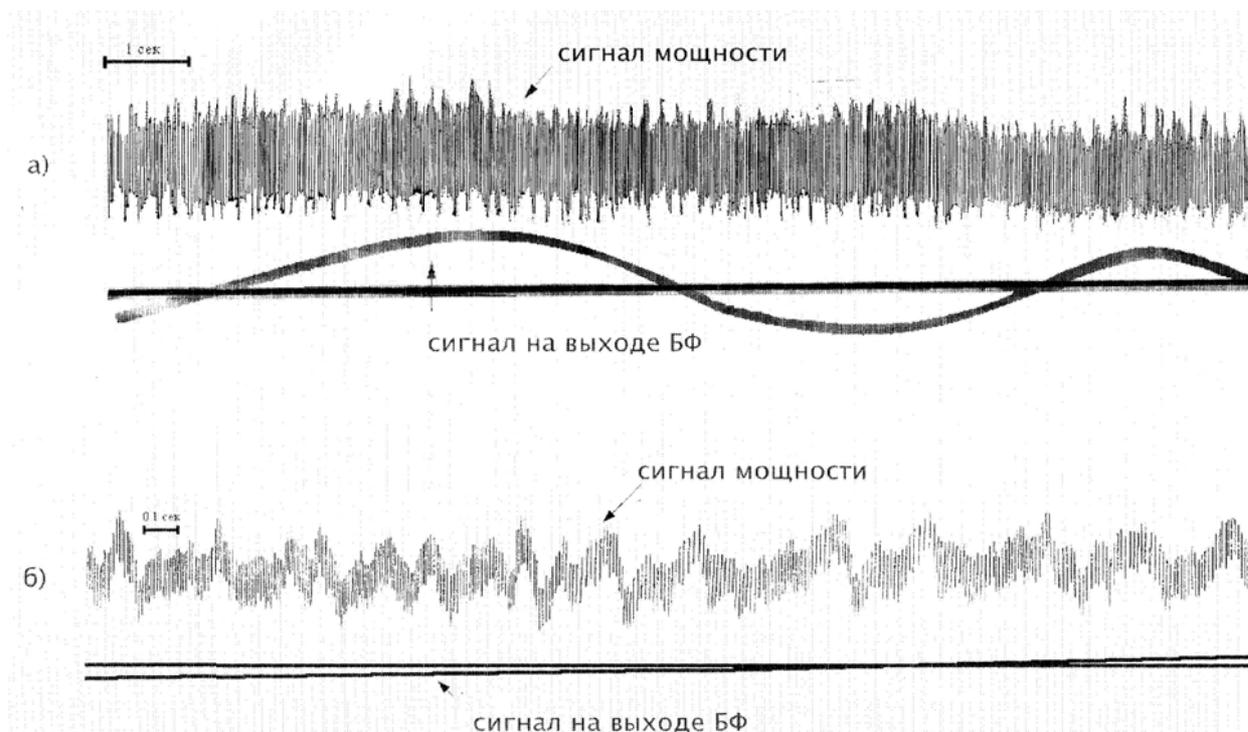


Рис. 4. Фрагменты записи сигнала мощности на осциллографе со скоростями 16 мм/с (а) и 60 мм/с (б)

Примеры нормированных спектральных плотностей исследованных сигналов мощности приведены на рис.5 и рис. 6.

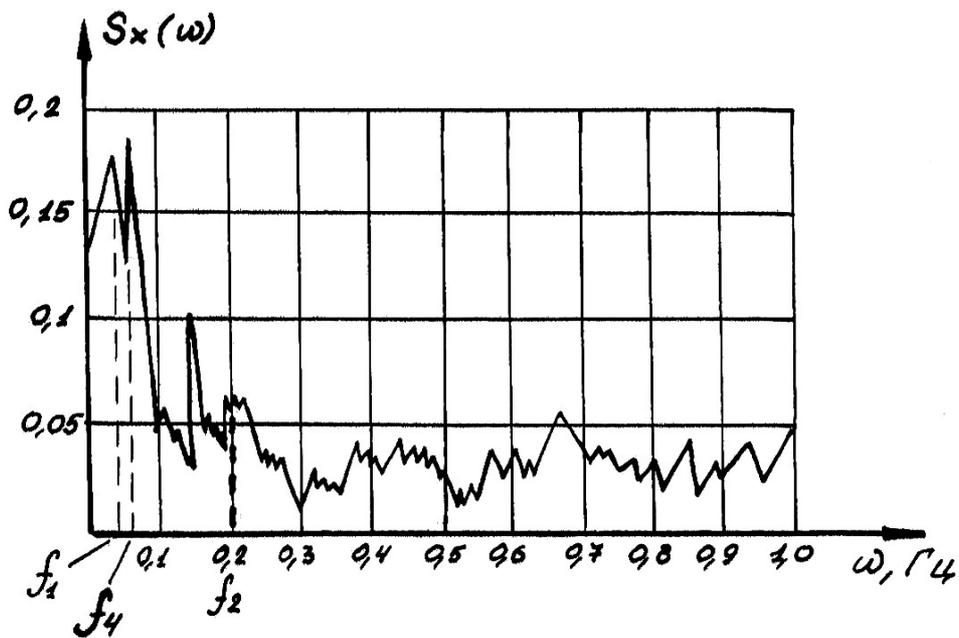


Рис. 5. График нормированной спектральной плотности сигнал мощности для скорости записи 16 мм/с

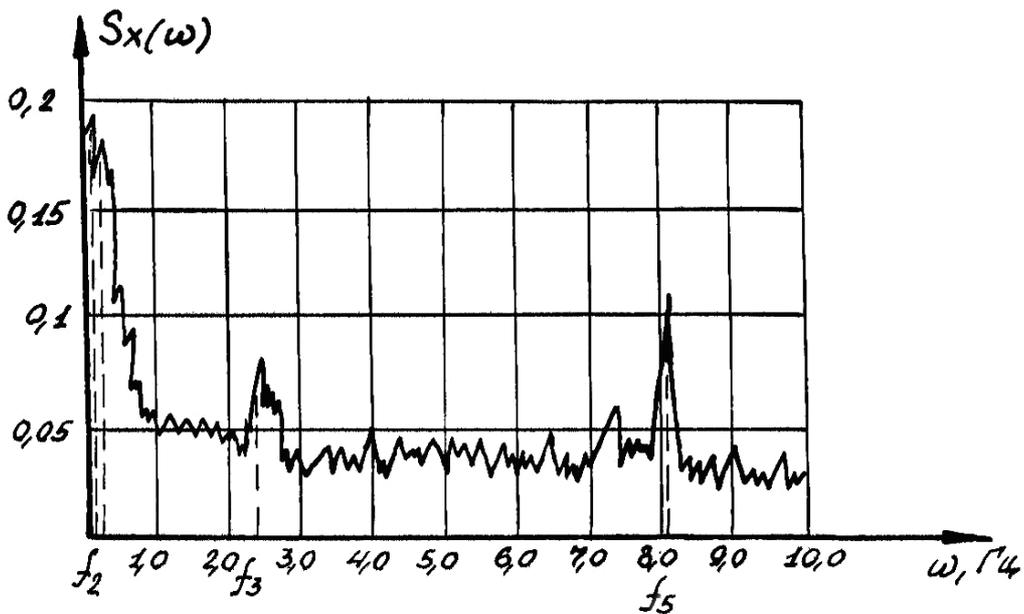


Рис. 6. График нормированной спектральной плотности сигнал мощности для скорости записи 60 мм/с

Результаты расчета по программе “*SPEKTR*” и выполненного анализа сведены в таблицу 1 – для осциллограмм, записанных со скоростью 60 мм/сек и таблицу 2 – для осциллограмм, записанных со скоростью 16 мм/сек, соответственно для диапазонов 0-10 Гц и 0-1 Гц.

Таким образом обработано более 60 осциллограмм для обеих скоростей записи и получены аналогичные результаты

Анализ экспериментальных результатов подтверждает вывод о зависимости амплитуд на всех исследуемых частотах от песковой нагрузки, т.е. они могут служить источниками искомой информации. Однако вклад их в общий энергетический уровень сигнала различный. Кроме того, каждая из них зависит от технического состояния источника колебаний.

Таблица 1

Результаты обработки осциллограмм для скорости 60 мм/сек, усл.ед.

Наименование	Математ. ожидан. $M(x)$	Средне квадрат. отклон. σx	Дисперсия $D(x)$	Уровни значений $S(x)$ на частотах, Гц		
				0,2 f_2	2,4 f_3	8,1 f_5
Режим 1	66,26	5,718	32,7	0,885	0,349	0,471
Режим 2	61,40	5,211	27,155	0,721	0,264	0,311
Режим 3	50,44	4,301	18,489	0,596	0,167	0,196
Режим 4	43,37	3,607	13,01	0,261	0,111	0,135

Таблица 2

Результаты обработки осциллограмм для скорости 16 мм/сек, усл.ед.

Наименование	Математ. ожидан. $M(x)$	Средне квадрат. отклон. σx	Дисперсия $D(x)$	Уровни значений $S(x)$ на частотах, Гц		
				0,035 f_1	0,065 f_4	0,2 f_2
Режим 1	66,26	5,718	32,7	0,911	0,998	0,395
Режим 2	61,40	5,211	27,155	0,811	0,865	0,318
Режим 3	50,44	4,301	18,489	0,595	0,625	0,279
Режим 4	43,37	3,607	13,01	0,248	0,391	0,165

Исследования сигналов, мощности приводного электродвигателя на холостом ходу спирали (при поднятой спирали) не выявили преобладающих частот. Спектральная плотность сигнала в этом случае представляет приблизительно равномерный спектр с монотонным спадом выше частоты ≈ 10 Гц. Это также подтверждает вынужденный характер колебаний на указанных частотах под действием песковой нагрузки (внешнего момента).

Результаты приведенных теоретических и экспериментальных исследований подтвердили возможность выбора информативной частоты, равной двойной оборотной вала спирали (f_4), которая характеризуется периодом дискретности сбрасывания песков в песковый желоб - как наиболее помехоустойчивой и обладающей значительной энергоемкостью.

Оборотная частота вращения вала f_1 обладает также значительной энергоемкостью, однако, она менее помехозащищена, так как ее амплитуда зависит от жесткости вала и его остаточной деформации, от состояния упорно-опорных подшипников и т.д.

По обе стороны (см. рис. 5) от частоты f_4 расположены частоты 1ω и 6ω , обладающие существенной энергоемкостью и при получении информации на частоте f_4 могут составлять основную долю помехи.

Для привода спиралей классификатора устанавливают асинхронные электродвигатели, "мягкая" механическая характеристика которого приводит к зависимости скорости вращения ротора от приложенного механического момента на валу [7]. Это, в свою очередь, приводит к некоторому изменению скорости

вращения вала спирали при изменении загрузки классификатора циркулирующими песками. Установлено, что для этих электродвигателей снижение скорости от холостого хода до номинального момента составляет до 10 процентов. Поэтому скорость вращения вала спирали классификатора, например типа 2КСП-24 с $n_b = 1,96$ об/мин, может изменяться в диапазоне $\pm 0,1$ об/мин от номинальной, а изменение информативной частоты может составить $\pm 0,005$ Гц от центральной $f_4 = 0,065$ Гц частоты.

Заключение. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований показали возможности использования амплитудно-частотных характеристик колебаний вала спирали, а соответственно, и сигнала мощности приводного электродвигателя для оценки масс песков в виде порций транспортируемых по ванне классификатора и сбрасываемых в песковый желоб.

Среди рассмотренных частот колебаний наиболее информативной и помехоустойчивой является двойная оборотная частота f_4 , характеризующая частоту сбрасывания порций песков в песковый желоб. Для классификатора 2КСП-2,4 она равна $f_4=0,065$ Гц.

В результате получено подтверждение возможности разработки средств контроля производительности спирального классификатора по пескам на основе использования амплитудно-частотных характеристик динамической составляющей сигнала мощности приводного электродвигателя спиралей. Современный технический уровень позволяет разработать средства контроля для определения производительности по пескам, как в виде отдельного автоматического прибора, так и в виде специального программного продукта.

Литература

1. Автоматизация обогатительных фабрик / Хан Г.А., Картушин В.П., Сорокор Л.В. и др. – М.: Недра, 1974. – 280с.
2. Корсун В.И., Марюта А.Н., Дмитриев В.И. Идентификация динамических характеристик спирали классификатора и их практическая проверка / Автоматический контроль и управление в цветной металлургии. Тезисы докладов РНТС. – Ташкент, 1983. – С. 28–28.
3. Тихонов О.Н. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. – М.: Недра, 1985. – 272с.
4. Улитенко К.Я., Маркин Р.П. Определение циркулирующей нагрузки измельчительных агрегатов в АСУ ТП //Обогащение руд.-С-Пб.-2005.-№2.-С. 42-44.
5. Качан Ю.Г., Корниенко В.И. Модель формирования активной мощности приводного электродвигателя конусной дробилки //Изв. вузов. Горный журнал.- 1987.- №3.- С. 109-113.
6. Бендат Д., Пирсол А., Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир. 1974. – 650с.
7. Пиотровский Л.М. Электрические машины. – М. – Л.: Энергия, 1972. – 504с.
8. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов. – М.: Машиностроение, 1980. – 151с.
9. Бизерман В.Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 26.06.07*

СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ БРАКУ КЕРАМІЧНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень щодо синтезу нейромережових моделей залежності якості керамічних напівфабрикатів від фізико-хімічних властивостей водних суспензій.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований относительно синтеза нейромережових моделей зависимости качества керамических полуфабрикатов от физико-химических свойств водных суспензий.

Results of theoretical and experimental researches of neuronetwork models' synthesis of dependence of ceramic semi-finished products' quality from physical and chemical properties of water suspensions are given.

Враховуючи суттєву параметричну невизначеність моделі та отримані результати теоретичних і експериментальних досліджень моделювання та тестування синтезованих нейронних мереж [1] зроблено висновок, що забезпечення прийнятної точності відображення вхідних параметрів у вихідні можливо лише за умови розподілу значень кожного з десяти типів браку керамічних напівфабрикатів на класи (за діапазоном чисельного значення конкретного типу браку у відсотках) та синтезу моделей на нейромережевому базисі для прогнозування кожного типу браку окремо. При цьому вихідний вектор моделі нейронної мережі необхідно представляти у вигляді вектору індексів класів. Даний підхід дозволить мінімізувати вплив вимірjувальних шумів та параметричну невизначеність моделей, а також забезпечити точність прогнозу, достатню для практичного використання в реальних виробничих умовах у складі ІСППР на ділянці лиття. Аналіз наявних цільових даних, що вміщувала база даних підприємства “Дніпрокераміка” за п’ять років його функціонування, показав, що для отримання прийнятних результатів класифікації найбільш ефективним є наступний розподіл:

якщо брак (за типом) = 0 – тоді клас 1
якщо брак (за типом) >0 і ≤1%, – тоді клас 2;
інакше клас 3.

Таким чином, моделі, які потрібно синтезувати, повинні мати 9 входів:

- густина водної суспензії;
 - в’язкість водної суспензії;
 - тиксотропія водної суспензії через півгодини;
 - плинність водної суспензії через півгодини;
 - коефіцієнт згущення водної суспензії;
 - рН водної суспензії;
 - температура водної суспензії;
 - температура на ділянці лиття;
 - вологість на ділянці лиття,
- і три виходи – відповідно до числа класів.

Вихідний вектор для кожного типу браку представляє собою вектор індексів класів. Приклад цільового вектору для типів браку керамічних напівфабри-

катів (деформація стінок напівфабрикату (№ 4) та наявність тріщин тіла напівфабрикату типу 39 (№10)) наведено на рис. 1.

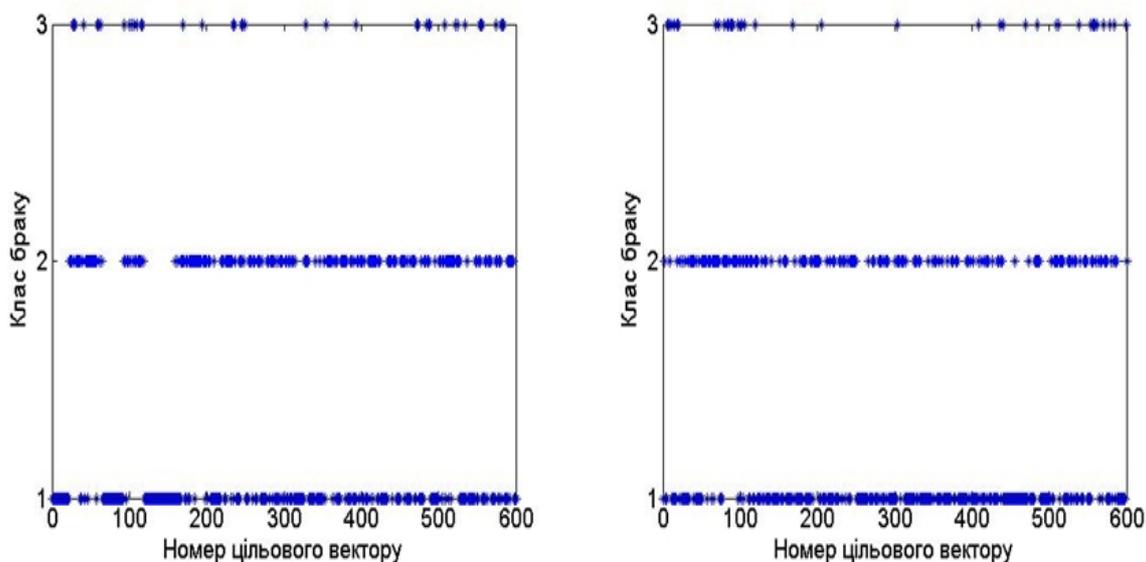


Рис. 1. Приклад розподілу даних цільових векторів за класами

При формуванні навчальних пар даних виконувались перетворення кожного з цільових векторів індексів класів у масив цільових векторів. Таким чином, кожний цільовий вектор вміщує три елементи, тільки один з яких дорівнює одиниці (відповідає номеру класу), а інші – 0.

Беручи до уваги зазначене, коректно функціонуюча модель технологічного процесу на нейромережевому базисі після пред’явлення вхідного вектора повинна відповісти вектором зі значенням “одиниця” для елемента, що відповідає номеру певного класу браку. Окрім того, модель повинна бути здатною правильно розпізнавати клас браку в умовах шуму. У даному випадку ця умова виконується автоматично у зв’язку з тим, що моделі будуть навчатися і тестуватися на векторах, які вміщують певний рівень вимірювального шуму. Враховуючи зазначене, сформувані ідеальні навчальні пари практично неможливо внаслідок невизначеності залежностей між фізико-хімічними параметрами водної суспензії, мікроклімату на ділянці лиття та типами браку керамічних напівфабрикатів.

Для вирішення поставленої задачі достатньо одного прихованого шару нейронів з нелінійними базисними функціями. Функція активації для прихованого шару визначалась на основі результатів чисельних експериментальних досліджень, у вихідному шарі за базисну функцію використовували гіперболічний тангенс. Діапазон вихідних сигналів функції є достатнім, щоб сформувані значення вихідного вектору. Прихований шар нейронів у кожній моделі вміщує 5 нейронів, число нейронів вибрано на основі результатів експериментальних досліджень. Моделювання процесу навчання синтезованих мереж виконували за методом зворотного розповсюдження похибки в модифікації Полака – Рібейри [2, 3]. Процес навчання синтезованих моделей завершувався або при досягненні граничного значення максимальної кількості навчальних ітерацій – 3000, або коли значення середньоквадратичної похибки досягла заданого рівня – 0,15.

Таким чином, в результаті виконаних досліджень було синтезовано 10 моделей, що навчалися формувати “одиницю” лише в одному елементі вектору

виходу, позиція якого відповідає номеру класу браку. Наявність шуму в даних може призводити до нездатності моделей сформувати вектор виходу, що складається виключно з нулів і одиниць. Тому в процесі тестування та експлуатації моделей у складі ІСППР їх вихідний сигнал піддавався додатковій обробці функцією, яка присвоює одиницю елементу вектора виходу з найбільшим значенням, а іншим – нуль. Приклади результатів навчання синтезованих моделей для різних типів браку наведено на рис. 2.

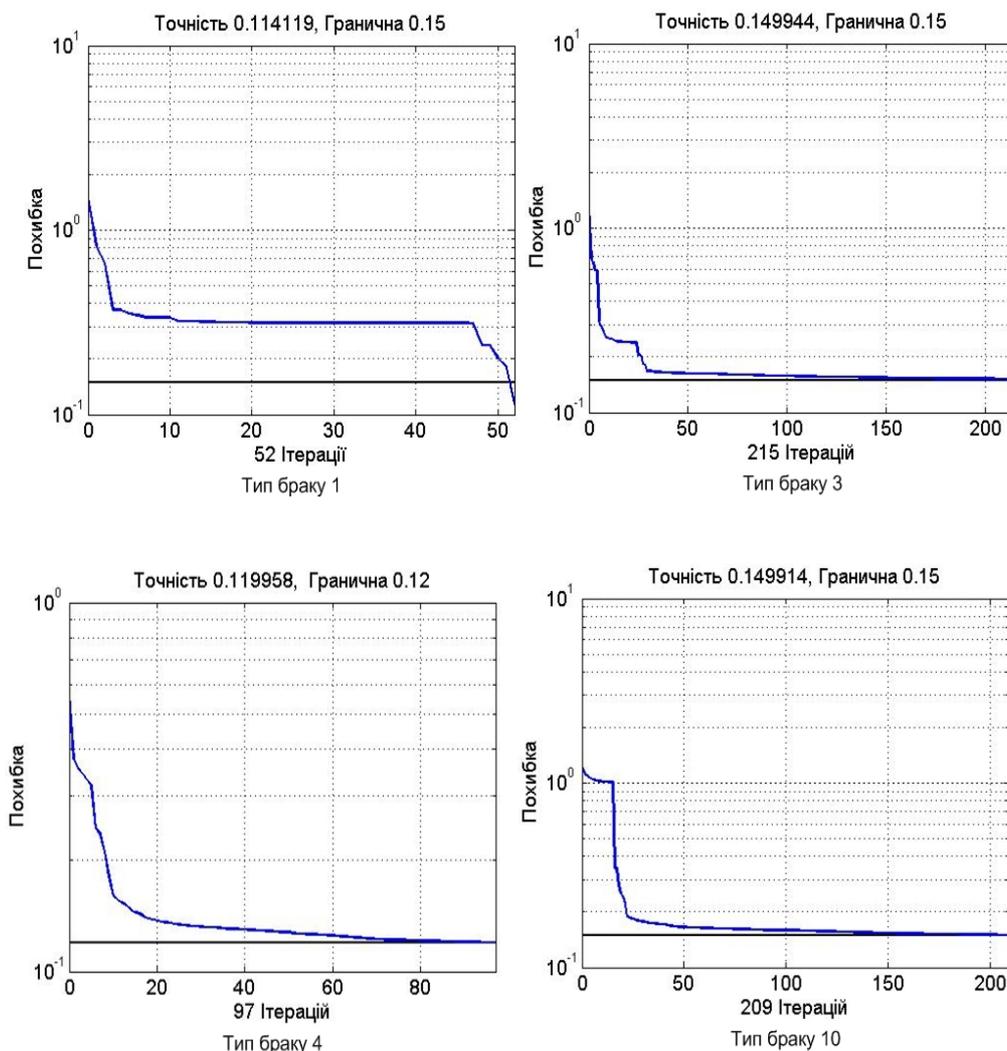


Рис. 2. Приклади процесу навчання моделей для різних типів браку

Тестування якості синтезованих моделей та визначення їх узагальнюючих властивостей виконувалось шляхом пред'явлення на їх вхід вхідних векторів з тестової множини даних та обчислення відсотка хибних класифікацій. Класифікація вважалась хибною у тому разі, коли абсолютна похибка була більшою за нуль. Враховуючи, що моделі є параметрично невизначеними, а навчальна, контрольна та тестова множини даних вміщують значний рівень шуму (похибки при визначенні значень фізико-хімічних параметрів водної суспензії лабораторними методами, наявність бракованих керамічних напівфабрикатів визначається шляхом їх візуального вивчення експертом - технологом) прийнятий рівень правильних класифікацій становить 80%. Результати тестування синтезованих моделей наведені в табл. 1.

Результати тестування синтезованих моделей

Номер моделі	Похибки класифікації, %		
	Навчальна множина	Контрольна множина	Тестова множина
№1	18,0	17,5	18,5
№2	19,4	17,7	16,5
№3	13,0	14,1	16,2
№4	19,2	15,0	15,1
№5	11,1	12,0	12,7
№6	14,2	14,1	16,3
№7	7,6	12,2	9,0
№8	4,3	7,4	8,7
№9	14,6	12,3	15,4
№10	18,7	17,4	17,2

Аналіз отриманих результатів тестування свідчить, що моделі виконують класифікацію вхідних векторів з прийнятною точністю (не менше 80% правильних класифікацій). Досягти більш високої точності прогнозу значень якості керамічних напівфабрикатів залежно від значень фізико-хімічних параметрів водного шлікера та мікроклімату на ділянці лиття на даний час навряд чи можливо. Спираючись на результати експериментальних досліджень якості синтезованих моделей на підприємстві «Дніпрокераміка» можна стверджувати, що синтезовані моделі адекватні технологічному процесу і, відповідно, можуть використовуватись які модулі ІСППР при управлінні технологічними процесами керамічної промисловості, зокрема – при виробництві керамічних виробів методом лиття з водних суспензій.

Таким чином, теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлено, що забезпечити прийнятну точність відображення вхідних параметрів у вихідні можливо лише за умови розподілу значень кожного з типів браку керамічних напівфабрикатів на класи (за діапазоном чисельного значення конкретного типу браку у відсотках) та синтезу моделі на нейромережевому базисі для кожного типу браку окремо. Вихідний вектор моделі нейронної мережі для кожного типу браку запропоновано представляти у вигляді вектору індексів класів. Даний підхід дозволяє мінімізувати вплив вимірювальних шумів та параметричну невизначеність процесів, а також забезпечити точність прогнозу, достатню для практичного використання у складі ІСППР в реальних умовах.

Література

1. Бабенко Т.В. Основні підходи, щодо вирішення задачі синтезу моделей технологічного процесу в умовах параметричної невизначеності. //Зб. наук. пр. НГУ №27, – Д.: РВК НГУ, 2007.
2. Scales L.E. Introduction to Non-Linear Optimization, – New York: Springer-Verlag, 1985.
3. Battiti R. First and second order methods for learning: Between steepest descent and Newton's method, Neural Computation. –1992. – Vol. 4. № 2. – P. 141-166.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Бештой А.С.
Поступила в редакцию 26.06.07*

ТЕХНОЛОГИИ XML ПРИ ГЕНЕРАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИИ СТРУКТУРНЫХ ДАННЫХ В ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСАХ

Приведено и обосновано практическое применение основных способов и методов эффективного использования XML технологий для максимального приближения программной платформы Интернет-ресурсов к ООП MVC шаблону.

Приведено та обґрунтовано з практичної точки зору основні методи ефективного використання XML технологій для максимального наближення програмної платформи Интернет-ресурсів до ООП MVC шаблону.

General ways and methods for effective use of XML technologies for best implementation MVC pattern in an Internet framework are presented from the practical point of view.

На сегодняшний день существует тенденция к увеличению сложности большинства Интернет-ресурсов. Которая заключается в выполнении задач, характерных для прикладных программ, таких как: сбор, обработка, хранение, передача и изменения больших, сложных по структуре данных.

Такие Интернет-ресурсы все чаще нуждаются в кардинально новых подходах к проектированию всех слоёв программного комплекса, а также в интерактивных средствах отображения и управления данными.

Для достижения максимальной гибкости при разработке Интернет-ресурсов, предлагается создать программную платформу с использованием XML структуры на этапе отображения результатов. Базовая, трёхуровневая архитектура платформы приведена на рис. 1.

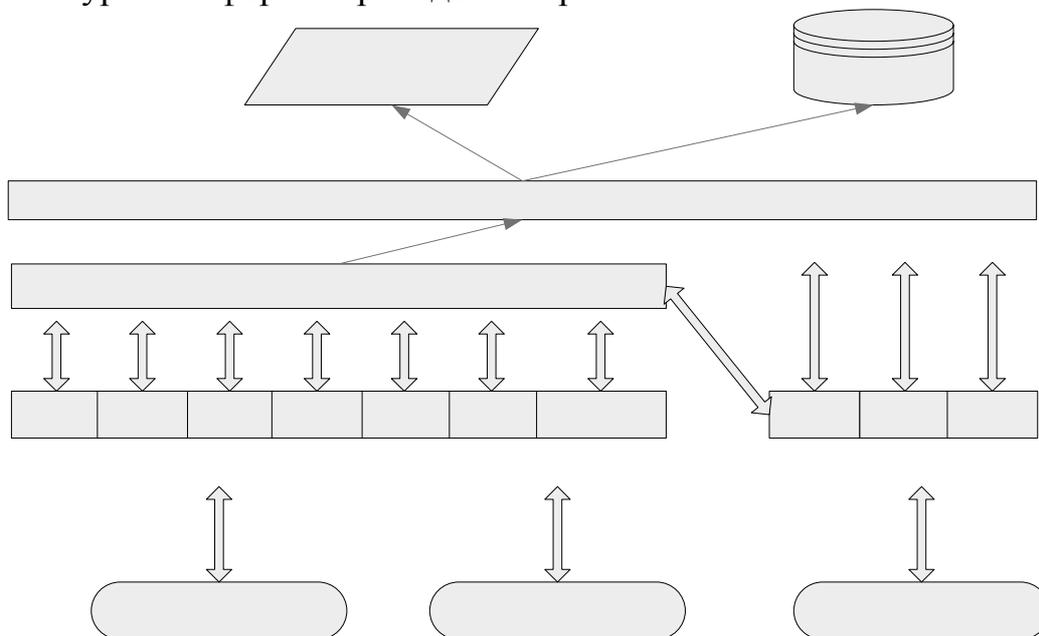


Рис. 1. Базовая, трёхуровневая архитектура программной платформы

Из рисунка видно, что на самом нижнем уровне находится ядро системы, а также набор системных библиотек. На втором уровне находятся модули. И на самом верхнем уровне находятся интерфейсы системы. В работе системы также

принимают участие «окна». С точки зрения конечного пользователя «окно» - это место в рабочей области экрана, которое динамически изменяется в процессе работы пользователя с системой.

Только модули и интерфейсы принимают участие в формировании XML структуры. XML структура является результатом работы модулей, а также всей системы.

В общем виде результирующая XML структура имеет представление, показанное в Листинг 1. Корневой элемент результирующей структуры в зависимости от режима работы программной платформы, может быть двух типов: тип-go и тип-test. Тип-test применяется при режиме Test, который используется в случае модульно-событийного тестирования и отладки работы отдельно взятого модуля. При этом режиме результат работы системы в целом совпадает с результатом работы конкретного тестируемого модуля.

```
<go name="index">  
    <!-- дополнительная системная информация -- >  
<heads> ... </heads>  
<!-- Окна системы -- >  
<News>...</News>  
<TopMenu>...</TopMenu>  
<!-- служебная информация работы драйвера базы данных -- >  
<sqlhistory/>
```

Листинг 1

Тип-go применяется при нормальной работе программой платформы. Корневой элемент результирующей структуры имеет обязательный атрибут, который указывает на тип интерфейса. Такое указание строго необходимо для правильного выбора корневого, стартового шаблона для XSLT преобразования.

Первым потомком корневого элемента идут системные заголовки. Они представляют собой служебную информацию, необходимую для корректного отображения и представления результатов.

При нормальной работы системы, результаты работы модулей помещаются в соответствующие «окна». «Окна» располагаются последовательно в произвольном порядке сразу после системных заголовков. Идентификатором окна является его название. Название окна должно быть уникальным в рамках отдельного интерфейса. Название окна, а также событие и модуль хранятся в таблицах контроллера. Именно контролер знает по какому входному параметру в какое окно, какого интерфейса необходимо поместить результат работы какого события в модуле.

Базовый вид результата выходной XML структуры модуля показан в Листинг 2

```
<!-- Элемент характеризующий модуль -- >  
<news act="sIndexList" rssLink="http://agromash2/rss/">  
<!-- Элемент характеризующий событие модуля -- >  
<sIndexList>  
<!-- Результат работы события -- >  
<news href="#" pub_date="14.04.2007" id="16" title="News  
6">...</news>
```

```

    <news href="#" pub_date="24.02.2007" id="15" title="News
5">...</news>
    <news href="#" pub_date="24.02.2007" id="14" title="News 4
">...</news>
  </sIndexList>
</news>

```

Листинг 2

Корневой элемент какой структуры характеризует модуль. Название элемента совпадает с названием модуля. Первый потомок «модульного» элемента указывает на событие модуля. Название «событийного» элемента совпадает с названием события. Содержимое событийного элемента является выходной структурой модуля. Выходная структура сильно зависит от типа события в модуле.

Для конечного пользователя итоговый результат может быть представлен как в виде XML структуры, так и в виде преобразованной XHTML структуры. Первое представление создано для нужд разработчика. Оно позволяет наиболее эффективно отслеживать все изменения в конечной выходной структуре. Второе представление создано для нужд конечного пользователя. Оно представляет собой основной графический интерфейс системы, через который пользователь наиболее эффективно может работать с Интернет-ресурсом.

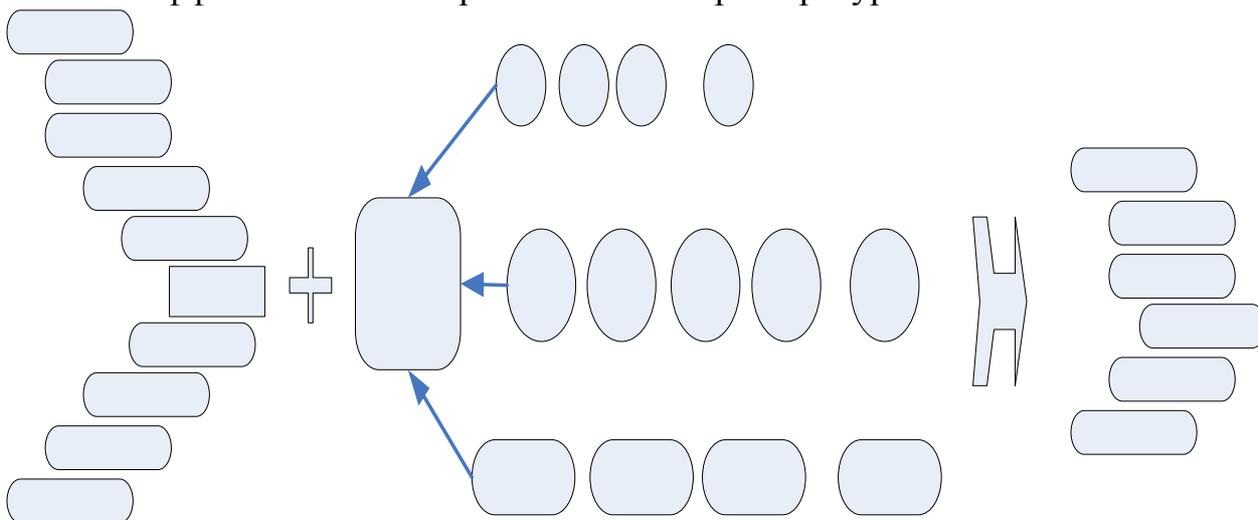


Рис. 2. Архитектура XSLT преобразования программной Интернет-платформы

В ходе XSLT преобразования конечной выходной структуры в первую очередь анализируется режим работы, а также уникальное название интерфейса. Исходя из этих данных находится корневой шаблон режима и интерфейса. Для структуры шаблонов за аналог берётся базовая архитектура программной платформы. Шаблоны делятся на системные, модульные, интерфейсные и режимные. В системных шаблонах описываются правила для общих структур таких, как:

- формы для добавления и редактирования данных
- таблицы для представления данных
- и другие

Heads/

tpl

vcb

Window

Каждый модульный шаблон находится в отдельном файле. Этим достигается эффект модульности преобразования – каждый отдельный модульный шаблон не знает о других модульных шаблонах; он отвечает только за «свою» часть преобразований. Но результат общего преобразования всегда одинаков для конкретной XML структуры.

Интерфейсные шаблоны в своей работе полагаются на окна. Именно в интерфейсных шаблонах рационально определять местоположение каждого окна в интерфейсе, а также инициализировать поиск нужного модульного шаблона для содержимого окна.

Интерфейсные шаблоны могут также быть эффективно использованы для создания веб-сервисов. При этом конечная XML структура преобразуется не в XHTML документ, а в XML структуру веб-сервиса.

Литература

1. Э. Гамма Р. Хелм Р. Джонсон Дж. Влссидес, Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. Питер
2. Michael Kay XSLT 2.0 Programmer's Reference, Third Edition Wrox Press
3. XPath and Xpointer John E. Simpson Publisher: O'Reilly First Edition August 2002 ISBN: 0-596-00291-2, 224 pages

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 29.05.07*

УДК 339.13.017

© Т. В. Мішак, О.Б. Свірська

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ DATA MINING ПРИ ПРОВЕДЕННІ МАРКЕТИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В статье раскрыта сущность методов data mining, показано место и сферы применения этих методов при проведении маркетинговых исследований.

У статті розкрито сутність методів data mining, показано місце та сфери застосування цих методів при проведенні маркетингових досліджень.

In article the essence of methods data mining is opened, the place and spheres of application of these methods is shown at carrying out of marketing researches.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Проведення маркетингових досліджень пов'язане із збиранням та аналізом інформації. У зв'язку з вдосконаленням технологій запису та зберігання інформації відбулось значне зростання даних про діяльність підприємств. Тепер дані мають майже необмежений обсяг, є різнорідними та зберігаються у різних форматах. Використання статистичних методів аналізу до такої кількості різноманітних даних в умовах постійного їхнього поповнення не дозволяє повною мірою використати їхній потенціал. В сучасних умовах особливого значення набувають технології data mining (добування даних), які дозволяють здійснювати пошук раніше не відомих, нетривіальних, практично корисних та інтерпретованих шаблонів в так званих "сирих"

даних. Знайдені за допомогою методів data mining шаблони дозволяють отримати про досліджувані об'єкти додаткову інформацію, яка може бути недоступна в інший спосіб. Оскільки маркетингові дослідження потребують сучасних ефективних інструментів аналізу даних, то методи data mining повинні цілком логічно доповнити їхній арсенал поряд із іншими сучасними інформаційними технологіями, такими як використання комп'ютерних програм аналізу статистичних даних та можливостей Інтернету.

Цілі статті:

- розкрити сутність методів data mining (добування даних);
- показати місце та окреслити сфери застосування методів data mining при проведенні маркетингових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Постановка завдання. Проблемами маркетингових досліджень займаються такі закордонні та вітчизняні науковці й дослідники: Г. Армстронг, М. Василевський, В. Вонг, В. Герасимчук, В. Келлен, Ф. Котлер, Є. Крикавський, О. Кузьмін, П. МакКарті, Н. Малхотра, Дж. Сондерс, В.Перро, С. Скибінський, П. Хаг, Н. Чухрай, Р. Фещур та ряд інших. В їхніх дослідженнях проаналізовано поняття, методи та особливості проведення маркетингових досліджень, а також описано застосування статистичних методів аналізу їхніх результатів.

Серед множини визначень поняття "маркетингові дослідження", слід виділити подане у праці Ф. Котлера [1, с. 320]: "це зв'язок між споживачем та маркетингологом через інформацію, яка використовується для: визначення маркетингових можливостей та проблем; здійснення, покращення та оцінювання маркетингових дій; моніторингу маркетингової діяльності; покращення розуміння маркетингової діяльності."

Н. Малхотра [3, с. 21] дає наступне визначення маркетингового дослідження: "це систематичний і об'єктивний пошук, збір, аналіз і розповсюдження інформації, які здійснюються для вдосконалення прийняття рішень, що стосуються ідентифікації та рішення проблем маркетингу."

Найбільш адекватним є наступне визначення маркетингових досліджень: "це процес систематичного збирання, аналізування та інтерпретування даних, які стосуються ринку компанії, споживачів і конкурентів, з метою вдосконалення маркетингових рішень". Дане визначення вказує на систематичний характер маркетингових досліджень та кінцеву їхню мету – підтримування прийняття маркетингових рішень.

Більш ґрунтовного дослідження потребують особливості використання методів data mining (добування даних) при проведенні аналізу результатів маркетингового дослідження.

Основний матеріал дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. При проведенні аналізу даних маркетингового дослідження переважно використовується статистичний аналіз даних [5]. Проте в умовах постійного зростання темпів збільшення обсягів інформації все більшого значення набувають методи data mining [4]. При проведенні аналізу та інтерпретації інформації необхідно використовувати як статистичні методи, так і методи data mining (рис.1).



Рис 1. Методи аналізу даних в процесі маркетингового дослідження.

Згідно інформації Державного Комітету Статистики, в Україні постійно зростає кількість персональних комп'ютерів, що є передумовою для застосування методів data mining (рис. 2).

Кількість комп'ютерів в Україні на поч. року

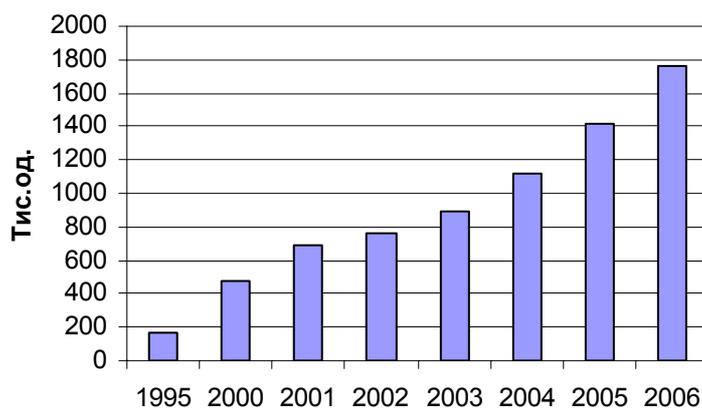


Рис. 2. Кількість комп'ютерів в Україні*

* відповідно до даних Державного Комітету Статистики України

Згідно визначення Г. Піатец-Шапіро [4, с. 15], data mining слід розглядати як "це процес пошуку в сирих даних:

- раніше не відомих;
- нетривіальних;
- практично корисних;
- доступних інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень в різних сферах людської діяльності."

Ще одне лаконічне визначення data mining, сформульоване М. Беррі та Г. Ліноффом: "процес дослідження та аналізу великої кількості даних з метою знаходження значимих шаблонів і правил."

Це визначення якнайкраще відображає сутність даного поняття. Особливістю data mining є наявність величезної бази даних, так званого data warehouse, в якій здійснюється добування даних. Деякі дослідники, в тому числі Т. Вудс класифікують результати, отримані шляхом data mining, на наступні види "копалин":

- "промислові метали" – "вид інформації, яка дає змогу незначно збільшити цінність кожного з багатьох споживачів";
- "цінні метали" – "вид інформації, яка дає змогу визначити прийнятну кількість споживачів, які можуть мати велику цінність як клієнти для компанії";
- "цінне каміння" – "вид інформації, яка дає змогу знайти або отримати декількох клієнтів з надзвичайно великою цінністю для компанії".

На відміну від добувачів металів і мінералів, маркетологи, які займаються data mining, не уявлять з самого початку, як виглядає їхній результат. Тому при проведенні добування даних велике значення має підбір правильних методів. Характеристика методів data mining наведена в табл. 1, яка складена за матеріалами [4].

Таблиця 1

Характеристика методів data mining

<i>Метод</i>	<i>Сутність</i>	<i>Застосування</i>
1. Нейронні мережі	Великий клас систем, архітектура яких має аналогію з побудовою нервової тканини з нейронів. На вхідні нейрони подаються сигнали, які перетворюються на вищих рівнях і формують на вихідних нейронах результат.	Використовується для обчислень, які імітують інтелектуальні процеси в людському мозку, такі, як розпізнавання образів, прийняття рішень, управління рухом тощо. Недоліком даного методу є необхідність навчання нейронної мережі перед тим, як вона може бути використана.
2. Дерево рішень	Ієрархічна система правил на зразок: "якщо ... то ...", які мають вигляд розгалуженого дерева.	Один з найбільш широко застосовуваних методів data mining, який надає підтримку прийняття рішень та знаходить закономірності в даних. Недоліком методу є побудова не логічних взаємозв'язків між параметрами, а пошук закономірностей на основі наївного принципу послідовного перегляду ознак.

3. Міркування на основі аналогічних рішень	Міркування на основі аналогічних випадків, так званих кейсів, або case based reasoning (CBR). Рішення приймаються на основі подібних випадків.	Даний метод використовується для підтримки прийняття рішень. Для того, щоби він приносив користь необхідна велика база кейсів. Недоліком методу є можливість запропонування неадекватних рішень або взаємозв'язків між параметрів в разі відсутності схожих кейсів.
4. Еволюційне програмування	Система, яка розвиває знайдену закономірність в базі даних шляхом внесення до неї невеликих модифікацій та відбору серед побудованих дочірніх програм т, які підвищують точність закономірності.	Застосовується для уточнення знайденої закономірності.
5. Генетичні алгоритми	Імітація генетичних змін в популяції хромосом з метою пошуку логічних закономірностей в базі даних.	Використання генетичних алгоритмів широко застосовується для вирішення завдань пошуку оптимальних рішень. Оскільки процедури, на яких базується цей метод, є евристичними, даний підхід не гарантує знаходження найкращого рішення або найточнішої закономірності.
6. Алгоритми обмеженого перебору	Використовують частоти комбінацій простих логічних подій в підгрупах даних з метою отримання висновку про корисність цих комбінацій для встановлення асоціацій в даних.	Система алгоритмів обмеженого перебору використовується з метою пошуку логічних правил в даних і є одним з найбільш популярних методів data mining.
7. Системи для візуалізації багатовимірних даних	Візуалізація даних дозволяє наочно побачити тенденції, взаємозв'язки та правила, які спостерігаються в даних.	Широко використовуються для представлення результатів проведеного аналізу.

Особливостями цих методів аналізу даних є те, що вони дозволяють знайти шаблони раніше не відомих, нетривіальних, практично корисних, доступних інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень в різних сферах людської діяльності. На відміну від статистичних методів, які передбачають ґрунтовний аналіз даних самим дослідником, методи data mining дозволяють отримувати залежності на основі поверхневого аналізу величезних обсягів даних. Зокрема для використання нейронної мережі не потрібно розуміти характер зв'язків між елементами системи для того, щоби отримати корисні результати.

Методи data mining дозволяють знайти такі типи закономірностей в даних, які відображені в табл. 2.

Таблиця 2

Типи закономірностей *

<i>Типи закономірностей</i>	<i>Сутність</i>
Асоціація	Пов'язаність між собою кількох подій. Якщо настає одна подія, з деякою ймовірністю можна очікувати іншу.
Послідовність	Ланцюжок зв'язаних у часі подій. Після настання однієї події через визначений строк з певною ймовірністю настає друга, після неї через визначений строк наступна і т.д.
Класифікація	Пошук ознак, які характеризують групу, до якої належить об'єкт дослідження. При цьому групи наперед визначені.
Кластеризація	Пошук однорідних груп даних у певній вибірці.
Прогнозування	Пошук залежностей, які проявляються з часом, з метою передбачення поведінки системи в майбутньому.

* Складено за [4].

Пошук цих закономірностей відбувається за допомогою методів data mining, що супроводжується їхнім застосуванням до величезних обсягів даних. При цьому сам дослідник може не заглиблюватись у характер взаємозв'язків, які вибудовує система у процесі знаходження закономірності. Так, при застосуванні генетичних алгоритмів відбувається імітація генетичних змін в популяції хромосом з метою пошуку логічних закономірностей в базі даних.

Особливо перспективним є застосування методів data mining в дослідженнях таких ринків України, як ринок товарів і ринок послуг (табл. 3).

Таблиця 3

Сфери застосування методів data mining.

<i>Ринки</i>	<i>Застосування методів data mining</i>
Роздрібна торгівля	<ul style="list-style-type: none"> • аналіз споживчого кошика; • пошук шаблонів поведінки споживачів; • прогнозування обсягів продажу.
Банківська справа	<ul style="list-style-type: none"> • виявлення шахраювання з кредитними картками; • сегментування клієнтів.
Транспортні послуги	<ul style="list-style-type: none"> • формування цінової політики; • запобігання проблем.

На теперішній час технології data mining знайшли своє застосування в маркетингових дослідженнях підприємств багатьох секторів бізнесу. І хоча не існує оприлюдненої статистики, можна навести низку всесвітньо відомих компаній, які займаються телекомунікаціями, використовують data mining для наступних цілей (www.snowcactus.ru):

- British Telecom – для максимізації маркетингового бюджету;
- MCI Communications – для зменшення відтоку абонентів;
- Rural Cellular Corporation – для більш точного позиціонування своїх послуг і тарифних планів;
- Vanguard Cellular – для утримання прибуткових абонентів;
- CallCounter – для ефективного збору та аналізу інформації про дзвінки клієнтів.

Відповідно до www.terrasoft.com в Україні та Росії ряд підприємств цього сектору, такі як Світ-ком (Москва), Компанія "Альво" (Єкатеринбург) і Міротел (Київ), встановили CRM системи. Слід очікувати, що ці та інші телекомунікаційні підприємства будуть зацікавлені у застосуванні технологій data mining.

Також data mining зустрів зацікавлення на підприємствах торгівлі, які потребують інформації про своїх численних покупців:

- Fingerhut – для оптимізації розсилки понад 10 мільйонів клієнтів і потенційних клієнтів;
- Damark International – для аналізу прихованих знань про понад 30 мільйонів покупок в інтернет магазинах компанії;
- Wal-Mart – для аналізу споживчого кошика - товарів, які клієнти купують разом;
- S.P. Richards – для побудови ціленаправлених каталогів побудови для реселерів на основі аналізу інформації про покупки;
- Saks International – для персоналізації способу здійснення покупки висок класних товарів і предметів розкошу, які продає компанія;
- Sofmap – для пошуку інформації про можливі наступні покупки споживачів;
- Boutique Y3K – для оптимізації веб-магазинів та більш точної орієнтації на споживачів.

В Україні зростає число торгових центрів як українських, так і закордонних торгових мереж, що має збільшити попит на data mining серед цих підприємств.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Застосування методів data mining при проведенні аналізу результатів маркетингового дослідження дозволяє отримати додаткову інформацію про споживачів та виявити характерні шаблони їхньої поведінки, що дозволить забезпечити прийняття ефективних маркетингових рішень. Використання нейронних мереж та інших інструментів data mining поряд з іншими традиційними статистичними методами обробки даних дозволить розширити арсенал дослідника ринків та надасть можливість для отримання нетривіальних даних щодо поведінки споживачів.

Надалі планується застосувати нейронну мережу та дерево рішень з метою аналізу споживчого кошика та пошуку шаблонів поведінки споживачів для підтримування прийняття ефективних управлінських рішень на підприємствах роздрібно торгівлі.

Література

1. Ф. Котлер, Г. Армстронг, Дж. Сондерс, В. Вонг. Принципы маркетингу. - 8 европейське видання, 1999. – 1032 с.
2. П. Хаг. Маркетингові дослідження. Керівництво по плануванню, методології та оцінці. Пер. з 3ого англ. Видання. – Київ, "Знання-Прес", 2005. – 418 с.
3. Н. Малхотра. Маркетингові дослідження та ефективний аналіз статистичних даних. – Москва - Санкт-Петербург - Київ, Diasoft, 2002. – 767 с.
4. В. Дюк, А. Самойленко. Data mining. Санкт-Петербург, 2001. – 366 с.
5. Р. Фещур, А. Барвінський, В. Кічор. Статистика: теоретичні засади і прикладні аспекти. Навчальний посібник. За наук. ред. Р.В. Фещура. – 2-е вид. оновлене і доповнене. – Львів: "Інтелект-Захід", 2003. – 576 с.
6. Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Marketing_research

*Рекомендована к публикации д.т.н. Кузнецовым Г.В.
Поступила в редакцию 29.05.07*

УДК 621:65.012.122:519.8.001.57

© Е.С. Яшина, Т.В. Климова

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ, ИМЕЮЩИХ ДЛИТЕЛЬНЫЙ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ, ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Предложен метод создания математической модели формирования портфеля проектов с длительным жизненным циклом с учетом многофакторности, что на сегодняшний день является актуальным для предприятия машиностроения. Метод позволяет проводить мониторинг проектов на различных стадиях его жизненного цикла с учетом различных ограничений и допущений.

Запропоновано метод створення математичної моделі формування портфеля проектів із тривалим життєвим циклом з урахуванням многофакторності, що на сьогоднішній день є актуальним для підприємства машинобудування. Метод дозволяє здійснювати моніторинг проектів на різних стадіях його життєвого циклу з урахуванням різних обмежень і допущень.

Project portfolio forming mathematical models, having a long life cycle for enterprisers of mechanical engineering, are presented, which allow carrying out a project monitoring taking into account multifactority. Development of Project portfolio forming mathematical models of the machine-building enterprise, taking into account a possibility of changing the project parameters and the enterprise-executor, is an actual applied task.

Введение

Деятельность крупного промышленного предприятия состоит в реализации множества проектов. Причём для проектов в области машиностроения характерны значительная продолжительность, потребность в участии специалистов высокой квалификации, различных видах ресурсов, в том числе уникального технологического и испытательного оборудования.

Формирование портфеля проектов является одной из наиболее ответственных задач, так как от удачного подбора проектов и успешности их реализации зависит не только прибыль предприятия, но и его положение на рынке, ре-

путация среди потенциальных заказчиков, перспективы дальнейшего развития предприятия на значительный период времени.

В настоящее время существует достаточно большое количество математических моделей формирования портфеля проектов, построенных с учётом различных допущений, условий и ограничений [1, 2]. В ряде работ, например [3, 4], задачи выбора проекта рассматриваются с учётом стратегических направлений деятельности предприятия. Однако большинство имеющихся моделей построено, исходя из предположения, что параметры самих проектов, предприятия и внешней среды остаются неизменными в течение всего периода реализации портфеля. Фактор времени вводится на последующих стадиях управления: при решении задач распределения ресурсов, календарного планирования и контроля реализации проектов.

Такой подход приемлем, в отношении проектов с коротким жизненным циклом (ЖЦ). Однако, если выполнение портфеля проектов требует нескольких лет, условия его реализации могут существенно измениться. Это необходимо учитывать при формировании портфеля. Кроме того, параметры материало-, фондо- и трудоёмкости проекта на разных стадиях ЖЦ существенно отличаются. На предприятии, как правило, выполняется несколько проектов, находящихся на разных стадиях ЖЦ. Это позволяет добиться более равномерной загрузки производственных мощностей и более полного их использования. Если часть прибыли предприятия направляется на развитие, параметры, характеризующие его основные фонды и кадровый состав также будут изменяться.

Кроме того, начало реализации нового портфеля, как правило, происходит параллельно с завершением реализации предыдущего. Часть ресурсов предприятия при этом будет занята в старых проектах. Это тоже необходимо учесть при построении математических моделей.

Таким образом, разработка математических моделей формирования портфеля проектов машиностроительного предприятия с учётом возможности изменения параметров проектов и предприятия-исполнителя является актуальной научно-прикладной задачей.

Постановка задачи

Рассмотрим задачу формирования портфеля проектов Π машиностроительного предприятия на период времени T . Разобьём интервал планирования T на ряд периодов $t = 1 \dots T$.

Проекты $\pi \in \Pi$ должны обеспечивать получение прибыли и соответствовать традиционным критериям отбора проектов в рыночной экономике, то есть должны иметь высокие показатели чистого приведенного эффекта (NPI), доходности (PI) и др. Кроме этого, проекты должны соответствовать стратегии поведения предприятия на рынке, быть выполнимы с точки зрения наличия на предприятии необходимых материальных ресурсов, основных фондов, технологий, специалистов, а также иметь допустимый уровень риска.

Перечислим факторы, которые необходимо учитывать при формировании портфеля проектов.

1. Параметры проекта

В рыночной экономике принято характеризовать результаты проекта следующими показателями.

а) Чистый приведенный эффект проекта ($NPV_\pi, \pi \in \Pi$):

$$NPV_\pi = -IC_\pi + \sum_{t=1}^T \frac{S_\pi(t) - R_\pi(t)}{(1 + d_t)^t}.$$

б) Индекс доходности ($PI_\pi, \pi \in \Pi$):

$$PI_\pi = \left[\sum_{t=1}^T \frac{S_\pi(t) - R_\pi(t)}{(1 + d_t)^t} \right] : IC_\pi.$$

в) Срок окупаемости ($PP_\pi, \pi \in \Pi$):

$$PP = \min T, \text{ при котором } \sum_{t=1}^T \frac{S_\pi(t) - R_\pi(t)}{(1 + d_t)^t} > IC_\pi,$$

где $S_\pi(t), R_\pi(t)$ – поступления и расходования денежных средств по проекту π соответственно в течении прогнозного периода $t = 1 \dots T$; d_t – ставка дисконтирования в момент времени t ; IC_π – вкладываемые в проект инвестиции.

Кроме этого, надо ввести ряд параметров, определяющих потребность проекта в различного рода ресурсах.

г) Параметры материалоёмкости проекта. Обозначим через $M_{j\pi}(t)$ потребность в материальных ресурсах вида j для выполнения проекта π в период t в натуральном (объёмном) выражении. Множество $\{M_{j\pi}(t), j = 1 \dots N^M, t = 1 \dots T\}$ представляет собой модель материалоёмкости проекта, где N^M – количество видов материальных ресурсов.

д) Параметры фондоёмкости. Потребность в технологическом оборудовании и других основных фондах определим следующим образом. Обозначим через $F_{i\pi}(t)$ потребность в оборудовании вида i для выполнения проекта π в период t в фондо-часах. Множество $\{F_{i\pi}(t), i = 1 \dots N^F, t = 1 \dots T\}$ представляет собой модель фондоёмкости проекта, где N^F – количество видов оборудования.

е) Параметры трудоёмкости. Обозначим через $K_{m\pi}(t)$ потребность в сотрудниках специальности m для выполнения проекта π в период t в человеко-часах. Множество $\{K_{m\pi}(t), m = 1 \dots N^K, t = 1 \dots T\}$ представляет собой модель трудоёмкости проекта, где N^K – количество видов оборудования и других фондов.

2. Параметры предприятия

Эта группа параметров определяет технологические возможности предприятия.

а) Технологическое оборудование и другие основные фонды. Обозначим через $F_i^{Ip}(t)$ фонд времени работы оборудования вида i в период t в фондо-

часах. Множество $\{F_i^{Ip}(t), i = 1 \dots N^F, t = 1 \dots T\}$ представляет собой модель основных фондов предприятия.

б) Кадровый состав предприятия. Обозначим через $K_m^{Ip}(t)$ фонд времени работы сотрудников специальности m в период t в человеко-часах. Множество $\{K_m^{Ip}(t), m = 1 \dots N^K, t = 1 \dots T\}$ представляет собой модель основных фондов предприятия.

3. Деятельность заказчика. Обозначим через $S_\pi(t)$ величину поступлений денежных средств от заказчика по проекту π в период t .

4. Внешняя среда и риски

Влияние на проект внешней среды проявляется прежде всего в том, что в условиях реализации проекта всегда присутствует некоторая степень неопределённости, следствием чего является то, что любому проекту присущ риск. Существует множество методов анализа рисков [6], позволяющих оценить вероятность возникновения неблагоприятного события r при выполнении проекта π (обозначим её $p_{r\pi}$) и связанную с ним ожидаемую величину убытков $S_\pi^{y\delta}(r)$. Модель рисков проекта можно определить как множество пар $\{(p_{r\pi}, S_\pi^{y\delta}(r))\}$. Аналогичным образом можно определить и внутренние риски проекта.

Как правило, для ликвидации последствий неблагоприятных событий на предприятии создаётся резервный фонд. Обозначим его величину через S^{pez} .

Все указанные параметры должны быть учтены при формировании портфеля проектов.

Таким образом, задачей данной работы является построение математической модели для формирования портфеля проектов машиностроительного предприятия, учитывающей следующие факторы:

- необходимость учёта технологических возможностей предприятия-исполнителя и ресурсных ограничений по различным видам ресурсов: основные фонды, трудовые ресурсы, сырьё и материалы, денежные средства;
- длительный жизненный цикл проектов;
- длительный период реализации портфеля проектов;
- возможность изменения параметров как проектов, так и предприятия-исполнителя в течение периода реализации портфеля проектов.

Формирование ограничений

Модель, позволяющая определить изменения параметров предприятия в различные периоды времени путём моделирования в аппарате гибридных автоматов представлена в работе [5]. Будем считать параметры, перечисленные в предыдущем разделе, известными для всех периодов времени.

Построим ограничения, определяющие технологические возможности предприятия выполнять некоторый портфель проектов Π .

Для любого периода времени t общая фондоёмкость всех проектов по любому виду оборудования не должна превышать фонда времени этого оборудования

$$\sum_{\pi \in \Pi} F_{i\pi}(t) \leq F_i^{Ip}(t), \quad i = 1 \dots N^F, t = 1 \dots T. \quad (1)$$

При определении величины $F_i^{Ip}(t)$ необходимо учитывать планы реализации проектов по другим портфелям, планы по закупке, аренде или продаже оборудования.

Аналогичным образом строятся ограничения по использованию трудовых ресурсов. Для любого периода времени t общая трудоёмкость всех проектов по любой специальности не должна превышать соответствующего фонда времени

$$\sum_{\pi \in \Pi} K_{m\pi}(t) \leq K_m^{Ip}(t), \quad m = 1 \dots N^K, t = 1 \dots T. \quad (2)$$

При определении величины $K_m^{Ip}(t)$ необходимо учитывать планы реализации проектов по другим портфелям, планы по приёму на работу новых сотрудников либо сокращению штатов, а также отпуска и длительные командировки.

При формировании ограничений на использование материальных ресурсов следует учитывать, что на предприятии обычно не создаётся больших запасов сырья, материалов, комплектующих, поскольку их, как правило, не сложно купить. Поэтому в структуре ограничений целесообразно учитывать не наличные запасы ресурсов, а возможности их пополнения за счёт закупок.

Введём ограничения на расходование денежных средств, поступающих от заказчика. Их должно быть достаточно для оплаты труда исполнителей проекта, расходов, связанных с эксплуатацией основных фондов, закупкой материальных ресурсов, а также покрытия убытков, связанных с рисками.

В качестве оценки величины убытков будем использовать величину, полученную путём усреднения убытков по всем рискам с учётом их вероятности:

$$\mu_{\pi}^{y\delta} = \sum_r p_{r\pi} S_{r\pi}.$$

При формировании ограничения на расходование денежных средств следует учитывать, что средства, выделенные заказчиком в одном из периодов могут быть использованы в другом. Поэтому будем производить суммирование выделенных и израсходованных средств по всем периодам для каждого проекта в отдельности. Ограничение выглядит следующим образом

$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(t) K_{m\pi}(k) + \sum_{i=1}^{N^F} c_i^F(t) F_{i\pi}(k) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(t) M_{j\pi}(k) \right) + \mu_{\pi}^{y\delta} \leq \sum_{t=1}^T S_{\pi}(t), \quad \pi \in \Pi \quad (3)$$

где $c_m^K(t)$ – прогнозная стоимость одного человеко-часа работы сотрудника специальности m ; – прогнозные затраты на один час работы оборудования вида i ; – прогнозная цена единицы ресурса вида j в периоде t .

Ограничение (3) гарантирует безубыточность проекта.

Неравенства (1), (2) и (3) определяют технологические возможности предприятия. Они обязательны для всех ситуаций. Кроме них, в структуре модели может быть ещё ряд ограничений, обусловленных позицией предприятия на рынке, его состоянием и целевыми установками.

Кроме ограничения (3), определяющего невозможность перерасхода денежных средств в целом по проекту, может быть введено дополнительное ограничение на дефицит в каждом из периодов. В случае неравномерного поступления финансирования от заказчика, в отдельные периоды времени может возникать дефицит финансирования, который будет ликвидирован в последующих периодах. Исполнитель может временно использовать для выполнения проекта собственные средства или средства, поступающие от других проектов. Однако возможности использования этих средств ограничены и не должны превышать некоторой величины. Обозначим через S^{cob} максимальную величину собственных средств, которая может быть временно использована для покрытия дефицита. Тогда ограничение на дефицит выглядит следующим образом

$$\sum_{\tau=1}^t \sum_{\pi \in \Pi} \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(\tau) K_{m\pi}(\tau) + \sum_{i=1}^{N^F} c_i^F(\tau) F_{i\pi}(\tau) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(\tau) M_{j\pi}(\tau) \right) + \sum_{\pi \in \Pi} \mu_{\pi}^{y\delta} \leq \sum_{\tau=1}^t \sum_{\pi \in \Pi} S_{\pi}(\tau) + S^{cob}, \quad t = 1 \dots T \quad (4)$$

Суммирование здесь производится по всем проектам, но не по всему интервалу планирования, а в отдельности для каждого периода t . Ограничение (4) гарантирует, что ни в одном из периодов не возникнет значительный дефицит, угрожающий привести к остановке работ.

Ограничение (3) гарантирует, что поступающих от заказчиков средств достаточно для покрытия затрат по каждому проекту, включая ожидаемые средние убытки из-за рисков. Однако в отдельных случаях убытки могут значительно превысить усреднённую оценку. Если предприятие стремится избежать участия в рискованных проектах, может быть введено дополнительное ограничение на возможные убытки от риска

$$\mu_{\pi}^{y\delta} + 3\sigma_{\pi}^{y\delta} \leq kS^{рез}, \quad \pi \in \Pi, k \in (0, 1), \quad (5)$$

где $\sigma_{\pi}^{y\delta}$ – среднеквадратическое отклонение величины убытков.

Ограничение (5) означает, что с большой долей вероятности ни по одному из проектов портфеля убытки не превысят доли резервного фонда, заданной коэффициентом k .

Построение моделей выбора проекта

Критерий оптимальности портфеля проектов и конкретная структура ограничений выбираются, исходя из целей предприятия и его положения на рынке.

В общем случае проекты на предприятии могут выполняться как в интересах заказчиков, так и в собственных интересах. Проекты, выполняющиеся в собственных интересах с целью развития предприятия, как правило, не предполагают получения прибыли. Для их оценки и выбора нельзя использовать показатели, определяемые только по финансовым результатам. Структура критерия оптимальности в этом случае может иметь весьма сложный вид и должна учитывать различные параметры состояния предприятия.

Однако при решении задачи формирования портфеля проектов можно ограничиться рассмотрением только тех проектов, которые выполняются в интересах заказчиков и предполагают получение прибыли. Наиболее распространён-

ным критерием выбора таких проектов [1, 2] является величина чистого приведенного эффекта (NPV). Оптимальным будем считать портфель Π , обеспечивающий наибольшую суммарную величину NPV в рамках заданных ограничений. Как правило, в моделях выбора проектов присутствует также требование высокой доходности ($PI_{\pi} > 1, \pi \in \Pi$).

Если предприятие находится в хорошем финансовом состоянии и стремится расширить свою долю на рынке, оно может принимать участие в выполнении долгосрочных проектов с высоким уровнем риска. Если предприятие имеет возможность временно привлекать заёмные средства, дефицит финансирования на отдельных этапах также допустим. В такой ситуации определяющим фактором при формировании портфеля проектов является высокое значение целевого критерия NPV. Из ограничений в модель достаточно ввести только неравенства (1) – (3), определяющие принципиальную возможность реализации проекта. Математическая модель формирования портфеля проектов Π в этом случае выглядит следующим образом.

Модель 1

Сформировать такое множество Π , для которого

$$\sum_{\pi \in \Pi} NPV_{\pi} \rightarrow \max ,$$

при ограничениях

$$PI_{\pi} > 1, \quad \pi \in \Pi ,$$

$$\sum_{\pi \in \Pi} F_{i\pi}(t) \leq F_i^{Ip}(t), \quad i=1 \dots N^F, t=1 \dots T ,$$

$$\sum_{\pi \in \Pi} K_{m\pi}(t) \leq K_m^{Ip}(t), \quad m=1 \dots N^K, t=1 \dots T ,$$

$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(t) K_{m\pi}(k) + \sum_{i=1}^{N^F} c_i^F(t) F_{i\pi}(k) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(t) M_{j\pi}(k) \right) +$$

$$+ \mu_{\pi}^{y\delta} \leq \sum_{t=1}^T S_{\pi}(t), \quad \pi \in \Pi .$$

Если предприятие находится в хорошем финансовом состоянии, но не стремится расширять свою долю на рынке, предпочтение будет отдаваться доходным, но не связанным с высоким риском проектам. В этом случае целесообразно ввести в модель ограничения на возможные убытки от риска (5). Математическая модель будет выглядеть следующим образом.

Модель 2

Сформировать такое множество Π , для которого

$$\sum_{\pi \in \Pi} NPV_{\pi} \rightarrow \max ,$$

при ограничениях

$$PI_{\pi} > 1, \quad \pi \in \Pi ,$$

$$\sum_{\pi \in \Pi} F_{i\pi}(t) \leq F_i^{Ip}(t), \quad i=1 \dots N^F, t=1 \dots T ,$$

$$\sum_{\pi \in \Pi} K_{m\pi}(t) \leq K_m^{Ip}(t), \quad m=1 \dots N^K, t=1 \dots T,$$

$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(t) K_{m\pi}(k) + \sum_{i=1}^{N^F} c_i^F(t) F_{i\pi}(k) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(t) M_{j\pi}(k) \right) +$$

$$+ \mu_\pi^{y\delta} \leq \sum_{t=1}^T S_\pi(t), \quad \pi \in \Pi,$$

$$\mu_\pi^{y\delta} + 3\sigma_\pi^{y\delta} \leq kS^{pez}, \quad \pi \in \Pi.$$

Значение коэффициента k целесообразно выбирать близким к 0,5.

Модель 2 соответствует более осторожному поведению предприятия на рынке, чем в случае модели 1.

Если предприятие находится в тяжелом финансовом состоянии, оно не может участвовать в проектах с высоким уровнем риска, поэтому целесообразно установить более жёсткие ограничения на уровень убытков. Доступ к заёмному финансированию также затруднителен, поэтому в модель необходимо ввести ограничение дефицита в промежуточных периодах (4). Кроме того, целесообразно ввести в модель ограничения на срок окупаемости проекта, поскольку в сложной финансовой ситуации предприятие может реализовывать только те проекты, которые быстро дадут отдачу. Математическая модель формирования портфеля проектов в этом случае выглядит следующим образом.

Модель 3

Сформировать такое множество Π , для которого

$$\sum_{\pi \in \Pi} NPV_\pi \rightarrow \max,$$

при ограничениях

$$PI_\pi > 1, \quad \pi \in \Pi,$$

$$\sum_{\pi \in \Pi} F_{i\pi}(t) \leq F_i^{Ip}(t), \quad i=1 \dots N^F, t=1 \dots T,$$

$$\sum_{\pi \in \Pi} K_{m\pi}(t) \leq K_m^{Ip}(t), \quad m=1 \dots N^K, t=1 \dots T,$$

$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(t) K_{m\pi}(k) + \sum_{i=1}^{N^F} c_i^F(t) F_{i\pi}(k) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(t) M_{j\pi}(k) \right) +$$

$$+ \mu_\pi^{y\delta} \leq \sum_{t=1}^T S_\pi(t), \quad \pi \in \Pi,$$

$$\sum_{\tau=1}^t \sum_{\pi \in \Pi} \left(\sum_{m=1}^{N^K} c_m^K(\tau) K_{m\pi}(\tau) + \sum_{i=1}^{N^F} c_i^F(\tau) F_{i\pi}(\tau) + \sum_{j=1}^{N^M} c_j^M(\tau) M_{j\pi}(\tau) \right) +$$

$$+ \sum_{\pi \in \Pi} \mu_\pi^{y\delta} \leq \sum_{\tau=1}^t \sum_{\pi \in \Pi} S_\pi(\tau) + S^{cob}, \quad t=1 \dots T$$

$$\mu_\pi^{y\delta} + 3\sigma_\pi^{y\delta} \leq kS^{pez}, \quad \pi \in \Pi,$$

$$PP_\pi < PP^{\delta on}, \quad \pi \in \Pi,$$

где $PP^{\delta on}$ – предельно допустимый срок окупаемости проектов.

Значение коэффициента k целесообразно выбирать из диапазона $k \in [0,1, 0,3]$.

Модель 3 имеет наиболее жёсткие ограничения. Область допустимых решений для неё будет наиболее узкой. Поэтому и портфель проектов, сформированный по этой модели, будет, скорее всего, иметь наименее высокий доход. Исключив некоторые ограничения, как это сделано в моделях 1 и 2, мы существенно расширяем набор альтернатив. Это даст возможность сформировать портфель с более высокими показателями чистого приведенного эффекта и доходности. Однако при этом он будет обладать и более высоким риском.

Заключение

В данной работе рассмотрена задача формирования портфеля проектов машиностроительного предприятия. Её решение позволило сделать следующие выводы:

1. Анализ особенностей задачи показал, что поскольку такие проекты, реализующиеся в отрасли машиностроения, имеют длительный жизненный цикл, математическая модель выбора проектов должна учитывать не только агрегированные показатели проектов и состояния предприятия, но и изменение их во времени.

2. Сформирована структура ограничений, которые позволяют учесть использование в проектах основных фондов предприятия, трудовых и материальных ресурсов. Данные ограничения, по сути, описывают влияние параметров предприятия на выполнение проектов и используются во всех предложенных в работе моделях.

3. Предложен ряд математических моделей выбора и формирования портфеля проектов для различных условий, стратегических целей и приоритетов предприятия.

Предложенные модели могут использоваться при построении компьютерной информационно-аналитической системы управления проектами на машиностроительном предприятии.

Литература

1. Проектний аналіз. – Київ: ТОВ "Видавництво Лібра", 1998. – 368 с.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами: научно-практическое издание. М.: СИНТЕГ-ГЕО, 1997. – 188 с.
3. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. - М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.
4. Бегун А.П. Математическая модель отбора проектов создания новой техники к реализации с учётом стратегий развития производства / Зб. наук. пр. Кіровоградського НТУ. – Кіровоград: КНТУ, 2004. - Вип. 15. - С. 454-458.
5. Малый В.В., Климова Т.А., Яшина Е.С. Моделирование проектов развития предприятия с использованием математического аппарата гибридных автоматов // Зб. наук. пр. ХУПС.-Х.: ХУПС, 2007.- Вип. 1 (23). – С. 117 – 120.
6. Андрійчук В., Бауер Л. Менеджмент: прийняття рішень і ризик. -К.: КНЕУ, 1998 –316 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 25.04. 07*

ПОДСИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ СВЯЗАННОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕПРЕРЫВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Предложена алгоритмическая структура процессов выбора целевой ситуации и принятия управляющих решений подсистемы принятия решений в составе системы связанного управления непрерывными технологическими объектами.

Пропонується алгоритмічна структура процесів вибору ситуації цілі та прийняття керуючих рішень підсистеми прийняття рішень у складі системи зв'язаного керування безперервними технологічними об'єктами.

The algorithmic frame of processes of selection of a target situation and acceptance of the control solutions of the subsystem of decision making in a structure of a system of bound control of continuous technological objects is offered.

Введение. Постановка проблемы. Для сложных непрерывных производств, к которым относятся объекты горнометаллургического комплекса, характерно быстрое изменение производственной ситуации. Такое изменение может быть вызвано как горно-геологическими условиями, так и дрейфом технологических процессов в потенциально опасные для оборудования и персонала режимы работы. В свете этого становится актуальной разработка систем, обеспечивающих управление сложными технологическими объектами, как в отдельных рабочих режимах, так и во всех рабочих в нерабочих (или аномальных) режимах их функционирования. Анализ показывает, что сложность функционирования этих объектов в области нерабочих режимов резко возрастает как в связи с увеличением глубины добычи полезных ископаемых, так по причине общего ухудшения практически всех компонентом сырьевого обеспечения, преобладает неопределенность их состояния. Процесс управления становится многоцелевым, многокритериальным, многоэтапным и многовариантным.

Последние достижения. Отмеченные особенности этих объектов не позволяют разработать систему для управления ими в области нерабочих режимов функционирования на основе методов математической теории управления. Однако если учесть, что состояния (или ситуации) и база знаний об управляемом объекте и внешней среде несут достаточную информацию для принятия управляющих решений, то система, предназначенная для решения указанной задачи, может быть построена на базе методов принятия решений по текущим ситуациям. Теоретические положения этих методов в настоящее время интенсивно развиваются Д.А.Поспеловым, С.И.Клыковым и др. Учитывая, что в основе всех их заложено понятие состояния или ситуация, поэтому в работах [1-5] эти методы были названы методами ситуационного управления, а системы, построенные на их основе - системами ситуационного управления.

В настоящее время также проводятся исследования, посвященные разработке методов и систем управления, обеспечивающих управление непрерывными тех-

нологическими объектами в области нерабочих режимов их функционирования. При этом в качестве базовой структуры в системе управления предложено использовать цепочку "состояние объекта управления" - "исходная информация об объекте" - "структурирования информация об объекте" - "режим управления в нерабочей области функционирования". Такой подход обусловлен критичностью решаемой задачи управления по отношению к объемам исходной информации и тесной связью времени решения с возможностью реализации этого решения в рамках системы управления. Такой класс систем управления предложено отнести к связанным системам управления [6-8].

Постановка задач. Система связанного управления непрерывными технологическими объектами должна выполнять следующие функции: контроль и диагностику объекта, выбор целевой ситуации объекта, принятие и реализация управляющих решений. Кроме того, должна еще обеспечить корректировку исходных данных и гибкий диалог с человеком.

Изложение основного материала. Таким образом, система связанного управления, обеспечивающая выполнение перечисленных функций может иметь структуру, представленную на рисунке 1 [8].

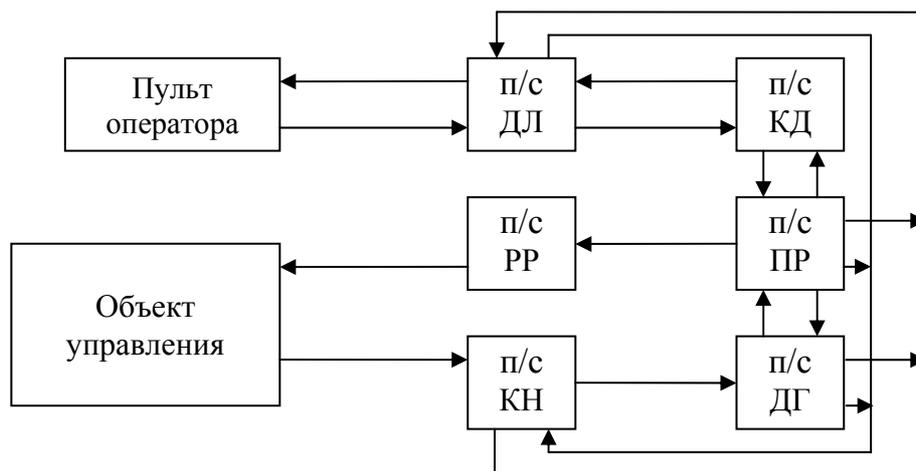


Рис. 1. Структура системы связанного управления

Подсистемы данной системы выполняют следующие функции:

Подсистема контроля (КН) проводит периодический контроль функционирования объекта управления.

Подсистема диагностики (ДГ) осуществляет диагностику текущего состояния объекта, в результате которой определяются причины возникновения нарушения в функционировании объекта. Результаты диагностики передаются подсистеме принятия решений.

Подсистема реализации решений (ПР) осуществляет реализацию тех команд $\{Z_i\}$ решения U_i , которые поддаются автоматическому выполнению исходя из динамических и технологических особенностей объекта управления.

Подсистема корректировки данных (КД) выполняет функцию корректировки исходных данных процедур принятия и реализации решений по результатам управления объектом.

Подсистема диалога (ДЛ) обеспечивает выдачу управляющих рекомендаций в удобной для восприятия человеком форме, а также диалог, который нужен и для обмена другими видами данных.

Подсистема принятия решений (ПР) выполняет следующие функции: на основе вида нарушений N_i , определенного в подсистеме диагностики и текущего состояния рабочих органов управления G_i , осуществляет выбор такой целевой ситуации S_j^H (т.е. рабочего режима) объекта, которая удовлетворяет требованиям условия задачи $Z\partial_3$; принимает такое управляющее решение U_i , которое обеспечивает перевод объекта из текущего состояния $S(t)$ в выбранную целевую ситуацию S_j^H , а также удовлетворяет требованиям условия задачи $Z\partial_4$.

В данной подсистеме происходит выбор целевой ситуации объекта и принятие управляющих решений. Каждый из этих этапов согласно разработанному методу связанного управления непрерывными технологическими объектами на основе модели знаний $MЗ_3$ [7]. реализуется отдельными алгоритмами следующим образом:

Алгоритм выбора целевой ситуации. Модель знаний $MЗ_3$ для алгоритмизации метода выбора целевой ситуации представим в виде таблицы, в которой для каждой $S_i^c \in S^c$ устанавливается соответствие вида:

$$(DK_k, S_k^e) \rightarrow S_{i_k}^{u.n} = \langle S_1^u, S_2^u, \dots, S_j^u, \dots, S_p^u \rangle, \quad (1)$$

где S_i^c - признак целевой ситуации, соответствующей текущему режиму работы объекта;

DK_k - признак диагностического класса, для которого выполняется $N_i \in DK_k$;

$S_{i_k}^{u.n}$ - признаки целевых ситуаций, которые потенциально достижимы при (S_i^c, DK_k, S_k^e) .

Потенциально достижимые ситуации в соответствии (1) расположены согласно предпочтительности целевых ситуаций в виде:

$$\dots \succ S_{j-1}^u \succ S_j^u \succ S_{j+1}^u \succ \dots$$

Описание S_k^e имеет вид: $S_k^e = \langle P_{k_1}^H, P_{k_1}^B : i = 1, m \rangle$,

где $P_{k_1}^H, P_{k_1}^B$ - граничные значения P_i в S_k^e .

Описание $S(t)$ осуществляется в виде: $S^B = \langle P_i : i = 1, m \rangle$.

Тогда классификация S^B , т.е. алгоритмическая реализация ρ_4 , осуществляется следующим образом.

Для S^B и S_k^e выполняется условие:

$$S^B \subseteq S_k^e \text{ или } \rho_3(S^B, S_k^e) \leq \overline{\rho}_3, \quad (2)$$

если имеет место $M_k \geq M' = \sum_{i=1}^m M'_i$,

где

$$M'_i = \begin{cases} 1, & \text{если } P_i \in (P_{k_i}^H, P_{k_i}^B) \\ 0, & \text{если } P_i \notin (P_{k_i}^H, P_{k_i}^B) \end{cases}$$

обычно $M' = m$.

Выполнение (2) дает основание в качестве потенциально достижимых целевых ситуаций взять $S_{i_k}^{u.n}$.

Реальная достижимость ситуации оценивается на базе второй части МЗ₃, представленной в виде таблицы соответствия:

$$S_i^u \rightarrow G_j = (\langle \alpha_{j_1}^1, \alpha_{j_2}^1, \dots, \alpha_{j_f}^1, k_{j_1} \rangle, \langle \alpha_{j_1}^2, \alpha_{j_2}^2, \dots, \alpha_{j_p}^2, k_{j_2} \rangle, \dots, \langle \alpha_{j_1}^h, \alpha_{j_2}^h, \dots, \alpha_{j_\ell}^h, k_{j_h} \rangle, \dots, \langle \alpha_{j_1}^m, \alpha_{j_2}^m, \dots, \alpha_{j_q}^m, k_{j_m} \rangle)$$

где

$$\alpha_{j_i}^h = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ый } PY \text{ } h\text{-ой группы исправен,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

k_{j_h} - минимальное количество PY h -ой группы, которые должны быть исправленными.

Если при текущем состоянии PY объекта SG_i имеет место

$$k_{j_h}^t \geq k_{j_h}, \quad h = \overline{1, m}$$

где $k_{j_h}^t = \sum_{i=1}^{\ell} \alpha_{ji}^{ht}$, α_{ji}^{ht} - состояние PY с номером i h -ой группы PY в текущем

момента времени, то предполагается, что S_j^u реально достижима.

Таким образом, из S_{ik}^u выделяется подмножество реально достижимых целевых ситуаций

$$S_{ik}^{u.1} = \{S_j^u, S_t^u, S_p^u, \dots, S_g^u\}$$

Далее среди $S_{ik}^{u.1}$ выбирается такая целевая ситуация S_i^u , для индекса которой выполняется условие:

$$j = \min(j, t, p, \dots, g). \quad (3)$$

Согласно расположению целевых ситуаций в (1) выполнение условия (3) свидетельствует, что S_j^u является наиболее предпочтительной среди $S_{ik}^{u.1}$. По-

этому S_j^u назначается новой целевой ситуацией для объекта управления.

Алгоритм принятия управляющих решений. Выбор шаблона – описание ситуации осуществляется на базе таблицы соответствия

$$S_j^y \rightarrow (SH_j, P^j), \quad j = \overline{1, n},$$

где SH_j - признак шаблона – описание ситуации в случае, если в качестве целевой ситуации выбрано S_j^y , имеет следующую матричную структуру

$$SH_j = \begin{vmatrix} x_{11} & x_{11} & x_{11} & \cdots & x_{11} & \cdots & x_{11} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{21} & \cdots & x_{2n} \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \end{vmatrix}.$$

Множество контролируемых параметров, необходимых для описания, задается в виде вектора

$$P^j = \langle P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n \rangle.$$

Заполнение свободных позиций шаблона осуществляется следующим образом:

$$SH_j(3, i) = \begin{cases} 1, & \text{если } P_i \geq P_i^B, \\ 0, & \text{если } P_i^H < P_i < P_i^B, \\ -1, & \text{если } P_i \leq P_i^B, \end{cases}$$

$$SH_j(4, i) = \begin{cases} k, & \text{если } (P_i \geq P_i^B)(\Delta P_i \in [\Delta P_{i,k-1}, \Delta P_{i,k}]) \\ 0, & \text{если } P_i^H < P_i < P_i^B, \\ h, & \text{если } (P_i \leq P_i^B)(\Delta P_i \in [\Delta P_{i,h-1}, \Delta P_{i,h}]), \end{cases}$$

где P_i - текущее значение 1-го контролируемого параметра;

$\Delta P_i = P_i^y - P_i$ - разница между целевым и текущим значениями параметра P_i ;

$[\Delta P_{i,k-1}, \Delta P_{i,k}]$ - интервал k -ого качественного значения P_i ;

$[\Delta P_{i,h-1}, \Delta P_{i,h}]$ - интервал h -ого качественного значения P_i .

В результате заполнения SH_j указанным способом он становится описанием текущего состояния объекта.

Предварительно определяется возможность принятия управляющих решений на основе соответствия: $S_j^y \rightarrow 1, \quad j = \overline{1, n}$, которое означает, что в составе МЗ₄ имеются управляющие решения, обеспечивающие период объекта в S_j^y .

Алгоритмизация классификации происходит в два этапа. На первом этапе оценивается близость S^n с описанием отдельных классов состояния S_j модели значения МЗ₄, а на втором – выделяются наиболее перспективные среди последних. Это осуществляется следующим образом.

Если для пары

$$Z = \langle S_t^u, S^n, S_j^u \rangle,$$

$$Z_i = \langle \langle S_i^c, S_i, S_i^u \rangle, \bar{U}_i \rangle$$

выполняется условие

$$(S_i^u = S_i^c) \wedge (S_j^u = S_i^u) \quad (4)$$

то расстояние S^n и S_j находится с помощью формулы:

$$\rho_{4i}(S^n, S_i) = \frac{m'}{m}, \quad (5)$$

где m - общее количество понятий в составе S_i ,

m' - количество понятий в составе S^n .

Для удобства Z назовем задачей, для которой необходимо найти решение, Z_i - обобщенно - решенной задачей, которая соответствует отдельному фрагменту модели МЗ₄.

При вычислении значения меры близости по (5) предполагается, что все понятия сравниваемых ситуаций равнозначны.

Далее выделяется множество Z_I , для элементов, $\forall Z_i \in Z_I$ которого выполняется условие (4) и $\rho_{4i}(S^n, S_i) \geq \bar{\rho}_4$.

Составляется список перспективных обобщенно - решенных задач

$$Z' = (Z_\ell, Z_\kappa, \dots, Z_h, \dots, Z_p) \quad (6)$$

и их мере близости с текущей задачей Z , которая определяется по формуле (5) и представляется в виде:

$$\rho = (\rho_{3\ell}, \rho_{3\kappa}, \dots, \rho_{3h}, \dots, \rho_{3p}).$$

На втором этапе из списка (6) выделяется такая $Z_i \in Z'$, для которой имеет место:

$$\rho_{3i}(S^n, S_i) = \max(\rho_{3\ell}, \rho_{3\kappa}, \dots, \rho_{3h}, \dots, \rho_{3p}),$$

и принимается решение о том, что

$$Z \subseteq Z_i \quad (7)$$

Сравнение описаний понятия классифицируемых ситуаций осуществляется следующим образом.

Если для понятий

$$X_i \in S_i,$$

$$X_i \in S_h,$$

имеющих структуру

$$X_i = \langle x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \rangle$$

$$X_i = \langle x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \rangle,$$

выполняются условия

$$x_1 = x_1, x_3 \subseteq x_3, \quad x_2 = x_2, \quad x_4 \subseteq x_4,$$

то считается, что

$$x_i \subseteq x_i$$

Признаки x_3, x_4 понятия X_i могут иметь как одно значение:

$$x_3 = x_{3k}, \quad k = \{0, 1, 2\}, \quad x_4 = x_{4h}, \quad h = \{0, 1, 2, \dots, \ell\}.$$

так и ряд значений

$$x_3 = V_k x_{3k},$$

$$x_4 = V_h x_{4h},$$

Обобщенная ситуация S_h задается в виде матрицы $S_h(m, n)$, i -ый столбец которой соответствует i -му понятию

$$X_i = (S_h(1, i), S_h(2, i), \dots, S_h(\ell, i), \dots, S_h(m, i))^T,$$

где $S_h(1, i) = x_{11}$, $S_h(2, i) = x_{2i}$; $S_h(3, i)$, $S_h(3, i)$, $S_h(6, i)$, - являются позициями для значений признаков состояния x_{30} , x_{31} , x_{32} , x_{40} ;

$S_h(7, i) - S_h(7 + p, i)$ - соответствуют позициям для значений x_{41} , x_{42}, \dots, x_{4p} состояния x_{31} ;

$S_h(8 + p, i) - S_h(8 + p + g, i)$ - соответствуют позициям для значений x_{41} , x_{42}, \dots, x_{4g} состояния x_{32} ;

$$m = 7 + p + g, t = 7 + p.$$

Сравнение описаний S^n , S_h осуществляется по отдельным понятиям следующим образом.

Если для понятий

$$X_i = (S^n(1, i), S^n(2, i), S^n(3, i), S^n(4, i))^T,$$

$$X_i = (S_h(1, i), S_h(2, i), \dots, S_h(m, i))^T,$$

выполняются условия

$$\begin{aligned} & (S^n(1, i) = S_h(1, i)) (S^n(2, i) = S_h(2, i)) \\ & [(S^n(3, i) = S_h(3, i)) \wedge (S^n(4, i) = S_h(6, i))] \wedge \\ & \{ (S^n(3, i) = S_h(4, i)) \wedge [(S^n(4, i) = S_h(7, i)) \wedge \\ & (S^n(4, i) = S_h(8, i)) \wedge \dots \wedge (S^n(4, i) = S_h(t, i))] \} \wedge \\ & \{ (S^n(3, i) = S_h(5, i)) \wedge [(S^n(4, i) = S_h(t+1, i)) \wedge \\ & (S^n(4, i) = S_h(t+2, i)) \wedge \dots \wedge (S^n(4, i) = S_h(m, i))] \} \end{aligned}$$

то считается, что $x_i \subseteq x_i$.

После нахождения обобщенно - решенной задачи Z_h , для которой выполняется условие (7), множества альтернативных решений

$$\overline{U}_h = (U_{h_1}, U_{h_2}, \dots, U_{h_j}, \dots, U_{h_p})$$

назначаются альтернативными или допустимыми решениями для текущей задачи 3. Далее выбор наиболее предпочтительного (U_i) среди них осуществляется согласно способу, изложенному в [6]. А именно, выбор такого управляющего решения $U_i \in U_1^P$, для индекса которого выполняется условие

$$i = \min \{I\}, \quad (8)$$

где $I = \{1, n, q, \dots, k, \dots\}$ индексы элементов U_1^P .

Управляющее решение U_i для которого выполняется условие (8) является наиболее предпочтительным среди элементов U_1^P и максимально удовлетворяет требованиям в задаче 3.

Выбранное управляющее решение U_i является единственно наиболее предпочтительным среди U_1^P .

Выводы

1. Алгоритмическая структура процессов выбора целевой ситуации и принятия управляющих решений идентичны и состоят из этапов: выделение реально достижимых целевых ситуаций среди потенциально достижимых (реализуемых управляющих решений среди допустимых) и принятия наиболее предпочтительной целевой ситуации (управляющего решения) среди выделенных.

2. Разработанные алгоритмы просты для реализации на алгоритмических языках существующих вычислительных машин. Данные, т.е. модели знаний об объекте, необходимые для работы алгоритмов, представлены в виде совокупности двух- и одномерных массивов.

Литература

1. Силаев В.И. Перспективные направления совершенствования аппаратуры автоматизации подземного оборудования // Уголь Украины. – 1994.- № 11.- С. 15-18.
2. Слесарев В.В. Проблемы разработки программно-аппаратных комплексов для управления энергоёмкими процессами в горной промышленности // Техническая электродинамика.- 1994.-№3.- С. 67-71.
3. Общесистемное проектирование АСУ реального времени. Под ред. Сапина В.А. - М.: Радио и связь, 1984 г.
4. Балашов Е.П., Пузанков Д.В. Проектирование информационно-управляющих систем. - М.: Радио и связь, 1987. - 255с.
5. Булат А.Ф. и др. Многокритериальная экспертная оценка альтернативных вариантов технических решений. //Уголь Украины.-1998. - № 2. - С.3-4.
6. Слесарев В.В., Козырь С.В.Свойства непрерывных технологических объектов в области нерабочих режимов функционирования//Национальная горная академия Украины.-Днепропетровск: РИК НГА Украины.-2002.-№13.Т.1 .-С.170-173
7. Слесарев В.В., Козырь С.В.Управление непрерывными технологическими объектами на основе модели знаний//Национальный горный университет. Сборник научных трудов.-Днепропетровск:РИК НГУ.-2002.-№15.Т.1 .-С.19-24
8. Козырь С.В., Слесарев В.В. Функциональная структура системы связанного управления непрерывными технологическими объектами//Сборник трудов ЛОМАИ Украины.-2007.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Кузнецовым Г.В.
Поступила в редакцию 04.05.07*

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОЛЬНОГОРСКОГО ГМК

Разработана информационная подсистема мониторинга работы горного производства которая интегрирована с программно-аппаратным комплексом системы диспетчеризации горно-транспортного оборудования на карьерах Вольногорского ГМК.

Розроблено інформаційну підсистему моніторингу роботи гірничого виробництва яка інтегрована із програмно-апаратним комплексом системи диспетчеризації гірничо-транспортного встаткування на кар'єрах Вільногірського ГМК.

The information subsystem monitoring of the work mining manufacture which is integrated with a hardware-software complex system of the scheduling the mining-transport equipment on the open-pit Volnogorsk GMK is developed.

В соответствии с постановлением КМУ от 18.12.2001г. №1702 «Про затвердження Порядку формування та виконання галузевої програми і проекту інформатизації» одним из основных направлений является информатизация производственных процессов и технологий в различных отраслях промышленности страны. В этой связи разработка информационной подсистемы мониторинга работы горного производства на карьерах по добыче руд является весьма актуальной и направлена на обеспечение оперативного контроля за производственными процессами и технологиями комплексного использования природных ресурсов.

Стабильная работа горно-металлургических предприятий по добыче и переработке россыпных титано-циркониевых руд в большой степени зависит от эффективности использования оборудования и оперативности управления горно-технологическими работами, что требует разработки и внедрения систем автоматизации рабочего места диспетчера горного производства. В 2006 году на ВГМК внедрена и в настоящее время продолжает расширяться система диспетчеризации, оперативного контроля и управления горнотранспортным оборудованием на карьерах. В этой связи одной из актуальных научных задач является автоматизация учета выполненных горных работ.

Цель исследований - разработка информационной подсистемы мониторинга работы горного производства на карьере.

Задачей исследований ставилось создание программного обеспечения по формированию и анализу баз данных для мониторинга работы горного производства.

Учитывая характер задач решаемых инженерно-технической службой комбината, горным мастером и диспетчером на карьере, процесс мониторинга работы горного производства был рассмотрен как система организационного управления. Автоматизация такой системы предполагает использование авто-

матризованного рабочего места горного диспетчера с организацией баз данных и текущих отчетов по следующим объектам производства:

- текущий отчет по фактическим и плановым объемам добычи горной массы горного производства;
- суточный рапорт диспетчера по фактическим и плановым объемам добычи горной массы;
- отчет о времени работы, времени и причинах простоев, о производительности технологического оборудования горного производства;
- суточный рапорт диспетчера по объемам перевезенной горной массы автотранспортом и автоскреперами горного производства;
- суточный рапорт диспетчера по объемам горной массы, времени и причин простоев вскрышных комплексов горного производства

Разработанная база данных «Рапорт диспетчера» приведена на рис.1 и предназначена для непрерывного отчета и контроля за объемами добытой горной массы, времени работы, простоев и производительности технологического оборудования горного производства, интеграции с ранее разработанным программно-аппаратным комплексом системы диспетчеризации горно-транспортного оборудования.



Рис.1. База данных «Рапорт диспетчера»

На рис.2 приведена диаграмма зависимостей между сущностями базы данных «Рапорт диспетчера», на рис. 3 диаграмма прецедентов системы «Рапорт диспетчера» а на рис. 4 диаграмма потоков данных в системе «Суточный рапорт диспетчера».

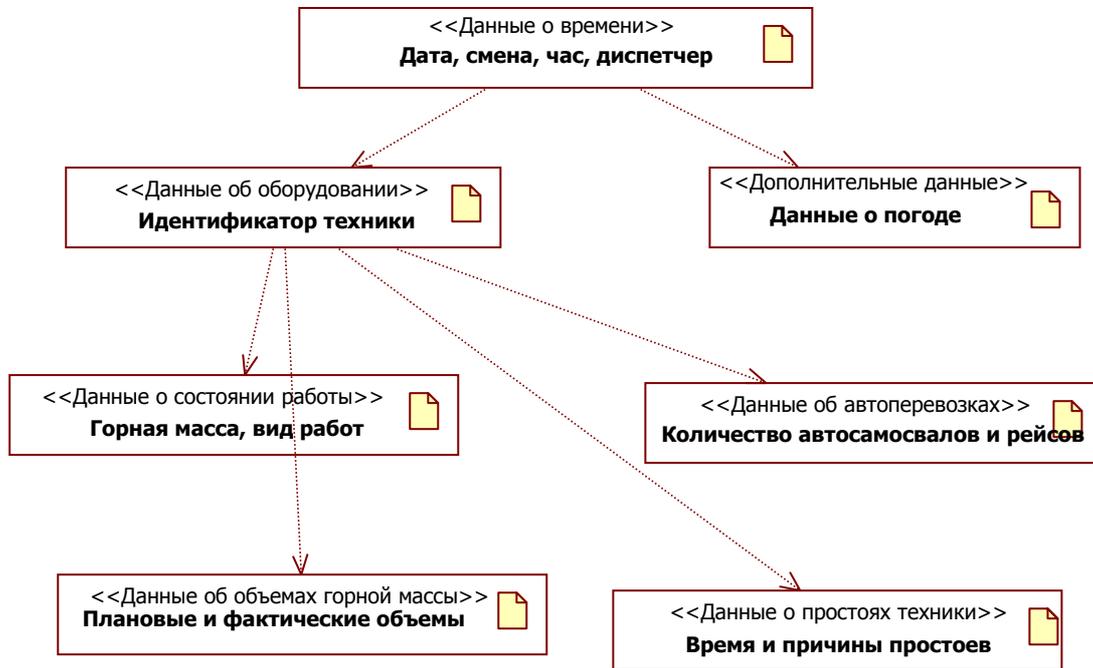


Рис. 2. Диаграмма зависимостей между сущностями базы данных «Рапорт»

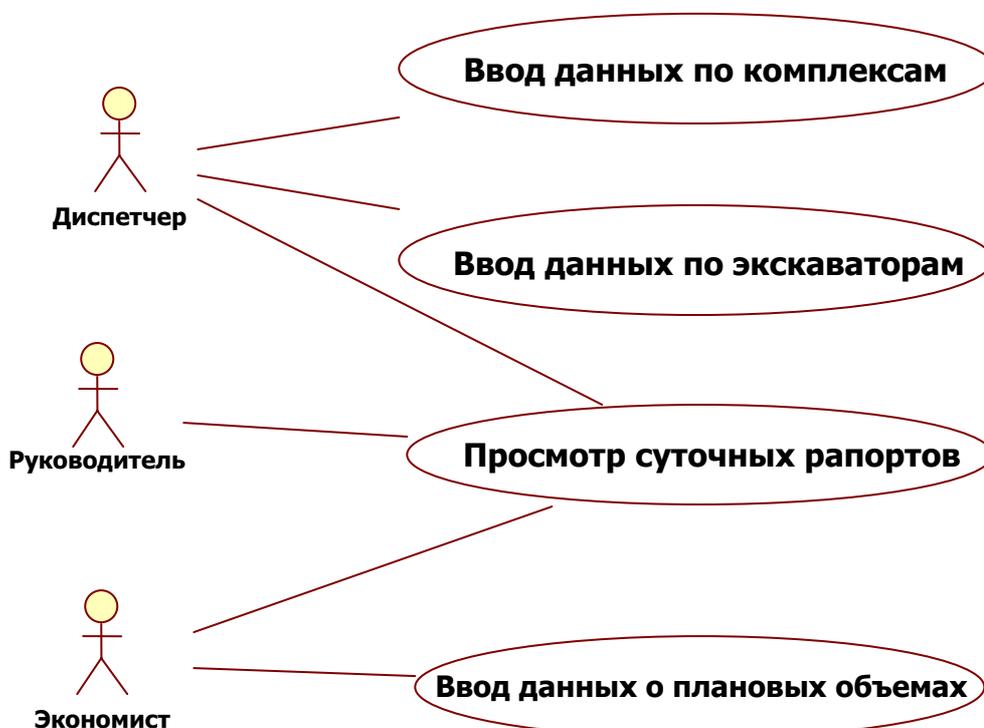


Рис. 3. Диаграмма прецедентов системы «Рапорт диспетчера»



Рис. 4. Диаграмма потоков данных в системе «Суточный рапорт диспетчера»

При эксплуатации базы данных ввод информации по роторным комплексам диспетчером производится 1 раз в час, а по остальному горному оборудованию в конце каждой смены. Накапливаемая информация выводится на печать в виде заданных форм отчетов о работе горного производства. Создана возможность вывода всех таблиц одновременно на экран монитора для просмотра. Разработана инструкция по установке и работе программы.

Программное обеспечение построено таким образом, что каждый модуль программы используется удаленно в пределах локальной сети комбината. Например, основная программа ввода фактических данных по оборудованию используется на рабочем месте диспетчера, программа ввода плановых объемов находится в экономическом отделе, а модуль просмотра суточных отчетов может быть установлен в любом месте внутри локальной сети. Это позволяет оперативно вводить данные и получать информацию за любой период времени.

Получение информации о работе оборудования осуществляется с помощью программы формирования отчетов. В отчетах информация представлена в виде суточных рапортов по добыче руды, выработке вскрыши и т.д., сформированных на основе рабочей документации, требований отделов и специалистов комбината.

На рис. 5, рис. 6 и рис. 7 приведены примеры рабочей и отчетной документации, полученные при внедрении и эксплуатации разработанной информационной подсистемы мониторинга работы горного производства на карьерах Вольногорского ГМК.

Суточный рапорт диспетчера

Отчеты

Шаг 1 - Выберите диспетчера, дату и смену
 Диспетчер:
 Дата:
 Смена:

Шаг 2 - Выберите массу и вид работ
 Масса:
 Вид работ:

Шаг 3 - Выберите технику
 НКМЗ
 ТК-2
 ЭКГ-8и 28
 ЭКГ-8и 29
 ЭКГ-10 30
 ЭКГ-10 31
 ЭКГ-10 32
ЭШ-6/45 1
 ЭШ-6/45 2
 ЭШ-6/45 3
 ЭШ-10/50 2
 ЭШ-10/50 4
 ЭШ-10/70 3
 ЭШ-10/70 5
 ЭШ-10/70 6
 Автоскрепера

Выполните последовательно шаги 1-10

Шаг 4 - Выберите час
 Час:

Шаг 5 - Количество Белазов
 Заказ:
 Факт:

Шаг 6 - Объем горной массы
 Введите кол-во рейсов и выберите категорию грунта
 Полных:
 Обкаточных:
 Категория грунта:
 Или введите объем:

Шаг 7 - Простой
 Введите время и причину простоя
 Время простоя: час мин
 Причина простоя:
 Описание:
 Или выберите одну из этих причин:

Шаг 8 - Погода
 Температура:
 Осадки:

Шаг 9 - Проверьте данные за смену:

Час	Рейсы	Объем	Простой	Причина простоя
22	0	0	1:00	Обед
3	0	0	1:20	ЕТО
9	218	3226	0:40	ПЗО

Количество Белазов: 12
 Количество рейсов: 602
 Время работы: 37:10
 Объем: 20353

Здесь собраны данные, введенные вами за смену. Проверьте их правильность, и, при необходимости, откорректируйте. Чтобы откорректировать, выберите час (Шаг 4), и измените данные (Шаги 5-8)

Шаг 10 - Обязательно сохраните!!!

Рис. 5. Суточный рапорт диспетчера

Плановые объемы

Шаг 1 - Выбор техники
 НКМЗ
 ТК-2
 ЭКГ-8и 28
 ЭКГ-8и 29
 ЭКГ-10 30
 ЭКГ-10 31
 ЭКГ-10 32
ЭШ-6/45 1
 ЭШ-6/45 2
 ЭШ-6/45 3
 ЭШ-10/50 2
 ЭШ-10/50 4
 ЭШ-10/70 3
 ЭШ-10/70 5
 ЭШ-10/70 6
 Автоскрепера

Шаг 2 - Выбор горной массы и вида работ
 Масса:
 Вид работ:

Шаг 3 - Плановые объемы (планирование)
 Заполните план на месяц и количество дней работы, при этом план на сутки рассчитывается автоматически. После нажатия кнопки "Заполнить все дни месяца" каждый день выбранного месяца заполнится этим значением.
 План на месяц:
 План на каждые сутки:
 Количество дней:

Шаг 4 - Корректировка объемов
 Выбирая дату и устанавливая суточные объемы, добейтесь равенства полей "План на месяц" и "Объем на месяц"
 Плановые объемы (корректировка)
 Суточный план:
 С начала месяца:
 Объем на месяц:

Травень 2007 г.

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
30	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

Сьогодні: 21.06.2007

Рис. 6. Отчет о плановых объемах добычи руды

Работа комплексов ТК-2 и НКМЗ
за 15.05.2007

1 смена				2 смена				итого	
часы	объем, м ³	время простоя	причина	часы	объем, м ³	время простоя	причина	объем, м ³	время простоя
КОМПЛЕКС НКМЗ				КОМПЛЕКС НКМЗ					
горный мастер				горный мастер					
21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	300	0:45	Шагание ЗР	9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	1250	0:10	технологическая(ТО)	1550	0:55
23 ⁰⁰	2000	0:00		11 ⁰⁰	1700	0:20	технологическая(ТО)	3700	0:20
0 ⁰⁰	1700	0:00		12 ⁰⁰	1900	0:00		3600	0:00
1 ⁰⁰	1900	0:00		13 ⁰⁰	2450	0:00		4350	0:00
2 ⁰⁰	1700	0:00		14 ⁰⁰	1050	0:20	технологическая(шагание ЭРШР)	2750	0:20
3 ⁰⁰	1050	0:20	шагание ЭРШР	15 ⁰⁰	1750	0:10	технологическая(шагание ЭРШР)	2800	0:30
4 ⁰⁰	1750	0:00		16 ⁰⁰	1000	0:20	технологическая(Шагание ЗР)	2750	0:20
5 ⁰⁰	1800	0:00		17 ⁰⁰	2650	0:00		4450	0:00
6 ⁰⁰	1100	0:20	шагание ЭРШР	18 ⁰⁰	2800	0:00		3900	0:20
7 ⁰⁰	1850	0:00		19 ⁰⁰	0	1:00	электрическая(Зам.дв.наприв.в.верхн.воронке)	1850	1:00
8 ⁰⁰	2250	0:00		20 ⁰⁰	0	0:00	электрическая(Зам.дв.наприв.в.верхн.воронке)	2250	0:00
9 ⁰⁰	0	1:00	чистка комплекса	21 ⁰⁰	0	1:00	электрическая(Зам.дв.наприв.в.верхн.воронке)	0	2:00
за смену	17400	2:25		за смену	16550	3:20		33950	5:45
КОМПЛЕКС ТК-2				КОМПЛЕКС ТК-2					
горный мастер				горный мастер					
21 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	0	1:00	зам.ролика на самоцен.кон.ре	9 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	1000	0:20	технологическая(ТО)	1000	1:20
23 ⁰⁰	1250	0:10	зам.ролика на самоцен.кон.ре	11 ⁰⁰	1500	0:00		2750	0:10
0 ⁰⁰	1250	0:10	Шагание КУ -800	12 ⁰⁰	1500	0:00		2750	0:10
1 ⁰⁰	1500	0:00		13 ⁰⁰	750	0:30	технологическая(Шагание КУ -800)	2250	0:30
2 ⁰⁰	1500	0:00		14 ⁰⁰	750	0:30	механическая(Клётка ленты 7 конв -ра)	2250	0:30
3 ⁰⁰	1500	0:00		15 ⁰⁰	1500	0:00		3000	0:00
4 ⁰⁰	1500	0:00		16 ⁰⁰	750	0:30	электрическая(отс.запуска переднего к-ра на	2250	0:30
5 ⁰⁰	1500	0:00		17 ⁰⁰	500	0:40	электрическая(отс.запуска переднего к-ра на	2000	0:40
6 ⁰⁰	1500	0:00		18 ⁰⁰	1500	0:00		3000	0:00
7 ⁰⁰	1250	0:10	Шагание КУ -800	19 ⁰⁰	1250	0:10	технологическая(Шагание КУ -800)	2500	0:20
8 ⁰⁰	1500	0:00		20 ⁰⁰	1500	0:00		3000	0:00
9 ⁰⁰	1500	0:00		21 ⁰⁰	1000	0:20	технологическая(Шагание ЗР)	2500	0:20
за смену	15750	1:30		за смену	13500	3:00		29250	4:30

Смену принял Смену сдал Смену принял Смену сдал

инженер-технолог
начальник смены

Предварительный просмотр: страница 1 из 1 CAPS_NUM

Рис. 7. Отчет о фактических объемах добычи вскрыши на карьерах комплексами ТК-2 и НКМЗ

Выводы:

- создано и внедрено программное обеспечение по формированию и анализу баз данных для мониторинга работы горного производства, обеспечивающее ввод данных по выработанным объемам горной массы, времени работы и простоев оборудования, причинам простоев, погодным условиям и другой информации, которую получает диспетчер на рабочем месте;
- разработана программа для экономического отдела горного производства, позволяющая оперативно вводить и корректировать данные о планируемых объемах добываемой горной массы в реальном масштабе времени;
- разработанная информационная подсистема мониторинга работы горного производства интегрирована с программно-аппаратным комплексом системы диспетчеризации горно-транспортного оборудования на карьерах Вольногорского ГМК и позволяет вести непрерывный отчет и контроль за объемами добытой горной массы, временем работы, простоев и производительностью технологического оборудования горного производства.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Симоненко В.И.
Поступила в редакцию 30.05.07*

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА АНОМАЛЬНЫХ ОШИБОК ФАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Представлено программное обеспечение для определения, локализации и исправления аномальных ошибок, обусловленных перескоками фазы, применительно к измерениям с неподвижных наземных пунктов при использовании GPS/ГЛОНАСС систем.

Представлено програмне забезпечення для визначення, локалізації і виправлення аномальних помилок, обумовлених перескоками фази, стосовно до вимірів з нерухомих наземних пунктів при використанні GPS/ГЛОНАСС систем.

Software for finding, localization and correction of anomalous inaccuracies, that are conditioned by phase jumps for measurements from overland points using GPS systems are introduced.

Последнее время все большее распространение получают глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС): GPS, ГЛОНАСС и в ближайшей перспективе - GALILEO. Для удовлетворения современным требованиям по точности и надежности навигационных определений в мире уже функционирует целый ряд дифференциальных дополнений. Современные аппаратно-программные комплексы с возможностью обработки фазовых наблюдений позволяют достичь дециметровой, сантиметровой и даже миллиметровой точности, что дает возможность выполнять геодезические, геодинамические и другие работы.

Одним из важнейших вопросов при обеспечении высокоточных достоверных координатных ГНСС-определений является контроль качества первичной измерительной информации GPS/ГЛОНАСС-приемников и эфемеридной информации навигационных спутников на этапе предварительной обработки наблюдений.

В состав задач контроля качества первичной измерительной информации приемников входит обнаружение и устранение влияния внешних факторов (воздействия промышленных или преднамеренных электромагнитных помех и других факторов). Также требуется учитывать особенности работы ГНСС-приемников различных типов и производителей. Важнейшую роль при обработке наблюдений современных дифференциальных подсистем играют фазовые наблюдения. От надежности обработки именно этих наблюдений на всех этапах обработки зависит успешность не только дальнейшего контроля качества по критериям уровня многолучевости кодовых наблюдений, измерительных шумов, отбраковка аномальных выбросов, но и качества определения местоположения. Решение подобных задач для режима послесеансной обработки и режима реального времени имеет свои особенности [1]. Таким образом методика обнаружения, локализации и исправления аномальных ошибок, обусловленными перескоками фазы, применительно к измерениям с неподвижных наземных пунктов и разработка программного обеспечения для ее реализации в настоящее время является важной научно-практической задачей.

На практике аномальные ошибки фазовых измерений обусловлены кратковременными сбоями сопровождения сигналов по фазе в контуре фазовой автоматической подстройкой частоты (ФАПЧ). Подобные сбои наблюдаются достаточно часто и с ними необходимо считаться. После таких сбоев (а также после первоначального захвата сигнала) возможны случаи устойчивого сопровождения сигнала в контуре ФАПЧ при противофазном состоянии местного и принимаемого сигналов, так что наряду с перескоками фазы на целое число периодов возможны и перескоки на нечетное число полупериодов.

Целью данного исследования является рассмотрение перспективных методов расчета и исправления аномальных ошибок фазовых измерений и разработка программного обеспечения для определения, локализации и исправления аномальных ошибок, обусловленных перескоками фазы, применительно к измерениям с неподвижных наземных пунктов.

В задачи исследования ставилось:

- выполнить анализ существующих методик определения, локализации и исправления аномальных ошибок, обусловленных перескоками фазы при фазовых измерениях;

- разработать алгоритм расчета и исправления погрешностей измерений, обусловленных аномальными ошибками фазовых измерений;

- разработать программное обеспечение для реализации разработанного алгоритма расчета и исправления погрешностей фазовых измерений.

Анализ существующих методик расчета аномальных ошибок фазовых измерений показал, что наиболее перспективной, по нашему мнению, является методика, представленная в работе [2]. Предлагается весьма эффективная методика для обнаружения, локализации и исправления аномальных ошибок, обусловленных перескоками фазы, применительно к измерениям с неподвижных наземных пунктов.

В общем виде расчет и исправление аномальных ошибок фазовых измерений при использовании данной методики можно представить в 4 этапа.

На первом этапе расчета производится обнаружение состояний контура ФАПЧ, отвечающих противофазному сопровождению сигнала, и соответствующая коррекция фазы сигнала промежуточной частоты и псевдодоплеровского смещения. Факт противофазного сопровождения сигнала в данном канале может устанавливаться по смене всех символов кода, передающего метку времени, на обратные значения. Признаки режимов сопровождения — режим синфазного сопровождения (РСС) и режим противофазного сопровождения (РПС) — вырабатываются приемником в моменты приема меток времени (двухсекундных для "ГЛОНАСС" и шестисекундных для "НАВСТАР") и относятся к моменту приема этих меток [2]. Процедура исправления значений фазы сводится к следующему. Если на обеих границах данного двухсекундного (шестисекундного) интервала имеют место признаки "РСС", то значения фазы на всем этом интервале не исправляются. Если на обеих границах вырабатывается признак "РПС", то все отсчеты фазы на интервале противофазного сопровождения корректируются на половину периода (знак этой коррекции не имеет значения, она преследует цель не исправления ошибки, а лишь обеспечения ее кратности периоду). Если же

признаки на границах данного интервала различны, то исправляется на половину периода фаза на той границе, которой отвечает признак "РПС", а вопрос о типе сопровождения внутри этого интервала остается пока открытым.

На втором этапе на каждом секундном интервале (кроме интервалов между метками времени, давшими противоположные признаки режимов сопровождения) производится проверка на отсутствие перескоков фазы на целое число периодов с использованием следующего критерия:

$$\left| \Delta\Phi^{(l)}_k + \frac{\dot{R}^{(l)}_{\text{эф}k}}{\lambda_k} - \left(\Delta\Phi^{(l)}_j + \frac{\dot{R}^{(l)}_{\text{эф}j}}{\lambda_j} \right) \right| < \Delta \quad (1)$$

где $\Delta\Phi^{(l)}_k, \Delta\Phi^{(l)}_j$ — измеренные значения приращения полной фазы "доплеровского" смещения (в периодах) за 1-ю секунду в k-том и j-том каналах данного приемника (с учетом коррекции фазы согласно первому этапу расчета);

$\dot{R}^{(l)}_{\text{эф}j} = (\bar{v}^{(l)}_{\text{эф}}, \bar{n}^{(l)}_j)$ — значение радиальной скорости для середины 1-той секунды, полученное с использованием эфемеридной информации, априорной информации о координатах опорного пункта и результатов дифференциальных навигационных определений по кодовым измерениям;

$\bar{v}^{(l)}_{\text{эф}}$ — эфемеридные данные о скорости j-го спутника на середину m-ной секунды в гринвичской системе координат;

$\bar{n}^{(l)}_j$ — орт направления с данного пункта на j-й спутник на тот же момент времени.

Критерий (1) приведен применительно к случаю секундного интервала между отсчетами, но он без труда распространяется и на любой другой интервал. Критерий основывается на том, что при нормальных измерениях расхождение значений радиальной псевдоскорости $\dot{S}^{(l)}_j = -\lambda_j \Delta\Phi^{(l)}_j$ и радиальной скоростью $\dot{R}^{(l)}_{\text{эф}j}$ одинаково для всех каналов данного приемника с точностью до нормальных погрешностей измерений и погрешностей эфемеридной информации и информации о координатах пунктов. Отклонение левой части критерия (1) от нуля будет определяться погрешностью фазовых измерений и погрешностями оценки значений $\dot{R}^{(l)}_{\text{эф}j}$ и $\dot{R}^{(l)}_{\text{эф}k}$. Последние будут практически определяться только погрешностью определения направлений ортов $\bar{n}^{(l)}_j$ и $\bar{n}^{(l)}_k$ (ошибки эфемеридных данных о скорости спутника не превышают нескольких мм/с).

Критерий (1) обладает весьма высокой надежностью обнаружения сбоев фазовых измерений в одном из каналов сравниваемой пары каналов. Естественно, что помимо критерия (1), для выявления случаев перескока фазы должно использоваться и отсутствие признака "захват", поступающего из приемника.

На третьем этапе расчета локализация канала, в котором имел место перескок фазы на данном секундном интервале, осуществляется в процессе проверки по критерию (1) путем перебора различных пар каналов до выделения пары, удовлетворяющей ему (чаще всего это произойдет с первой попытки, поскольку перескок фазы относительно редкое явление).

На четвертом этапе расчета производится исправление аномальных ошибок фазовых измерений, которое сводится к следующему.

Если на момент n -го отсчета в данном канале восстановилось нормальное сопровождение сигнала по фазе несущей (критерий (1) вновь удовлетворяется, от приемника снова поступают признаки "Захват"), то для "грубого" исправления аномальной ошибки фазовых измерений в этом канале, накопившейся за время фазовых измерений, можно воспользоваться следующей формулой:

$$\Phi_{nd_{ik}}^{(ep)}(t^{(n)}_i) = \Phi_{nd_{ik}}(t^{(m-1)}_i) - \sum_{l=m}^n \frac{\dot{R}^{(l)}_{\varphi k} + \Delta \dot{S}^{(l)}_i}{\lambda_k} \quad (2)$$

где индексы m и n отвечают первому, подверженному сбоям измерений, и первому после восстановления нормального сопровождения сигнала секундным интервалам;

$\Phi_{nd_{ik}}(t^{(m-1)}_i)$ — достоверное значение полной фазы "доплеровского" смещения перед сбоем измерений;

$$\Delta \dot{S}^{(l)}_i = \frac{1}{N-1} \sum_{\substack{j=1 \\ (j \neq k)}}^N (\dot{S}^{(l)}_{ij} - \dot{R}^{(l)}_{\varphi j})$$

$\dot{S}^{(l)}_{ij}$ — измеренные значения радиальной псевдоскорости на l -м секундном интервале в нормально работающих каналах i -го пункта.

Погрешность оценки относительных координат пунктов по кодовым измерениям с использованием дифференциальных навигационных определений с учетом отбраковки грубых аномальных оценок и осреднения по достаточно большому числу измерений будет того же порядка, что и погрешность априорной информации о координатах опорного пункта.

Наличие достоверных (хотя бы и "грубых", определяемых по формуле (2)) значений приращений полной фазы "доплеровского" смещения создает в свою очередь возможности для достоверного обнаружения и исправления аномальных ошибок кодовых измерений псевдодальности [3].

В настоящее время не существует специализированных приложений реализующих данную методику контроля, локализации и исправления аномальных ошибок фазовых измерений, обусловленными перескоками фазы, применительно к измерениям с неподвижных наземных пунктов. Представленное нами программное обеспечение дает возможность проанализировать эффективность использования данной методики контроля аномальных ошибок фазовых измерений.

На рис.1 представлен пользовательский интерфейс программы контроля, локализации и исправления аномальных ошибок фазовых измерений, обусловленными перескоками фазы. В таблицу, расположенную в главном окне программы, пользователем заносятся значения измерений, рассчитанные приемником информации на l -ой секунде отсчета.

Расчет аномальных погрешностей фазовых измерений

Информация канала J

Значение фазы доплеровского смещения:

Длина волны несущей диапазона:

Радиальная скорость середины l-ой секунды:

Узф - скорость спутника в середине l-ой секунды:

Угол 'Альфа' орты:

Угол 'Бета' орты:

Угол 'Гамма' орты:

Информация канала K

Значение фазы доплеровского смещения:

Длина волны несущей диапазона:

Радиальная скорость середины l-ой секунды:

Узф - скорость спутника в середине l-ой секунды:

Угол 'Альфа' орты:

Угол 'Бета' орты:

Угол 'Гамма' орты:

Макс. расхождение угла:

Макс. расхождение радиальной скорости:

Макс. расхождение псевдоскорости:

Сек.	J. фаза	J. Длин.	J. Скор.	J. Орт. X	J. Орт. Y	J. Орт. Z	K. фаза	K. Длин.	K. Скор.	K. Орт. X	K. Орт. Y	K. Орт. Z	J. Псевд.	K. Псевд.
9	54	433	299016	10	16	28	53	32	299011	12	24	28	0	-640
10	65	23	299016	10	16	28	23	657	299011	12	24	28	-253	19710
11	34	23	299016	10	16	28	55	23	299011	12	24	28	713	-736
12	34	23	299016	10	16	28	34	23	299011	10	16	28	0	483

Исправленное значение полной фазы доплеровского смещения:

Рис. 1. Пользовательский интерфейс программы расчета аномальных ошибок фазовых измерений

Элементы управления состоят из полей ввода:

Для канала J:

«Значение фазы доплеровского смещения» - в поле заноситься значение полной фазы доплеровского смещения.

«Длина волны несущей диапазона» - длина волны несущей диапазона канала J.

«Узф – скорость спутника в середине l-ой секунды» - скорость спутника в середине J секунды в гринвичской системе координат.

«Угол ‘Альфа’ орты» - угол альфа орты направления с пункта на данный спутник в гринвичской системе координат.

«Угол ‘Бета’ орты» угол бета орты направления с пункта на данный спутник в гринвичской системе координат.

«Угол ‘Гамма’ орты» угол гамма орты направления с пункта на данный спутник в гринвичской системе координат.

Для канала K:

То же что и для канала J.

«Макс. Расхождение угла» - максимально допустимое отклонение $eukf$ орты направления с пункта на спутник угла в обоих каналах.

«Макс. расхождение радиальной скорости» - расхождение скорости спутника в разных каналах.

«Макс. Расхождение псевдоскорости» - расхождение измеренного значения радиальной псевдоскорости.

Исправленное значение полной фазы доплеровского смещения рассчитывается автоматически по мере внесения данных в таблицу приложения.

При недостаточной избыточности навигационных спутников использование процедуры восстановления значений полной фазы "доплеровского" смещения после возобновления нормального сопровождения сигнала становится особо актуальным. Без особого ущерба можно ограничиться достоверным обнаружением аномальной ошибки с идентификацией канала, в котором она имела место, а в уравнении, включающем измерения по данному каналу, использовать достоверное значение дольной фазы на момент первого отсчета после возобновления нормального сопровождения сигнала по фазе, вводя в уравнение (3) новое (неизвестное) значение неопределенного целочисленного параметра [2].

Таким образом, используя разработанное программное обеспечение можно определить и исправить аномальные ошибки, обусловленные перескоками фазы, применительно к измерениям с неподвижных наземных пунктов, с большей точностью, что позволяет повысить точность определения координат используя GPS измерения с несколькими каналами.

Литература

1. А.А.Жалило Мониторинг геометрической конфигурации многобазисной сети широкозонной дифференциальной подсистемы космических навигационных систем NAVSTAR и ГЛОНАСС, "Космічна наука та технологія" НКА і НАН України.- Т. 5.- №1.- 1999.- С. 59-68.
2. Липкин И.А.Спутниковые навигационные системы.- М.: Вузовская книга, 2001.- С. 132-141.
3. Шелковенков Д.А. О контроле качества двухчастотных GPS-наблюдений на этапе предварительной обработки //«Современные информационные и электронные технологии», Одесса, Одесский национальный политехнический университет, 2006.- Т. 1 – С. 8-11.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зборовским А.В.
Поступила в редакцию 21.05.07*

УДК /622.4:622.82/ 658.5 – 52

© В.В. Слесарев, А.Н. Коваленко, А.М. Алексеев

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ШАХТАХ

Специальное математическое и программное обеспечение подсистем принятия решений при ликвидации последствий аварий на шахтах, составления и ввода в действие оперативной части планов ликвидации аварий (ПЛА), управления вентиляционными системами в нормальных и аварийных условиях эксплуатации шахт.

Спеціальне математичне і програмне забезпечення підсистем прийняття рішень при ліквідації наслідків аварій на шахтах, складання та вводу в дію оперативної частини планів ліквідації аварій (ПЛА), управління вентиляційними системами в нормальних та аварійних умовах експлуатації шахт .

It is developed special mathematical and the software, subsystems of decision-making at liquidation of consequences of failures on mines of folding and commissioning of an operative part of plans of liquidation of failures PLC managements of ventilating systems in normal and emergencies of operation of mines.

Вступление. Для повышения уровня безопасности труда на угольных шахтах Кабинет Министров Украины постановлением от 29 марта 2006 утвердил Программу повышения безопасности труда на угледобывающих и шахтостроительных предприятиях. В настоящее время планы ликвидации аварий (ПЛА) на шахтах складываются на основе инженерного опыта, интуиции и знания объекта управления. При этом широко используется представления процессов проветривания горных выработок шахт на жестких сетевых моделях вентиляционных систем шахт.

К настоящему времени на шахтах Украины не существует баз данных и знаний, которые в едином пространстве сохраняли информацию для всех автоматизированных систем управления безопасностью.

При моделировании аварийных процессов практически не используются возможности современных персональных компьютеров по графическому представлению процессов, которые моделируются на сетевых моделях вентиляционных систем шахт.

Изложение основных результатов работы. Цель проекта: создать интеллектуальную автоматизированную систему управления процессами ликвидации аварий на шахтах, которая будет иметь в своем составе следующие подсистемы.

1. Контроля и управления вентиляцией горных выработок шахт.
2. Составления и ввода в действие планов ликвидации аварий на шахтах.
3. Принятия решений во время управления технологическими системами шахт во время ликвидации аварий.

Эти задачи решаются при разработке интеллектуальной автоматизированной системы управления безопасностью на шахтах, при разработке автоматизированной системы составления и ввода в действие плана ликвидации аварий на шахте «Западно – Донбасская» объединения «Павлоградуголь».

Разработка полезных ископаемых на больших глубинах, применение высокопроизводительных добычных комплексов приводит к осложнению вентиляции шахт и повышению вероятности аварийных ситуаций. В этих условиях основную роль в обеспечении жизнедеятельности шахтёров играют автоматизированные системы:

- управления вентиляцией шахты в нормальных и аварийных условиях эксплуатации;
- составления и ввода в действие плана ликвидации аварий ПЛА;
- управления процессом ликвидации аварий.

Функциональная и информационная зависимости этих систем предполагают необходимость создания на шахтах так называемой «системы управления безопасностью», которая должна включать в свой состав вышеуказанные подсистемы.

Автоматизированная система составления ПЛА производит выбор мероприятий в соответствии с заданными позициями и выдаёт распечатку оперативной части ПЛА в установленной форме. Несмотря на то, что вышеуказанная система даёт большой выигрыш времени при определении списка мероприятий по ликвидации аварий, следует отметить, что она формирует список мероприятий ПЛА только для заранее заданных позиций. Выработка соответствующих оперативных мероприятий для ликвидации последствий аварий произвольного вида в непредусмотренном месте шахты, указанной выше системой, не осуществляется.

Сложность формализации процессов составления ПЛА и принятия решений при оперативной ликвидации возникших аварий в шахте заключается в необходимости отображения действий человека – оператора (руководителя аварийных работ), который должен принимать как количественные, так и качественные (на уровне лингвистических переменных) решения по заранее установленным правилам, т. е. некоторой модели знаний, хранящей:

- описания аварийных ситуаций;
- процедуры конкретизации или обобщения этих ситуаций;
- процедуры их адаптации реальным условиям, сложившимся на объекте управления.
- схемы принятия решений по ликвидации аварий.

Всё это обуславливает применение методов ситуационного управления для автоматизации процессов составления ПЛА и принятия решений при оперативной ликвидации непредвиденных аварий на шахтах.

На рис. 1 приведена структура системы автоматизированного составления ПЛА и принятия решений при ликвидации аварий, построенной на принципах ситуационного управления с использованием нечётких логико-лингвистических моделей аварийных процессов.

Информация об аварийной ситуации, поступившая с объекта управления, преобразуется в блоке 1 в описание наблюдаемой ситуации на реляционном языке и поступает в блок 2 - анализатор, в котором распознаются аварийные ситуации.

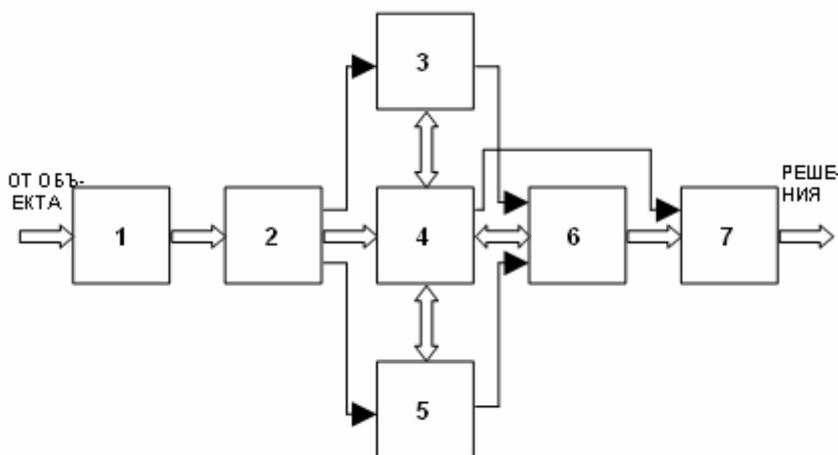


Рис. 1. Структурная схема системы автоматизированного составления ПЛА и принятия решений при оперативной ликвидации аварий на шахтах

База данных системы содержит открытый список элементарных понятий X, который в настоящее время состоит примерно из 600 слов вида:

восстающая, восточный, воздушная, возникать, возможность, поперечное, последствия, позиция, положительный, регулирующее, респиратор, реверсировать и т. п.

Эти понятия в рассматриваемой проблемной среде могут состоять примерно в 50 – ти разнообразных отношениях R.

Основным ключевым словообразованием языка представления знаний о шахте в аварийной обстановке является наименование горной выработки - Z. Их в базе данных по шахте «Западно – Донбасская» около ста. Они имеют следующий вид:

1. ЮЖН МАГ КОНВ ШТР
2. 1 ЗАП МАГ КОНВ ШТР
3. 2 ЗАП МАГ ВЕНТ ШТРЕК
4. ЗАЕЗД НА СКУ

Вторая и третья колонки содержат словообразования, определяющие мероприятия, которые необходимо выполнить для ликвидации аварии, и ответственных лиц. Общее их количество около 50.

Они имеют следующий вид:

1. Немедленно вызвать 2-й взвод 8 ВГСО – Z100; Обеспечить прибытие на шахту отделений ГВГСС, РПГ и пожарных автомобилей в соответствии с диспозицией выездов отряда на аварии.

2. Обеспечить нормальную работу вентиляторов главного проветривания блоков № 1 и № 3 – Z101;

Отключить электроэнергию: в ЦПП г. 480 м — яч. №№ 8, 14, 17 - Z 102;

Горный диспетчер – Z128;

Телефонистка – Z129;

Командир отряда – Z130;

Деж. у тел. ГВГСС – Z131;

Главный механик – Z132;

Если поступившая информация содержит данные об изменении базовых параметров объекта (элементарные признаки возможных аварийных ситуаций и отношений между ними), то она передаётся в блок 3 выполняющий функцию коррелятора, где определяются правила по составлению ПЛА шахты.

Эти правила формируются с участием экспертов и посредством имитационного моделирования аварийных процессов на модели вентиляционной системы шахты (рис.2).

Сетевая модель вентиляционной системы шахты содержит около четырёхсот ветвей.

полнительных правил по составлению ПЛА или изменению уже имеющихся. При наличии нескольких альтернативных решений для выработки окончательного решения классификатор обращается в блок 6, который выполняет роль экстраполятора. Экстраполятор содержит в своём составе набор процедур (алгоритмов) дедуктивного и индуктивного выводов и имитационную модель шахтной вентиляционной системы, которая позволяет «проигрывать» последствия принятия тех или иных решений по изменению аварийных вентиляционных режимов и других аварийных процессов.

После выбора окончательного решения блок 6 выдаёт его на 4 и одновременно сообщает о своём выборе блоку 5, который использует полученную информацию для улучшения эффективности принимаемых мероприятий по ликвидации аварий.

Выбор одного окончательного решения по установлению определённого вентиляционного режима, который отвечал бы всем требованиям по ликвидации аварий, мягко говоря, не всегда возможен. Поэтому в большинстве случаев при ликвидации аварий необходимо выбирать несколько вентиляционных режимов, каждый из которых обеспечивает оптимальное выполнение одного какого – либо требования ПЛА (эвакуацию людей из шахты, проветривания горных выработок, тушение пожара и т. д.), что обуславливает генерацию системой многошаговых решений.

Выше был изложен процесс функционирования предлагаемой системы на этапе её работы. Известно, как и для всех открытых систем управления, этому этапу предшествует этап начального обучения предлагаемой системы.

В режиме диалога проектировщиков (разработчиков) системы со специалистами – технологами, персоналом вентиляционной службы и работниками службы горноспасателей через 4 происходит первоначальное заполнение всех основных блоков системы априорной информацией. В дальнейшем, в процессе функционирования в реальных условиях, продолжается обучение системы. В этих условиях блок 4 берёт на себя функцию мониторинга системы и организует взаимодействие всех блоков.

Информация о возможных аварийных ситуациях хранится в базе знаний системы. Описания аварийных ситуаций включают в свой состав следующие сведения:

- место и тип возможной аварии;
- возможные зоны загазованности вентиляционной системы шахты;
- маршруты движения отделений ВГСЧ;
- маршруты эвакуации шахтёров.

Кроме этих данных база знаний системы включает в свой состав типовой список мероприятий, выполнение которых необходимо при ликвидации возможных аварий. Они имеют ниже следующий вид.

1. Отключить электроэнергию в шахту и надшахтное здание всп. ствола с поверхностной электроподстанции:

- на блоке № 1 — яч. №№ 15, 30, 32, 41,
в КТП ГПП — автоматы 3, 5, 29.
- на блоке № 3 — яч. №№ 56, 57.

Ответственные лица за выполнения этих мероприятий в ПЛА представляются следующим образом:

главный энергетик
горный диспетчер
деж. пов. эл. подст.

Формализация этих записей в базе знаний производится после семантического анализа данного ограниченного подязыка, установления его понятий и отношений между ними. Нужно отметить, что в данном языке имеются не только повторяющиеся понятия, но и повторяющиеся предложения. Это позволяет сократить объёмы вычислений при формировании позиций ПЛА.

Тип и место аварии определяется на основании требований [1, 2] и особенностей объекта управления.

Единственной рекомендацией, фактически используемой главным инженером и начальником ПВС шахты при выборе позиций ПЛА, является положение о том, что позиция плана ликвидации аварий должна приниматься исходя из условий:

- для данной или группы выработок имеют место одинаковые условия проветривания;

- одни и те же маршруты вывода людей при возникновении аварии.

База знаний системы в настоящее время содержит 196 записей, характеризующих позиции ПЛА на шахте «Западно – Донбасская» объединения Павлоградуголь. Формализованная запись выглядит следующим образом:

$$((X_{(i)}R_{(i,j)}X_{(j)})R_{(j,z)}Z(1\div 99)X_{(p)}) \quad , \quad (1)$$

где $(X_{(i)}R_{(i,j)}X_{(j)})$ - элементарная смысловая цепочка, характеризующая номер позиции ПЛА; $R_{(j,z)}$ - отношение имеет место; $Z(1\div 99)$ - наименования горных выработок или их участков; $X_{(p)}$ - понятие вида аварии.

Пример интерпретации таких смысловых цепочек:

((ПОЗИЦИЯ №23) ОТК. ЗАЕЗД НА КОНВ. ХОДОК ОТ ЗАП. МАГ. ОТК. ШТРЕКА ДО 800 БОРТ. ШТРЕКА – «ПОЖАР»).

В первую очередь результаты этой работы будут использованы при создании интеллектуальной автоматизированной системы разработки и внедрения в действие ПЛА на шахте „Западно – Донбасская” объединения „Павлоградуголь”.

Потом эти новейшие информационные технологии могут быть использованы при внедрении подобных систем на других шахтах этого объединения и всех горных предприятиях Украины.

Новейшие информационные технологии будут использованы и при подготовке специалистов для служб вентиляции и техники безопасности шахт и рудников в учебных учреждениях соответствующего профиля нашей страны.

Кроме этого, результаты данной разработки будут использованы при подготовке специалистов по информационным технологиям в высших учебных учреждениях горного направления.

На рис.3 представлена структура информации о зонах загазованности в шахтах.

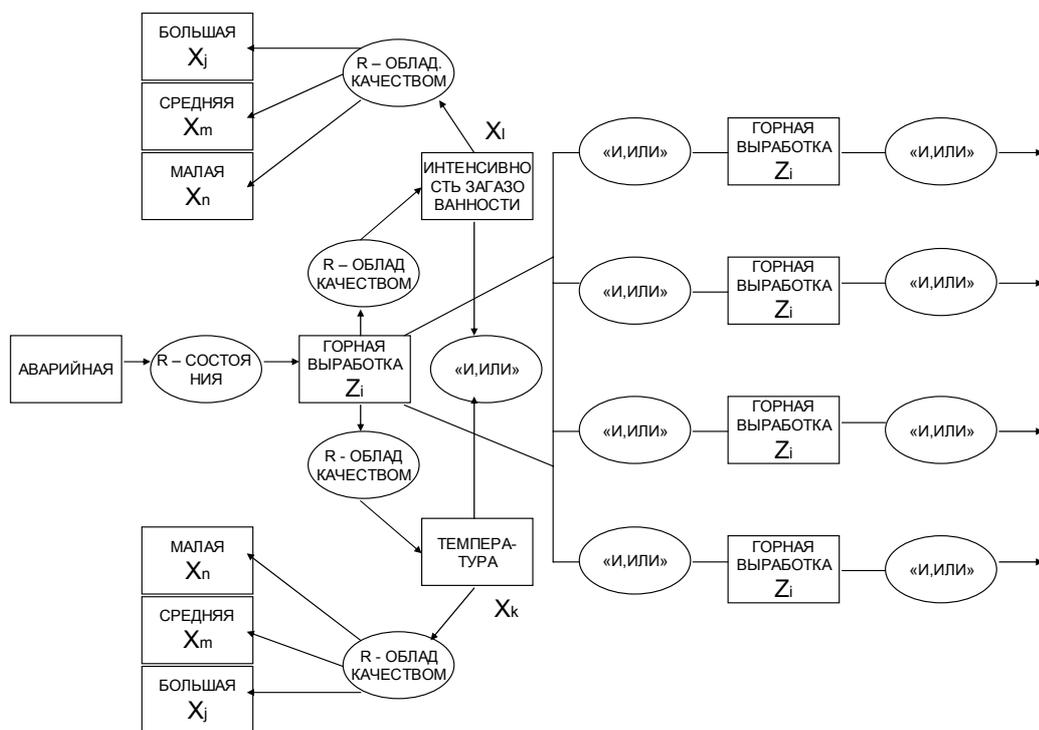


Рис. 3. Структура информации о зонах загазованности и температурных полях в подземных выработках шахты

ПОЗИЦИЯ № 13 СЕВ. ОТК. УКЛОН ОТ ЗАП. МАГ. ОТК. ШТРЕКА ДО 856 БОРТ. ШТРЕКА — «ПОЖАР».

(гл. и всп. стволы, загазованность малая, температура малая) и (надшахтное здание, загазованность малая, температура малая) и (выработки зап. крыла шахты г. 480 м, загазованность средняя, температура средняя) и (3 зап. маг. отк. штр, загазованность большая, температура средняя) и (выработки вост. крыла г. 480 м, загазованность малая, температура средняя) и (выработки и камеры околоств. двора г. 480 м, загазованность малая, температура малая) и (выработки бремсбергового поля шахты, загазованность средняя, температура малая) и (выработки конв. и отк. квершлагов на пл. c_{10} , загазованность большая, температура средняя);

Моделирование процесса протекания экзогенного пожара в шахте очень сложная задача. Достаточно точных её аналитических решений в настоящее время не существует. Поэтому база знаний этого процесса, для рассматриваемой системы, строится в виде текстовых структур, полученных путём экспертных оценок, и проведения имитационного логико-лингвистического моделирования (ЛЛМ) аварийных процессов. При этом возможные решения на основании базы знаний определяются с использованием принципов нечёткой логики. Эти записи имеют нижеследующий ветвящийся вид.

Здесь: $X_{(j)}, X_{(m)}, X_{(n)}$ - понятия, характеризующие интенсивность загазованности ($X_{(l)}$) горных выработок и температуру ($X_{(k)}$) окружающей среды; $Z_{(i)}$ - наименование горной выработки.

Заключение. 1. Применение методов ситуационного управления на базе специально разработанного реляционного языка представления знаний и логи-

ко–лингвистического моделирования аварийных процессов в вентиляционных системах шахт позволяет автоматизировать составление и ввод в действие ПЛА.

2. Разработанная система позволяет руководителю аварийных работ получить научно обоснованные рекомендации по управлению процессом ликвидации аварий на шахтах после ввода в действие ПЛА.

Литература

1. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. Издание второе, переработанное и дополненное. М.: «Недра», 1977.- 223 с.

2. Устав ВГСЧ по организации и ведению горноспасательных работ.- М.: «Недра», 1971, 196 с.

3. Кимельман Э.А., Коваленко А.Н. Диалоговая автоматизированная система принятия решений при управлении воздухораспределением в подземных выработках шахт // Изв. вузов. Горный журнал. – 1987. -№7.- С. 100 – 105.

4. Потёмкин В.Я., Коваленко А.Н., Кимельман Э.А. Принятие решений при управлении воздухораспределением в подземных выработках шахт // Изв. вузов. Горный журнал. – 1987. - №6, С. 114 – 118.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинько В.И.
Поступила в редакцию 23.05.07*

УДК 681.3.012:621.1

© Г.Г. Швачич, А.А. Шмукин

К ВОПРОСУ КОНСТРУИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ДЛЯ НЕОГРАНИЧЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

Рассмотрены проблемы математического моделирования задач тепло- и массообмена численно-аналитическими методами. Показано, что для неограниченных областей предпочтительнее брать конечно-разностное решение асимптотического составного обыкновенного дифференциального уравнения.

Розглянуто проблеми математичного моделювання задач тепло- і масообміну чисельно-аналітичними методами. Показано, що для необмежених областей переважно брати кінечно-різницеve рішення асимптотичного звичайного диференціального рівняння.

The problems of mathematical design of tasks connected with heating- and mass exchange by numeral-analytical methods are considered. It is shown that for unlimited regions it is preferable to take the finite difference component usual differential equalization.

Актуальность и суть проблемы исследований

Создание новых или реструктуризация существующих технологических процессов требует проведение экспериментов (лабораторных или промышленных). Однако в настоящее время существенно сократился объем средств, выделяемых на разработку и создание новых материалов или технологических про-

цессов. В этой связи в новых экономических условиях требуются принципиально другие подходы к созданию прогрессивных ТП. Перспективное направление – моделирование и создание компьютеризированных ТП.

В данной работе освещаются вопросы моделирования и конструирования комплекса программа для изучения процессов термической обработки в режиме многоциклического температурного нагружения при скоростном нагреве и охлаждении длинномерного изделия. Существующие технологические процессы подготовки проката к последующей деформации требуют значительных затрат для проведения большого количества натуральных экспериментов на лабораторном и опытно-промышленном оборудовании, а также в производственных условиях. Разработка и использование математических моделей и комплексов программ является актуальной проблемой, позволяющей значительно сократить объем экспериментальных исследований. Кроме того, использование математической модели, характеризующей температурное поле металла в течение времени протекания процесса нагрева, выдержки и охлаждения позволит получить данные, которые можно использовать при создании оборудования для скоростного нагрева и охлаждения материала и создания технологии, позволяющей быстро адаптировать производство металлопродукции к требованиям потребителей.

Методы решения обратных задач, суть которых состоит в оценке входных параметров по фактической информации о моделируемой системе, применяются и при решении ряда задач экологии. При этом для задач экологии и охраны окружающей среды ряд входных параметров (мощность источников загрязнения, коэффициенты турбулентной диффузии и т. д.), могут быть определены только по экспериментальным данным. Для обработки экспериментальных данных целесообразно при этом использовать именно методы решения обратных задач. Особенности моделирования и идентификации обратными методами подобных задач в данной работе иллюстрируется на примере решения задачи переноса вредных примесей на фоне атмосферных процессов, когда параметры окружающей среды предполагаются известными. Вычислительный эксперимент реализован на примере моделирования уравнения переноса вредных примесей.

В данной статье проблемы математического моделирования указанного класса задач реализованы на параллельных вычислительных системах кластерного типа, включающих пять процессоров.

Некоторые математические аспекты проблемы моделирования рассматриваемых задач

Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена описывают целый класс физических явлений одинаковой природы [1-5]. Их решения включают константы интегрирования и поэтому не являются однозначными. Для оценки этих констант необходимо задать частные особенности изучаемого явления в форме краевых условий или условий однозначности. Различают четыре вида условий однозначности: геометрические, физические, граничные и временные. Аналитические граничные условия выбираются, прежде всего из соображений удобства и простоты аналитической постановки задачи. Заметим, что ни для одной реальной физической задачи условия на "бесконечности" не соответ-

вуют условиям невозмущенного состояния. Однако такие аналитические граничные условия являются наиболее удобным приближением для интересующей нас той или иной физической задачи. Вопреки предыдущим замечаниям было бы прекрасно, если бы вычислительные и аналитические граничные условия были эквивалентны. Для полуограниченных областей этого можно добиться при помощи преобразования координат [2]. Общепринятым стала и общая идея – ставить аналитические условия "на бесконечности" переносом на границы расчетной сетки, которые находятся на конечном расстоянии от области, представляющей интерес.

В данной работе показано, что такие подходы приводят к значительным ошибкам аппроксимации в конечно-разностных уравнениях. Показано, что на выходных границах таких областей предпочтительнее брать конечно-разностное решение асимптотического составного обыкновенного дифференциального уравнения, позволяющего учесть ограниченность искомого решения на бесконечности с помощью граничных условий 4-го рода, заданных на границах конечной области.

Разработка численного алгоритма моделирования рассматриваемого класса задач

Проиллюстрируем предлагаемый подход на примере решения задачи для уравнения теплопроводности [4,5], которое положено в основу моделирования процесса нагрева и охлаждения длинномерного изделия. Итак, пусть требуется построить приближенное решение уравнения:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = a \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} \quad (1)$$

в неограниченной области $-\infty < x < \infty$ при заданном начальном условии

$$Y|_{t=t_0} = \varphi(x), \quad (2)$$

где $\varphi(x)$ – непрерывная и ограниченная функция.

Для построения ограниченного решения $Y(x, t)$ ($t \geq t_0$, $-\infty < x < \infty$), удовлетворяющего уравнению (1) и начальному условию (2), возможен следующий подход. В неограниченной области выделяется подобласть $x \in [x_0, x_L]$, представляющая практический интерес (рис.1), которая покрывается узлами сетки $p = \overline{1, 2m-1}$, $m \in Z$ (рис.1).

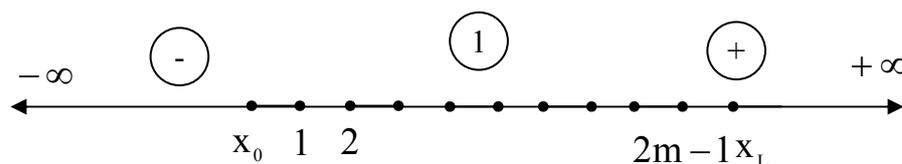


Рис. 1. Расчетная область к задаче (1),(2)

Требуется построить решение уравнения (1) для конечной области $x \in [x_0, x_L]$ при заданных граничных условиях первого рода

$$Y_{|x=x_0} = YW(t), Y_{|x=x_0} = YL(t), \quad (3)$$

где правые части необходимо доопределить таким образом, чтобы были выполнены условия ограниченности общего решения во всей области определения $x \in (-\infty, +\infty)$.

Введем новые обезразмеренные независимые переменные:

$$\tau = \frac{a}{L^2} t, \quad \bar{x} = \frac{x}{L}, \quad (4)$$

где $L = x_L - x_0$ – линейный отрезок, помеченный на рис.1 индексом (1). Нормируем независимые переменные (4) в (1) единицей, т.е. перейдем к относительным переменным по узлам сеточной области:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_\tau &= \frac{\tau - \tau_{\kappa-1}}{\tau_\kappa - \tau_{\kappa-1}} \in [0,1], \quad \kappa = 1,2,3,\dots, \\ \varepsilon_x &= \frac{\bar{x} - \bar{x}_p}{\bar{x}_{p+1} - \bar{x}_p} \in [-1,1], \quad p = \overline{1,2m-1}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

равномерно распределенным на отрезке $\bar{x} \in [0,1]$ с шагом

$$Dx1 = (x_p - x_{p-1}) = \frac{x_L - x_0}{2m}. \quad (6)$$

Для каждого сеточного узла x_p уравнение (1) преобразуется к виду:

$$\frac{\partial Y_{p+\varepsilon_{x,1}}}{\partial \varepsilon_t} = A \frac{\partial^2 Y_{p+\varepsilon_{x,1}}}{\partial \varepsilon_x^2}, \quad A = \frac{Dt1}{Dx1^2}. \quad (7)$$

После простейшей дискретизации по времени (явная разностная схема первого порядка) получим схему прямых в форме двухточечной краевой задачи:

$$Y''_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x) - \frac{1}{A} Y_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x) = -\frac{1}{A} Y0_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x), \quad (8)$$

где $Y0_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x)$ – начальная функция, характеризующая распределение температуры между узлами сеточной области и соответствующая предыдущему моменту времени.

Очевидно, что обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ) (8) допускает построение, как конечно-разностного приближенного решения, так и кусочно-аналитического по узлам сеточной области [4,5]. В первом случае получаем систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), имеющих трехдиагональную структуру:

$$C_p Y_{p+1,1} - Y_{p,1} + D_p Y_{p-1,1} = f_{p,1}, \quad (9)$$

с функциональным наполнением

$$\left. \begin{aligned} C_p &= D_p = \frac{A}{(1+2A)}, \\ f_{p-1,1} &= \frac{1}{(1+2A)} Y\Delta_{p,1} \end{aligned} \right\}, \quad p = \overline{1,2m-1}. \quad (10)$$

Во втором случае, - получим точные аналитические поузловые решения следующего вида:

$$Y_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x) = \mu_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x) + A_p \ell^{\beta \varepsilon_x} + B_p \ell^{-\beta \varepsilon_x}, \quad (11)$$

где A_p, B_p – константы интегрирования, $\beta = -\sqrt{\frac{1}{A}}$ – корни характеристического уравнения, а $\mu_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x)$ – некоторое частное решение неоднородного уравнения (8). Допустим возможность аппроксимации функции $Y_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x)$ в виде отрезка ряда Тейлора с квадратичной зависимостью по ε_x :

$$Y_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x) = Y_{p,1} + \varepsilon_x Y_{p,2} + \varepsilon_x^2 Y_{p,3}, \quad (12)$$

где

$$\left. \begin{aligned} Y_{p,2} &= \frac{1}{2}(Y_{p+1,1} - Y_{p-1,1}) \\ Y_{p,3} &= \frac{1}{2}(Y_{p+1,1} + Y_{p-1,1} - 2Y_{p,1}) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

- известные конечно-разностные соотношения первого и второго порядка. Тогда частное решение $\mu_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x)$ в (11) может быть представлено в следующем виде [5]:

$$\mu_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x) = Y_{p+\varepsilon_{x,1}}(\varepsilon_x) + 2AY_{p,3}. \quad (14)$$

Возможность построения на моделях (11) численно-аналитической схемы решения задачи для конечных областей подробно рассмотрены в работах [4,5]. Ниже эти схемы будут использованы для построения замкнутых ограниченных составных решений для неограниченных областей на основе метода прогонок.

Особенности моделирования исследуемого класса задач при помощи численно-аналитических схем прогонок

Известно, что обращение СЛАУ (9), (10) может быть реализовано по схеме прогонок [2-5], которые включают алгоритм прямых прогонок по формулам:

$$E_p = \frac{C_p}{1 - D_p E_{p-1}}, \quad G_p = \frac{D_p G_{p-1} - f_{p,1}}{1 - D_p E_{p-1}}, \quad (15)$$

где индекс p пробегает значения $p = \overline{1, 2m-1}$. После того как алгоритм прямых прогонок будет реализован, искомые сеточные функции определяются рекуррентной по формуле:

$$Y_{p,1} = E_p Y_{p+1,1} + G_p, \quad (16)$$

где индекс p изменяется в обратном направлении $p = \overline{2m-1, 1}$ что соответствует алгоритму обратной прогонки [5].

Естественно, что старт прямых прогонок возможен только при условии известных значений входных параметров E_0, G_0 . Для задачи Дирихле имеем:

$$E_0 = 0, \quad G_0 = Y_{0,1}(t_\kappa), \quad (17)$$

где $Y_{0,1}(t_k)$ – известная граничная функция, характеризующая изменение температуры на левой границе области (рис.1). Для обратной прогонки по формулам (16) стартовым значениям будет значение сеточной функции:

$$Y_{2m,1} = Y_{2m,1}(t_k), \quad (18)$$

где правая часть характеризует известное изменение температуры, заданное на правой границе области (рис.1).

Таким образом, для решения поставленной задачи (1), (2) и принятой схемы прогонок обращения СЛАУ (9), (10) по формулам (15), (16), расчетный алгоритм сводится к доопределению стартовых значений (17) и (18), учитывающих условия ограниченности искомого решения при $x \rightarrow -\infty$ и $x \rightarrow \infty$. Для этого в приграничных и граничных узлах области (1) решение представляется в аналитической форме (11). Сопоставляя базовым узлам (для правой границы $p = 2m$, а для левой $p = 0$) по два решения, определение констант интегрирования в них можно осуществить с помощью поставленных выше условий однозначности, а стыковку осуществить с помощью граничных условий 4-го рода.

Для правой стороны имеем:

$$\left. \begin{aligned} Y_{2m+\varepsilon_x,1}^- (\varepsilon_x) &= \mu_{2m+\varepsilon_x,1} (\varepsilon_x) + A^- \ell^{\beta\varepsilon_x} + B^- \ell^{-\beta\varepsilon_x}, \varepsilon_x \in [0, -1] \\ Y_{2m+\varepsilon_x,1}^+ (\varepsilon_x) &= \mu_{2m+\varepsilon_x,1} (\varepsilon_x) + A^+ \ell^{\beta\varepsilon_x} + B^+ \ell^{-\beta\varepsilon_x}, \varepsilon_x \in [0, \infty) \end{aligned} \right\}, \quad (19)$$

где $\mu_{2m+\varepsilon_x,1} (\varepsilon_x)$ – общее частное решение, имеющее вид (12) – (14) и построенное на трехточечном шаблоне $\{2m-1, 2m, 2m+1\}$, т.е. выходящем из области (1) на один узел $p = 2m+1$ за ее пределы (рис.1). Из условий ограниченности решения при $x \rightarrow \infty$ имеем $A^+ = 0$. Из левого условия при $\varepsilon_x = -1$ получим:

$$A^- \ell^{-2\beta} + B^- = F1 \ell^{-\beta}, \quad (20)$$

где комплекс

$$F1 = (Y_{2m-1,1} - \mu_{2m-1,1}(-1)). \quad (21)$$

включает неизвестную сеточную функцию $Y_{2m-1,1}$.

Связь решений установим из условий сопряжения по самим функциям и их производным в граничном узле $\varepsilon_x = 0$:

$$\left. \begin{aligned} A^- + B^- &= B^+, \\ A^- - B^- &= -B^+ \end{aligned} \right\}. \quad (22)$$

Находим:

$$\left. \begin{aligned} A^- &= 0, \\ B^- &= B^+ \end{aligned} \right\}. \quad (23)$$

Следовательно, решения примут следующий вид:

$$Y_{2m+\varepsilon_x,1}^\pm (\varepsilon_x) = \mu_{2m+\varepsilon_x,1} (\varepsilon_x) + F1 * \ell^{-\beta(1+\varepsilon_x)}, \quad (24)$$

где $F1$ задано параметрическим соотношением в форме (21). Положив в (24) $\varepsilon_x = 0$ получим:

$$Y_{2m,1} = \mu_{2m} + (Y_{2m-1,1} - \mu_{2m-1,1})\ell^{-\beta}. \quad (25)$$

С другой стороны, из алгоритма обратных прогонок (16) при $p = 2m - 1$ имеем:

$$Y_{2m-1,1} = E_{2m-1}Y_{2m,1} + G_{2m-1}. \quad (26)$$

Совмещая выражения (25), (26), получим:

$$Y_{2m-1,1} = \frac{E_{2m-1}(\mu_{2m,1} - \mu_{2m-1,1})\ell^{-\beta} + G_{2m-1}}{(1 - E_{2m-1}\ell^{-\beta})}, \quad (27)$$

что и требовалось. Поскольку значение сеточной функции $Y_{2m-1,1}$ может быть вычислено по формуле (27), а $Y_{2m,1}$ по формуле (26), то далее алгоритм обратной прогонки реализуется рекуррентно по формуле (16) начиная с индекса $p = 2m - 2, 1$.

Таким образом, возможны следующие варианты учета условий «на бесконечности». При заданном аналитическом условии

$$Y(t, x)|_{x \rightarrow \infty} = 0 \quad (28)$$

первый вариант заключается в переносе условия (28) в узел $x = x_L$ (рис.1). В этом случае имеем

$$Y_{2m,1} \equiv 0. \quad (29)$$

Как показали результаты численного моделирования различных физических задач постановка «мягких» вычислительных однородных граничных второго рода накладывает меньшие ограничения при таком переносе [2]. Имеем второй вариант:

$$\frac{\partial Y}{\partial x}|_{x=x_L} = 0, \quad (30)$$

что обеспечивает старт обратной прогонки по соотношениям:

$$\left. \begin{aligned} Y_{2m,1} &\equiv Y_{2m-1,1}, \\ Y_{2m,1} &= \frac{G_{2m-1}}{1 - E_{2m-1}} \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

где G_{2m-1} , E_{2m-1} – известные коэффициенты, значения которых определяется из алгоритма прямой прогонки по формулам (15).

Третий же вариант соответствует асимптотическим условиям (27), (25).

Для тестирования и анализа результатов моделирования были опробованы все три варианта на примере решения задачи для полуограниченного тела, имеющего точное решение при граничных условиях (28) и известном в узле $x = x_0$ условии первого рода:

$$Y|_{x=x_0} = 1. \quad (32)$$

Результаты моделирования тестовых задач сведены в таблицу 1, где сравниваются с точным аналитическим решением [1] по относительной погрешности в сеточном узле $x = x_L = 1$ и разных моментах времени.

Таблица 1

Вариант	1 ε %	2 ε %	3 ε %
τ = 0.5	1.5	1.2	0.55
τ = 1.0	7.2	8.1	3.4

В общем случае для неограниченной области значений E_0 и G_0 в формулах прямой прогонки определяются по аналогичной схеме. Аналитические решения (11) в базовом узле $p = 0$ принимают следующий вид:

$$Y_{0+\varepsilon_x,1}^{\pm}(\varepsilon_x) = \mu_{0+\varepsilon_x,1}(\varepsilon_x) + F1 * \ell^{-\beta(1-\varepsilon_x)}, \quad (33)$$

где

$$F1 = (Y_{1,1} - \mu_{1,1}) \quad (34)$$

Положив в (33) $\varepsilon_x = 0$ и сопоставив с рекуррентной формулой

$$Y_{p-1,1} = E_{p-1} Y_{p,1} + G_{p-1} \quad (35)$$

при $p = 1$, найдем:

$$\left. \begin{aligned} E_0 &= \ell^{-\beta} \\ G_0 &= \mu_{0,1} - \mu_{1,1} \ell^{-\beta} \end{aligned} \right\}, \quad (36)$$

где параметры $\mu_{0,1}$ и $\mu_{1,1}$ определяются из частного решения (14), в котором тейлоровские компоненты формируются на трехточечном сеточном шаблоне $\{1, 0, -1\}$ по формулам:

$$\left. \begin{aligned} Y_{0,2} &= \frac{1}{2}(Y_{0,1} - Y_{-1,1}), \\ Y_{0,3} &= \frac{1}{2}(Y_{0,1} + Y_{-1,1} - 2Y_{0,1}) \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

Вычислительный эксперимент

Вариант моделирования №1. На рис. 2 приведены результаты математического моделирования термообработки стальной проволоки, имитирующих режимы прогрева, выдержки и охлаждения. По оси ординат имеем относительную температуру $\frac{T}{T_m}$, $T_m = 800^\circ\text{C}$, по оси абсцисс $\frac{x}{L}$, где $L = 1\text{м}$. В режиме прогрева имеем изменение температуры от $\frac{T}{T_m} = 0,025$ до $\frac{T}{T_m} = 1,03362$ (кривая 1), что соответствует временному интервалу $\tau_1 = 40\text{с}$. В режиме выдержки за начальное изменение принималось изменение температуры в момент $\tau = \tau_1$, моделирование было реализовано на составном временном интервале $\tau_2 = \tau_1 + 40\text{с}$ (кривая 2). Многоциклический режим, включающий быстрый нагрев, выдержку и охлаждение на временном интервале $\tau_3 = \tau_1 + \tau_2 + 10\text{с}$, соответствует кривой 3.

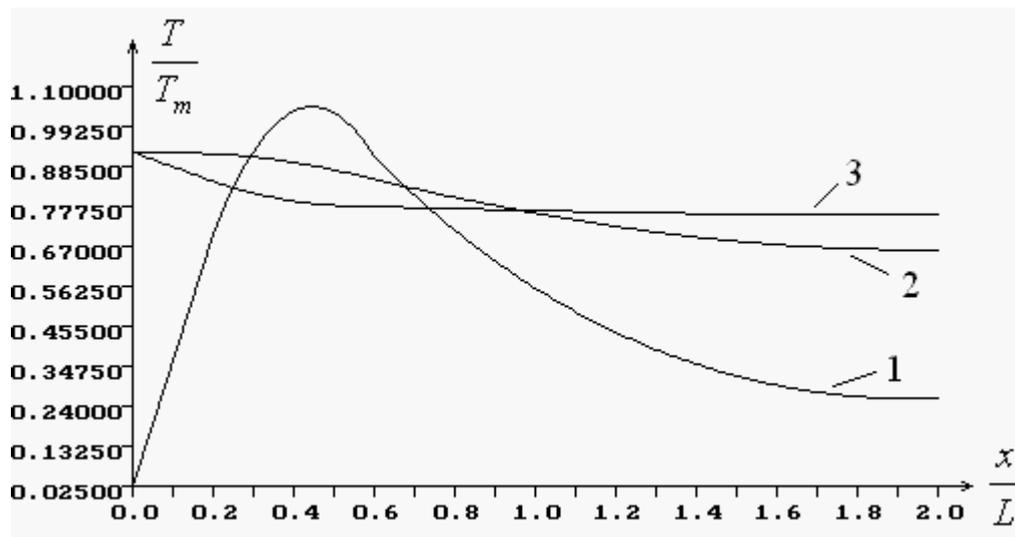


Рис. 2. Многоциклический режим, включающий быстрый нагрев (1), выдержку (2) и охлаждение (3)

Применение математических моделей, характеризующих температурное поле металла в течение времени протекания процесса нагрева, выдержки и охлаждения позволяет получить необходимый объем данных для создания новых технологий, позволяющих быстро адаптировать производство металлопродукции к требованиям потребителей.

Вариант моделирования №2. Вычислительный эксперимент реализован на примере моделирования уравнения переноса вредных примесей. При этом в математическую модель (1) были введены составляющие по увеличению размерностей (рассматривалась трехмерная модель), точечные источники вредных примесей и аддитивная компонента тепломассопереноса. Соответствующий программный продукт разработан с учетом реализации процедуры параллельных вычислений. Математическое моделирование осуществлялось на вычислительном кластере, включающем пять процессоров.

На рис. 3. приведены результаты численного моделирования динамики атмосферных процессов для двухточечных источников. Причем здесь принимается во внимание то обстоятельство, что информация о состоянии атмосферы, в частности поля скоростей, предполагаются известными. Математически эта задача сформулирована в [6]. Результаты же моделирования (рис. 3) иллюстрируют различную форму эквивалентности постановки условий «на бесконечности» переносом на границы расчетной сетки, которая находится на конечном расстоянии от области, представляющей интерес. Для мягких граничных условий в результатах моделирования для срединных поверхностей по координате z возникают загибы изолиний (рис.3 б), использование же составных алгоритмов на основе граничных условий 4-го рода позволяет их избежать (рис.3 а). Именно это обстоятельство и позволяет рассматривать указанные граничные условия при моделировании переноса примесей на фоне атмосферных процессов и как прозрачные.

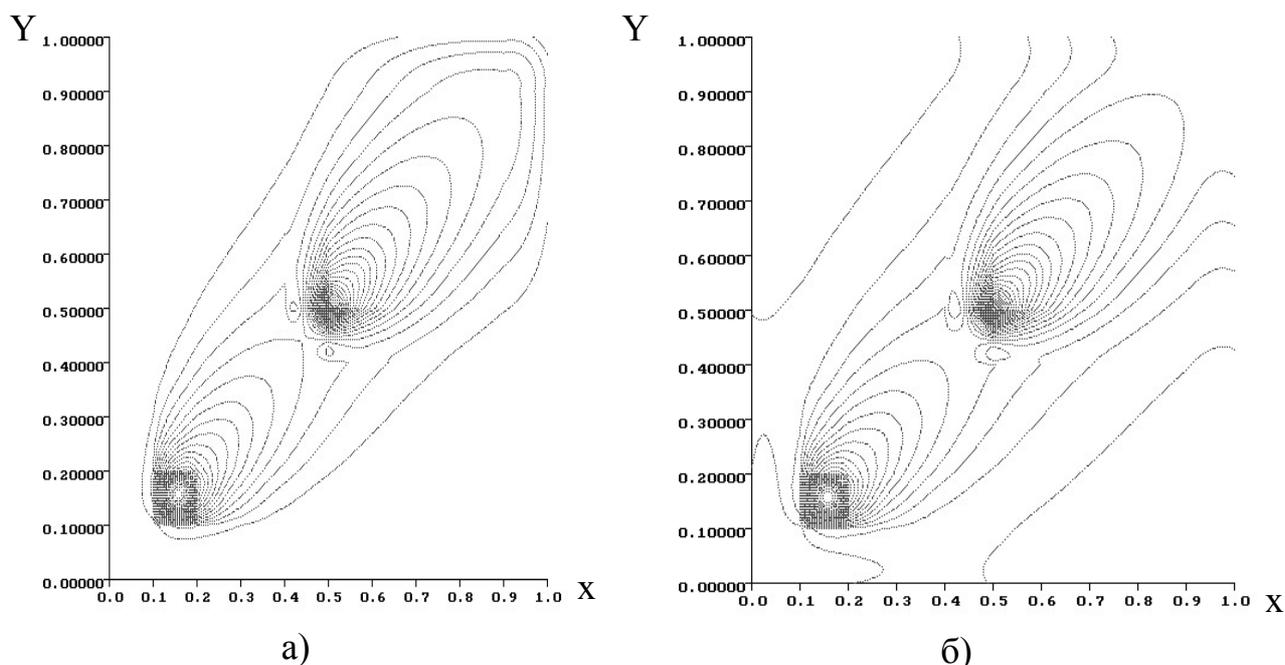


Рис.3. Моделирование переноса примесей на фоне атмосферных процессов в трехмерной постановке

Выводы и перспективы дальнейших исследований

1. Разработанный алгоритм построения асимптотических граничных условий для одномерных неограниченных областей может быть использован и при решении многомерных задач, редуцированных по схемам расщепления к совокупности одномерных.

2. Принятие в качестве методологической основы разностных схем расщепления, во-первых – обеспечивает экономичную и устойчивую реализацию разработанных схем методом скалярных прогонок. И, во-вторых – позволяет наиболее адекватно учитывать эти условия для полуограниченных и неограниченных областей.

3. Разработанный подход в теории пограничного слоя позволит исключить итерационные циклы с целью определения толщин пограничных слоев. Это позволит значительно сократить затраты машинного времени при математическом моделировании указанного класса задач.

Литература

1. Лыков А.В. Теплообмен: (Справочник). 2-е изд. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.
2. Роуч П. Вычислительная гидродинамика / Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 616с.
3. Пасконов В.М., Полещаяев В.И., Чудов Л.А. – Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. – М.: Наука, 1984. – 288 с.
4. Швачич Г.Г., Шмукин А.А. Особенности конструирования параллельных алгоритмов для ПЭВМ в задачах тепло- и массообмена // Восточно-Европейский журнал передовых технологий 2(8) 2004. с. 42-47.
5. Швачич Г.Г., Шмукин А.А. О концепции неограниченного параллелизма в задачах теплопроводности // Восточно-Европейский журнал передовых технологий 3(9) 2004. с. 81-84.
6. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 19.04. 07*

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

Излагается методика расчета параметров проветривания тупиковых выработок с использованием характеристики вентилятора и графика зависимости расхода мощности вентилятора от величины подачи. Приведенные расчетные формулы включают все параметры вентиляционных систем местного проветривания.

Викладається методика розрахунку параметрів провітрювання тупикових виробок з використанням характеристики вентиляторів та графіка залежності витрат потужності вентилятора від величини подачі. Надані розрахункові формули включають всі параметри вентиляційних систем місцевого провітрювання.

The calculation procedure of dead-end output ventilation parameters with the usage of exhausters characteristics and the dependence diagram of the exhauster capacity consumption from the air supply is suggested. Calculation formulas include the local airing ventilation systems parameters.

При расчете проветривания тупиковой выработки предпочтение необходимо отдавать работе вентилятора местного проветривания (ВМП) со сплошной плавной кривой линии давления, не имеющей разрывов, горбов и впадин. Это обеспечивает устойчивую работу вентилятора на весь период его использования. При работе с постоянным углом поворота лопаток упрощается управление работой вентилятора и обеспечивает экономичность работы. Вентилятор должен работать в зоне промышленного использования. Вентиляторы снабжены устройствами, позволяющими осуществлять бесступенчатое регулирование режима работы, в верхней зоне выходных параметров (Q_v , h_v). Это производится поворотом лопаток направляющего аппарата на угол от 10 до 40°. Используя формулу, описывающую напорную характеристику, легко определить основные параметры работы вентилятора.

Излагается методика расчета вентиляционных систем местного проветривания с использованием характеристики и графика изменения мощности вентилятора местного проветривания (ВМП).

Напорная характеристика центробежного вентилятора при неизменяющемся угле поворота лопаток ($\Theta = \text{const}$) с достаточной точностью по материалам руководства [1], описывается формулой

$$h = a_0 - a_2 Q_v^2, \text{ даПа} \quad (1)$$

где Q_v – подача вентилятора, м³/с; a_1, a_2 – коэффициенты эмпирической формулы.

Депрессия вентилятора определяется по формуле [2]

$$h_e = R_{mp} Q_v Q_{zn} + v_{cp}^2 \rho / 2, \quad (2)$$

где R_{mp} – аэродинамическое сопротивление трубопровода, даПа·с²/м⁶; Q_{zn} – расход воздуха на выходе из трубопровода, м³/с; v_{cp} – средняя скорость движения воздуха на выходе из трубопровода, м/с; ρ – плотность воздуха, кг/м³.

$$v_{cp} = \frac{4Q_{3n}}{\pi D^2},$$

$$R_{mp} = 6,5 \frac{\alpha L}{D^5},$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления трубопровода, даПа·с²/м², L – длина трубопровода, м; D – диаметр трубопровода, м.

Характеристика вентилятора описывается при постоянном угле наклона лопаток Θ в зоне промышленного использования ($Q_n \dots Q_k$), где Q_n – начальная скорость движения воздуха на описываемом участке характеристики, Q_k – конечная скорость на участке.

Характеристика центробежного вентилятора ВМЦ-6 при угле наклона лопаток $\Theta = 30^\circ$ в пределах $Q_n = 3,5$ м³/с; $Q_k = 7,25$ м³/с описывается уравнением

$$h_s = 750 - 9,37Q_s^2, \text{ даПа}$$

Используя уравнение (1) и (2), получим зависимость

$$a_0 - a_2 Q_s^2 = R_{mp} Q_s Q_{3n} + \frac{8Q_{3n}^2 \rho}{\pi^2 D^4}, \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³. Q_{3n} определяется при решении уравнения

$$A_1 Q_{3n}^2 + A_2 Q_{3n} + a_2 Q_s^2 - a_0 = 0,$$

где $A_1 = \frac{8\rho}{\pi^2 D^4}$, $A_2 = 6,5 \frac{\alpha L Q_s}{D^5}$.

Принимая $\alpha = 0,0003$, $L = 500$ м. $D = 0,5$ м, $Q_s = 6$ м³/с, $\rho = 1,2$ кг/м³.

$$Q_{3n} = \frac{-A_2 + \sqrt{A_2^2 - 4A_1(a_2 Q_s^2 - a_0)}}{2A_1} = 1,9 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для определения величины утечек воздуха уравнение (3) записывается в виде

$$a_0 - a_2 K_{ym.mp}^2 Q_{3n}^2 = R_{mp} K_{ym.mp} \cdot Q_{3n}^2 + \frac{8Q_{3n}^2 \rho}{\pi^2 D^4},$$

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

Коэффициент утечек воздуха в трубопроводе определяется при решении уравнения

$$B_1 K_{ym.mp}^2 + B_2 K_{ym.mp} + B_0 = 0 \quad (4)$$

где $B_1 = a_2 Q_{3n}^2$, $B_2 = 6,5 \frac{\alpha L}{D^5} Q_{3n}^2$; $B_0 = \frac{8Q_{3n}^2 \rho}{\pi^2 D^4} - a_0$.

При ранее принятых исходных данных и $Q_{3n} = 1,9$ м³/с.

$$K_{ym.mp} = -\frac{-B_2 + \sqrt{B_2^2 - 4 \cdot B_1 \cdot B_0}}{2B_1} = 2,02.$$

Длина на которую данный вентилятор может подать заданный расход воздуха при известных других параметрах определяется формулой

$$L = \left(a_0 - a_2 Q_B^2 - \frac{8 Q_B^2 \rho}{\pi^2 D^4 K_{ym.mp}^2} \right) \frac{K_{ym.mp} D^5}{6,5 \alpha Q_B^2}. \quad (5)$$

Уравнение (5) позволяет определить начальную и конечную длину трубопровода (при работе с углом наклона лопаток $\Theta = \text{const}$) согласно Q_n и Q_k . Для вентилятора ВМЦ-6 с углом наклона лопаток 30° при использовании тех же исходных данных при $Q_n = 3,5 \text{ м}^3/\text{с}$ – $L_n = 1537 \text{ м}$; при $Q_k = 7,25 \text{ м}^3/\text{с}$ – $L_k = 32 \text{ м}$.

Необходимый диаметр трубопровода определяется при решении уравнения

$$K_2 D^5 + K_1 D + K_0 = 0, \quad (6)$$

где $K_2 = a_2 Q_B^2 - a_0$, $K_1 = \frac{8 Q_B^2 \rho}{\pi^2 K_{ym.mp}^2}$; $K_0 = \frac{6,5 \alpha L Q_B^2}{K_{ym.mp}}$.

При расчете диаметра трубопровода предварительно принимается значение $K_{ym.mp}$, полученное при решении уравнения (4), или по таблице 5.4 [1]).

В результате решения уравнения (6) и согласно ранее принятым исходным данным $D = 0,56 \text{ м}$. Принимаем стандартную величину диаметра $0,6 \text{ м}$.

Для определения оптимальной величины диаметра трубопровода вентиляционной системы местного проветривания эмпирической формулой описывается график зависимости мощности ВМП от величины подачи.

Эмпирическая форма для центробежного вентилятора

$$N = b_0 + b_1 Q_B - b_2 Q_B^2, \text{ кВт} \quad (7)$$

где b_0, b_1, b_2 – коэффициенты эмпирической формулы.

Для вентилятора ВМЦ-6 при угле наклона лопаток $\Theta = 30^\circ$ формула в пределах $Q_n = 3,5 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_k = 7,25 \text{ м}^3/\text{с}$ будет

$$N = 13 + 7,63 Q_B - 0,688 Q_B^2.$$

Согласно уравнению (1)

$$Q_B^2 = \frac{a_0}{6,5 \frac{\alpha L}{D^5} + a_2}.$$

Уравнение (7) можно записать в виде

$$N = b_0 + b_1 Q_B - \frac{b_2 a_0}{\frac{6,5 \alpha L}{D^5} + a_2}.$$

Стоимость 1 м полихлорвинилового трубопровода описывается эмпирической формулой

$$\mathcal{E}_{mp} = f_0 + f_1 D,$$

где f_0 и f_1 – коэффициенты эмпирической формулы.

Принимается $\mathcal{E}_{mp} = 10,925 + 111,25 D$ грн/м.

Если интеграл $f(\lambda) = \int_a^b f(x, \lambda) dx$ является функцией по параметру λ и частная производная $\frac{df(x, \lambda)}{d\lambda}$ находится в прямоугольнике $a \leq x \leq b$, $\alpha \leq \lambda \leq \beta$, то существует производная

$$\frac{df(\lambda)}{d\lambda} = \frac{d}{d\lambda} \int_a^b f(x, \lambda) dx = \int_a^b \frac{df(x, \lambda)}{d\lambda} dx.$$

При движении воздуха по трубопроводу изменяется длина трубопровода. Рассчитывая длину L как параметр функции $f(L, D)$, производная функции, определяющая минимум стоимости электроэнергии, определится при вычислении интеграла

$$\frac{d\mathcal{E}_{эл}}{dD} = \frac{d}{dD} \int_{L_H}^{L_K} \frac{b_0 + b_1 Q_B - b_2 a_0 / \left(\frac{6,5\alpha L}{D^5} + a_2 \right)}{dD} \frac{T \cdot c \cdot dL}{3600},$$

где L_H, L_K – соответственно начальное и конечное расстояние конца трубопровода от вентилятора, м.

T – число часов работы вентилятора в течение изменения длины трубопровода от L_H до L_K , c – стоимость 1 кВтч электроэнергии, грн.

$$\int_{L_H}^{L_K} \frac{b_0 + b_1 Q_B - b_2 a_0 / \left(\frac{6,5\alpha L}{D^5} + a_2 \right)}{dD} dL = \int_{L_H}^{L_K} - \frac{32,5 \cdot b_2 a_0 \alpha L}{\left(\frac{6,5\alpha L}{D^5} + a_2 \right)^2 D^6} dL. \quad (8)$$

Вычисление интеграла (8) можно произвести, используя теорему о среднем интегрального исчисления. Согласно этой теореме определенный интеграл равен произведению длины промежутка интегрирования (a, b) на значение подынтегральной функции в некоторой точке ζ промежутка (a, b) .

$$\int_a^b f(x) dx = (b - a) f(\zeta),$$

$$(a \leq \zeta \leq b),$$

где ζ – среднее арифметическое между a и b

$$\zeta = \frac{b^2 - a^2}{2(b - a)} = \frac{a + b}{2}$$

После квадратирования выражения (8) с использованием теоремы о среднем интегрального исчисления критическое значение диаметра трубопровода определяется при решении уравнения

$$- \frac{8,125 a_0 b_2 \alpha (L_K - L_H)^2}{\left(1,625 \alpha (L_K - L_H) D^{-5} + a_2 \right)^2 D^6} \cdot \frac{T \cdot c}{3600} + \frac{f_1(L_K - L_H)r}{100} = 0, \quad (9)$$

где r – часть затрат на амортизацию и ремонт трубопровода, по отношению к стоимости трубопровода, %.

Найденное критическое значение D при решении уравнения (9) будет оптимальным (D_{opt}), так как $\frac{d^2 \mathcal{E}_{эл}}{dD^2} > 0$.

Принимая в качестве исходных данных параметры вентилятора ВМЦ-6 при $\Theta = 30^\circ$, $T = 9000$ час, $c = 0,30$ грн., $r = 30\%$, $\alpha = 0,0003$, $f_l = 111,25$, оптимальный диаметр трубопровода будет $D_{opt} = 0,8$ м.

Работа вентилятора всегда более выгодна при постоянном угле наклона лопаток направляющего аппарата.

В табл. 1 приведены данные по расходу мощности вентиляторной установки ВМЦ-6 в зависимости от подачи и угла наклона лопаток направляющего аппарата.

Таблица 1

Подача ВУ, м ³ /с	Угол наклона лопаток, градус			
	10	20	30	40
4	630	620	600	560
5	580	550	520	460
6	520	470	420	330
7	420	360	290	170

Как видно (табл.1) значения мощности во всех колонках при $\Theta < 40^\circ$ доминируют по отношению мощности при угле наклона лопаток 40 градусов. При изменении подачи вентилятора от 4 до 7 м³/с целесообразно сохранять угол наклона лопаток 40 градусов, что соответствует минимальному расходу электроэнергии.

Уравнение (1) позволяет определить оптимальную подачу вентилятора при решении дифференциального уравнения $\frac{dN}{dQ_B} = 0$.

Критическое значение подачи вентилятора

$$Q_B = \frac{b_1}{2b_2}.$$

Так как $\frac{d^2 N}{dQ_2} < 0$, то найденное критическое значение будет максимальной величиной подачи вентилятора.

Используя формулу (3) можно определить максимальный расход воздуха, поступающего в призабойное пространство при решении уравнения.

$$F_2 Q_{3n}^2 + F_1 Q_{3n} + F_0 = 0 \quad (10)$$

где $F_2 = \frac{8\rho}{\pi^2 D^4}$; $F_1 = \frac{3,25\alpha L}{D^5} \cdot \frac{b_1}{b_2}$; $F_0 = -a_0 + \frac{a_2 b_1^2}{4b_2^2}$;

При исходных данных $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$, $D = 0,8 \text{ м}$, $\alpha = 0,0003$, $L = 800 \text{ м}$, и при работе вентилятора ВМЦ-6 ($\Theta = 30^\circ$)

$$Q_{zn} = \frac{-F_1 \pm \sqrt{F_1^2 - 4F_0F_2}}{2F_2} = 0,045 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Необходимые расходы воздуха для проветривания тупиковых выработок не должны превышать величины расхода, определяемую при решении уравнения (10)

$$Q_{znpi} \leq Q_{zn}$$

где Q_{znpi} – максимальный расчетный расход воздуха для проветривания тупиковой выработки по требуемым параметрам.

$$Q_{znpi} = \max(Q_{zn1}, Q_{zn2}, Q_{zn3}, Q_{zn4}, Q_{zn5}),$$

где значения Q_{znpi} определяется согласно формулам [1]:

$$Q_{zn1} - (5.1); Q_{zn2} - [(5.2) \text{ или } (5.3)]; Q_{zn3} - (5.8); Q_{zn4} - (5.9); Q_{zn5} - (5.10).$$

Скорость в призабойном пространстве согласно Q_{zn} , определенному при решении уравнения (10), будет равна $v = \frac{Q_{zn}}{S}$, м/с, где S – площадь поперечного сечения тупиковой выработки в призабойном пространстве, м^2 . Она должна соответствовать требованию табл. 8.8 [3]

Депрессия подачи вентилятора определяется эмпирической формулой

$$h_B = a_0' - a_2'\theta^2, \quad (11)$$

где Θ – угол поворота лопаток направляющего аппарата, a_0' , a_2' – коэффициенты эмпирической формулы.

Для вентилятора ВМЦ-6 при подачи вентилятора $Q_B = 6 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$h = 523,125 - 0,125\Theta^2.$$

Зависимости (1) и (11) могут объединяться. Любые парные зависимости могут быть объединены во множественное уравнение, которое обычно получают суммированием выражений одномерных зависимостей, когда все функциональные преобразования одинаковы. Зависимость (1) и зависимость (11) одномерные выражения параболического типа.

После объединения множественное уравнение будет в виде

$$h = f_0' + f_1'Q_B^2 + f_2'\Theta^2, \quad (12)$$

где коэффициенты f_0' , f_1' , f_2' определяются по методу наименьших квадратов.

Для 3-х режимов работы вентилятора ВМЦ-6, параметры которых приведены в табл.2 зависимость (12) определяется формулой множественной регрессии

$$h = 195 + 28,33Q^2 - 0,88\Theta^2$$

Таблица 2

Q, $\text{м}^3/\text{с}$	5	6	7
Θ , град	20	30	40
N, кВт	550	420	170

Уравнение (12) можно преобразовать, принимая $h = 6,5 \frac{\alpha L}{D^5} Q_B^2$.

Необходимый угол поворота лопаток с целью обеспечения поступления воздуха на конец трубопровода равном Q_{zn} , при заданной длине L и диаметре трубопровода D определяется по формуле

$$\Theta = \sqrt{\frac{1}{f_2} \left[K_{ум.пр}^2 Q_{zn}^2 \left(\frac{6,5\alpha L}{D^5} - f_1 \right) - f_0 \right]}$$

Методика расчета систем местного проветривания при использовании характеристики и графика зависимости мощности вентилятора от величины подачи воздуха позволит получить исходные данные для расчета и более обоснованные результаты расчета.

Расширение ввода в вентиляционные расчеты параметров напорной характеристики вентиляторов позволит получить более обоснованные результаты расчета и простые аналитические зависимости между основными параметрами входящими в вентиляционные модели. Материалы статьи могут быть использованы при расчетах в процессе эксплуатации шахт, а также при расчетах, связанных с реконструкцией вентиляции шахт.

Литература

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994.–311 с.
2. Рудничная вентиляция: Справочник / Под ред. К.З. Ушакова. – М.: Недра, 1988. – 440 с.
3. Правила безпеки у вугільних шахтах. – К.,2000 р.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинько В.И.
Поступила в редакцию 19.04.07*

УДК 621.3:622

© А.К. Котляров

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДЫ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТ

Досліджено вплив на вибухові властивості метаноповітряних сумішей свіжеутвореного і відкладеного вугільного пилу. Встановлено, що для оцінки вибуховості пилогазової суміші з відкладеним пилом можна використовувати лінійний вираз Ле-Шетель'є, а в суміші зі свіжеутвореним пилом лінійна залежність порушується.

Исследовано влияние на взрывчатые свойства метановоздушных смесей свежесформированной и отложившейся угольной пыли. Установлено, что для оценки взрываемости пылегазовой смеси с отложившейся пылью можно использовать линейное выражение Ле-Шетелье, а в смеси со свежесформированной пылью линейная зависимость нарушается.

Influence on explosive properties methane mixes again formed and the postponed coal dust is investigated. An estimation of explosively powder gas the mix with the postponed dust can use linear expression it is established. Le-Shetele, and in a mix with again formed the dust linear dependence is broken.

Несмотря на принимаемые в настоящее время меры, направленные на предупреждение аварийности и травматизма, угольная промышленность Украины по-прежнему занимает одно из лидирующих мест по уровню аварийности и травматизма. Большинство шахт Донбасса являются опасными по газу и пыли. С увеличением глубины разработки и интенсификацией угледобычи увеличивается газовыделение в горные выработки, что приводит к росту потенциальной опасности возникновения взрывов. Поэтому вопросы предупреждения взрывов газа и пыли сегодня являются чрезвычайно актуальными для угольной промышленности.

Важная роль в системе мероприятий, направленных на предупреждение взрывов, отводится контролю взрывобезопасности и проведению профилактических мероприятий, направленных на недопущение образования взрывчатых концентраций пыли при ее взметывании со стенок горных выработок шахт.

Взрывоопасная ситуация в горных выработках угольных шахт возникает при накоплении в них метана и угольной пыли в таком количестве, которое, в смеси с воздухом, образует взрывчатую концентрацию. Правилами безопасности в угольных шахтах [1] устанавливаются недопустимые концентрации метана и параметры способов и средств пылевзрывозащиты горных выработок, которые принимаются исходя из нижнего предела взрываемости отложившейся угольной пыли. Величина этого предела зависит от содержания летучих и негорючих веществ в угле [2]. Наличие метана снижает нижний предел взрываемости отложившейся пыли, что учитывается правилами безопасности при выборе параметров способов и средств пылевзрывозащиты горных выработок в зависимости от концентрации метана.

Вопросам влияния свойств угля и метана на взрывчатость угольной пыли посвящено значительное количество публикаций [3-6] из которых следует, что нижний предел взрываемости отложившейся угольной пыли повышается при увеличении содержания негорючих веществ и снижается при увеличении содержания летучих. Наличие метана в рудничной атмосфере также приводит к снижению этого предела, однако, имеющиеся сведения относительно взрывчатых свойств пылеметановоздушной смеси являются противоречивыми. Устранение этих противоречий и является целью настоящей публикации.

При выборе параметров способов и средств пылевзрывозащиты горных выработок в соответствии с [2], периодичность проведения противопылевых мероприятий T_h в горной выработке шахты составляет

$$T_h = \frac{KK_{CH_4} C_{noH}}{P_1}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, характеризующий продолжительность защитного действия противопылевого мероприятия (например, $K=1$ при обмывке); K_{CH_4} – коэффициент, учитывающий влияние содержания метана в атмосфере выработки; C_{noH} – нижний предел взрываемости отложившейся угольной пыли, г/м³; P_1 – интенсивность пылеотложения, г/(м³·сут).

При $C_{noH} = 40 \text{ г/м}^3$ и содержании метана в исходящей добычного участка 1,0 %об. величина коэффициент $K_{CH_4} = 0,5$. Тогда концентрация пыли при ее взметывании со стенок выработки, к концу периода, рассчитанная исходя из выражения (1), может составлять 20 г/м^3 .

Принято считать, что взрывчатость пылегазовой смеси описывается линейным выражением Ле-Шетелье [7]. Определим для такого случая нижний предел взрываемости метана C_{mnH} для выработки шахты при концентрации пыли 20 г/м^3

$$C_{mnH} = C_{mH} \left(1 - \frac{C_{n\phi}}{C_{nH}} \right), \quad (2)$$

где C_{mH} - нижний предел взрываемости метана в воздухе, $C_{mH} = 5,0$ %об.;

$C_{n\phi}$ - фактическая концентрация пыли при взметывании, г/м^3 .

В случае, когда концентрация пыли при переходе ее во взвешенное состояние доходит до 20 г/м^3 , фактический нижний предел взрываемости метана в воздухе, определенный по выражению (2), составит $C_{mnH} = 2,5$ %об.

С другой стороны, согласно [8] нижний предел взрываемости угольной пыли при наличии метана может быть определен по выражению

$$C_{nmH} = C_{nH} \exp(-0.69C_m), \quad (3)$$

где C_{nmH}, C_{nH} - соответственно нижний предел взрываемости пыли при наличии и отсутствии метана, г/м^3 ; C_m - концентрация метана, %об.

Если известна концентрация взвешенной угольной пыли и ее нижний предел взрываемости, то предел взрываемости метановоздушной смеси при наличии пыли C_{mnH} определяется как [8]

$$C_{mnH} = 1,45(\ln C_{nH} - \ln C_{nmH}). \quad (4)$$

Исходя из выражения (3) при концентрации метана 1 %об. получим нижний предел взрываемости пыли $C_{nmH} = 20,0 \text{ г/м}^3$, а предел взрываемости метановоздушной смеси при наличии 20 г/м^3 взвешенной угольной пыли, вычисленный по выражению (4), составит $C_{mnH} = 1,0$ %об.

Как видно, нижние пределы взрываемости метановоздушной смеси при наличии одной и той же концентрации пыли, рассчитанные исходя из выражения (4) отличаются в 2,5 раза от величин, рассчитанных по линейному выражению (2), что свидетельствует о противоречивости подходов к определению взрывчатых свойств пылегазовых смесей и недостаточной изученности процессов.

Другие исследователи [9,10] также отмечают отклонения взрывчатых свойств смесей от линейной зависимости Ле-Шетелье. Так, в работе [9] предложено взрывчатые свойства пылеметановоздушных смесей описывать зависимостью

$$\left(\frac{C_{m\phi}}{C_{mH}} \right)^m + \left(\frac{C_{n\phi}}{C_{nH}} \right)^m = 1, \quad (5)$$

где m – показатель степени.

Тогда нижний предел взрываемости смеси, определенный исходя из выражения 5 будет равен

$$C_{mnH} = C_{MH} \left(1 - \left(\frac{C_{n\phi}}{C_{nH}} \right)^m \right)^{1/m}, \quad (6)$$

Величина показателя степени, согласно [9], может быть рассчитана как $m = 0,665 - 0,0262C_m$. Для сопоставления, на рис. 1 приведены нижние пределы взрываемости пылеметановоздушной смеси рассчитанные исходя из линейной зависимости (2), а также по выражениям (4) и (6).

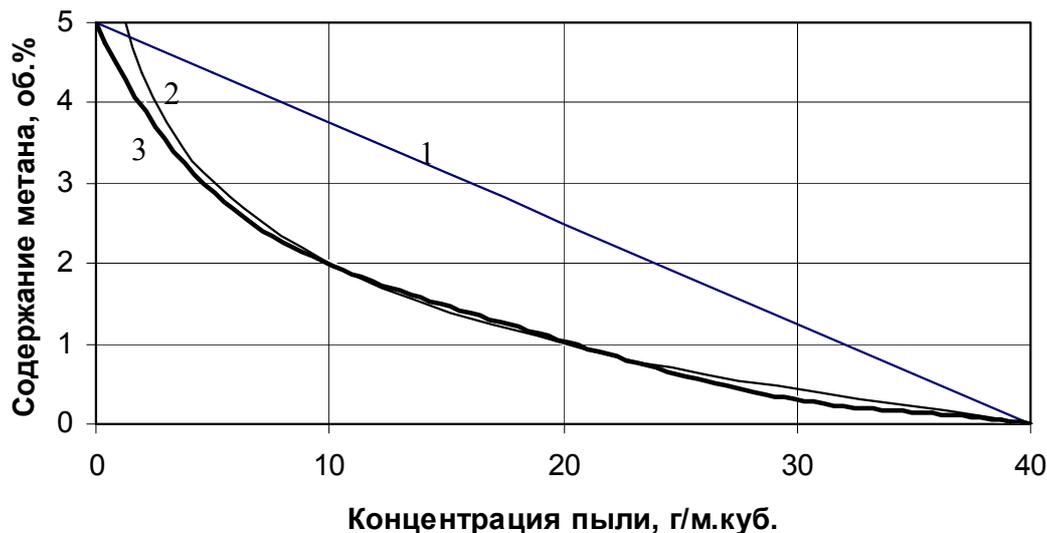


Рис. 1. Нижние пределы взрываемости пылеметановоздушной смеси: 1 - по выражению (2); 2 - по выражению (4); 3 - по выражению (6).

Как видно из рисунка, в случае, когда концентрации метана и взвешенной пыли соответственно равны 1 %об. и 20 г/м³, при линейной зависимости взрывчатых свойств пылеметановоздушных смесей от содержания компонентов имеется существенный резерв взрывобезопасности (равный 2,5 по метану), так как при такой концентрации пыли смесь становится взрывчатой только при концентрации метана 2,5 %об. В то же время при нелинейной зависимости и указанных величинах концентраций смесь фактически находится на нижнем пороге взрываемости и указанный резерв взрывобезопасности отсутствует.

С целью устранения указанного противоречия нами была выполнена серия экспериментов по определению взрывчатых свойств пылегазовой смеси с свежесформованной и лежалой угольной пылью одного вещественного состава.

Выполненный анализ существующих технических средств для исследования взрывчатых свойств газов и пыли, а также опыт создания приборов для контроля содержания пыли и метана в шахтной атмосфере, включая технические средства (стенды) для их аттестации и поверки, позволил нам разработать установку для исследования взрывчатых свойств пылегазовых смесей, схема которой представлена на рис. 2.

Идея, на которой основана работа установки, заключается в непрерывной продувке метановоздушной смеси известной концентрации через генератор пыли и подаче образовавшейся пылеметановоздушной смеси во взрывную камеру, наборе на аэрозольном фильтре пробы пыли, достаточной для определения фактической концентрации пыли в камере, а затем инициирование взрыва искровым воспламенителем.

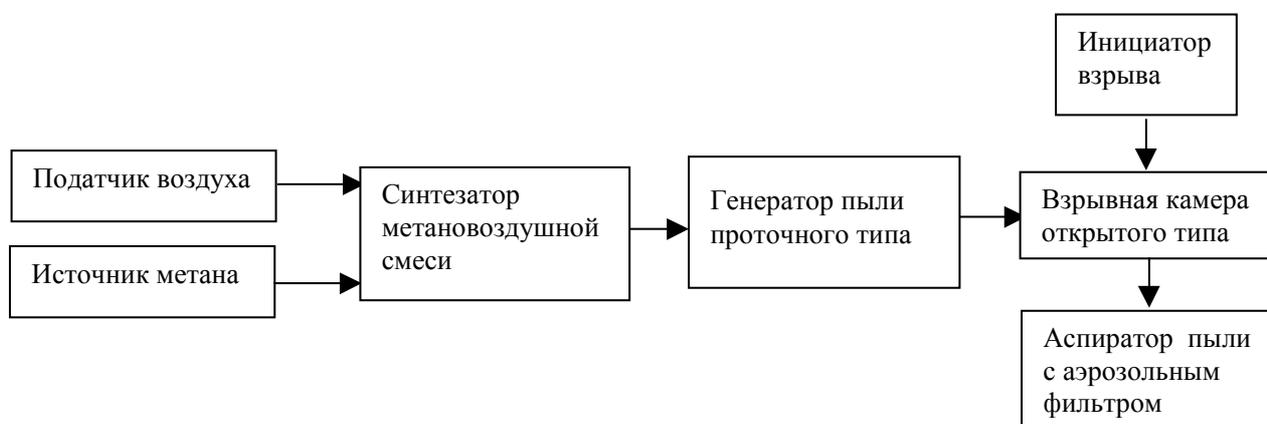


Рис. 2. Схема установки для исследования взрывчатых свойств пылегазовых смесей

Схема предполагает использование взрывной камеры открытого типа. Ее объем, был выбран таким, чтобы обеспечить необходимые взрывные концентрации угольной пыли (вплоть до 40 г/м^3) и безопасность при работе со взрывными концентрациями метана (от 5,6 до 18 % по объему).

Синтезатор обеспечивает приготовление метановоздушной смеси либо заданной концентрации, либо установившейся, величины которых определяют соответственно по устанавливаемому или по фактическому давлению воздуха и метана на входах синтезатора, измеряемым образцовым манометром, а полученная смесь непрерывно подавалась через генератор пыли проточного типа во взрывную камеру.

Проточный пылеподатчик состоит из разборного металлического стакана диаметром около 10 см с подающим и выпускным патрубками для подсоединения шлангов, электродвигателя, на валу которого закреплен массивный эксцентрик, а также стола, установленного на упругих резиновых элементах, на котором двигатель закреплялся жестко, а стакан на упругом элементе. При включении электродвигателя стол вибрировал и вызывал тряску стакана, в который предварительно загружались кусочки угля и металлические шары или заранее измельченный угольный порошок. Таким путем производилось виброизмельчение угля, а свежесформованная пыль или порошок (лежалая пыль) под напором метановоздушной смеси выдувалась во взрывную камеру, где в конечной фазе каждого опыта (после набора пробы на фильтр) производилось поджигание смеси искровым воспламенителем.

Верхняя часть взрывной камеры представляет собой металлическую трубку с подающим патрубком. Нижняя часть трубки заканчивается раструбом, к которому прикреплена цилиндрическая предохранительная бленда из про-

зрачного материала, что обеспечивает наблюдение за процессом поджога смеси. В металлической трубке имеются поперечные отверстия, у которых установлены с противоположных сторон лазерный источник света и фотоприемник. Последний подключен к микроамперметру, который служит для контроля оптической плотности пылегазового потока. В бленду вмонтирован электрод, острие которого заведено в металлическую трубку, где производилось поджигание смеси. К электроду подключен высоковольтный источник напряжения, инициирующий искру в камере. Энергия искры подбиралась для обеспечения поджога газа и угольной пыли. Под блендой размещен аэрозольный фильтр большой пылеемкости, закрепленный в воронкообразном аллонже, который подсоединялся к аспиратору.

Оптическая плотность пылегазовой смеси оценивалась по электронному микроамперметру подключенному к упомянутому выше фотоприемнику. По величине тока фотоприемника производилась регулировка подачи газа и вибрационного податчика пыли, что позволяло создавать смесь в требуемом диапазоне концентрации пыли, определение которой производилось по массе осадка пыли m на аэрозольном фильтре и расходу q газовой смеси за время t поступления смеси при каждом опыте по формуле

$$C = m / (q \cdot t), \text{ г/м}^3. \quad (7)$$

Оценка воздействия пыли на взрывчатые свойства метановоздушной смеси производилась для свежееобразованной угольной пыли, полученной путем непосредственного измельчения угля в стакане вибрационного пылеподатчика и лежалого угольного порошка, т.е. предварительно размолотого до состояния пылевидного порошка угля, который пролежал на открытом воздухе не менее трех недель. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Некоторые результаты исследований взрывчатых свойств
пылеметановоздушной смеси

№ п/п	№ фильтра	Концентрация метана, %	Концентрация свежееобразованной угольной пыли ($C_{св}$), г/м ³	Концентрация лежалого угольного порошка ($C_{см}$), г/м ³
1	2	3	4	5
1	11	0	31	
2	10	0,5	23	
3	17	0,5	27	
4	9	0,7	19	
5	8	1,1		40
6	7	1,6	16	
7	16	2,2		28
8	6	2,5	18	
9	5	3,4	7,2	
10	15	3,1		31

1	2	3	4	5
11	4	3,6	11	
12	14	4,3		13
13	3	4,5	3,3	
14	2	4,9	4,1	
15	13	5		14
16	1	5,4	1,1	
17	12	5,5		6,5
18	контроль	6	0	0

Сопоставление полученных экспериментальных значений нижних пределов взрываемости пылеметановоздушной смеси с данными, приведенными на рис. 1, не позволяют с высокой достоверностью отнести их к линейной, или нелинейной зависимости, из-за значительной дисперсии полученных результатов (среднеквадратичное отклонение от средних в каждой из двух серий опытов достигает 40%). Однако для свежееобразованной пыли все же проявляется тенденция отклонения данных в сторону нелинейной зависимости (рис. 3). Это можно пояснить наличием в свежееобразованной пыли значительного количества легких летучих углеводородных соединений, которые несколько понижают концентрационный порог взрываемости смеси по метану. В отличие от этого из лежалой пыли, в результате длительного хранения мелкодиспергированного угля на открытом воздухе, значительная часть этих соединений улетучилась.

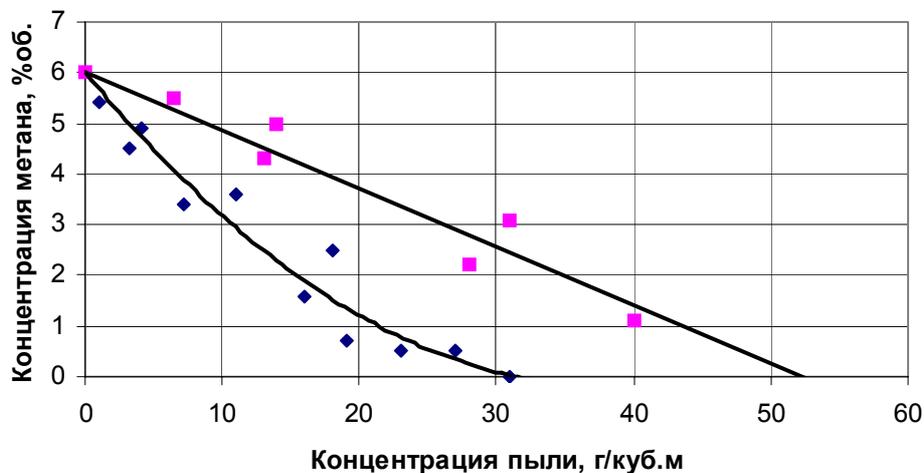


Рис. 3. Зависимость воспламенения пыле-метано-воздушной смеси от соотношения в ней концентрации пыли и метана:

◆ — для свежееобразованной пыли; ■ — для лежалой пыли.

Из-за того, что конструктивные особенности пылеподатчика не позволили получить концентрацию пыли в газовой смеси свыше 40 г/м^3 , пылевоздушную смесь с лежалой пылью без добавления метана при проведении эксперимента воспламенить не удалось.

По данным МакНИИ [8] агрегатное состояние пыли оказывает существенное влияние на ее взрывчатые свойства. Так, если при высоком содержании летучих веществ нижний предел взрываемости взвешенной свежееобразованной угольной пыли может составлять $17 - 18 \text{ г/м}^3$, то нижний предел взрываемости

отложившейся угольной пыли того же вещественного состава примерно в 2,5 раза выше. Для определения этого предела авторы работы [8] рекомендуют использовать следующее эмпирическое выражение

$$C_{noH} = 133,2 \exp(-0,045V^{\Gamma}) + 3,5A^C \exp(-0,032V^{\Gamma}), \quad (8)$$

где V^{Γ} – выход летучих веществ, %; A^C – зольность угля, %.

Таким образом, проведенными исследованиями показано, что для оценки взрываемости пылегазовой смеси с отложившейся пылью можно использовать линейное выражение Ле-Шетелье, а в смеси со свежеобразованной пылью линейная зависимость нарушается. Подтверждено, что агрегатное состояние пыли оказывает существенное влияние и на взрывчатые свойства пылегазовых смесей. Во всем диапазоне концентраций метана наблюдается существенная разница между взрываемостью свежеобразованной и лежалой пыли. Нижний предел взрываемости взвешенной свежеобразованной угольной пыли при наличии одной и той же концентрации метана в 2 – 2,5 раза ниже, чем у лежалой пыли.

В шахтных условиях, в зависимости от места накопления и интервала времени между проведением противопылевых мероприятий взрывчатые свойства отложившейся угольной пыли могут существенно отличаться. Очевидно, что на участках вентиляционных штреков примыкающих к лавам и иных местах интенсивного пылеотложения, где противопылевые мероприятия должны осуществляться не реже одного раза в сутки или даже смену, отложившаяся пыль является более свежей, менее влажной, склонной к переходу во взвешенное состояние и созданию взрывоопасных смесей. В местах, где противопылевые мероприятия проводятся с большой периодичностью (десятки суток и более) с течением времени отложившаяся пыль выветривается, увлажняется, происходит аутогезия мелких частиц, пыль становится менее склонной к переходу во взвешенное состояние и созданию взрывоопасных смесей. В то же время вопрос динамики процесса старения пыли, иными словами, как быстро после образования пыли протекают процессы ее старения и изменения взрывчатых свойств, остается открытым и требует проведения дополнительных исследований.

Литература

1. НПАОП 10.0-1.01-05. Правила безпеки у вугільних шахтах. – К.: Відлуння, 2005. – 398 с.
2. Збірник інструкцій до правил безпеки у вугільних шахтах. Т.1. – К.: Мінпаливенерго України, 2003. – 480 с.
3. Предупреждение взрывов пылеметановоздушных смесей /В.И.Мамаев, Ж.А.Ибраев, В.А.Лигай и др. – М.: Недра, 1990. – 159 с.
4. Мясников А.А., Старков С.П., Чикунов В.И. Предупреждение взрывов газа и пыли в угольных шахтах. – М.: Недра, 1985. – 180 с.
5. Осипов С.Н. Борьба со взрывами газа в горных выработках. – М.: Недра, 1972. – 159 с.
6. Стефанюк Б.М., Кайдо И.И., Фомичев С.Г. Профилактика взрывов метана и угольной пыли на шахтах. – Уголь. – 2000. – №3. – С. 47-48.
7. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. – Киев: Наукова думка, 1987. – 830 с.
8. Предупреждение взрывов пыли в угольных и сланцевых шахтах / П.М.Петрухин, М.И. Нецепляев, В.Н.Качан и др. – М.: Недра, 1974. – 304 с.
9. Стефанюк Б.М. О взрываемости пылеметановоздушной среды. – Новокузнецк. Деп. в научной библиотеке ЛНУ №3595–58. –2001. – 36 с.
10. Ткачук С.П., Колосюк В.П., Ихно С.А. Взрыво-пожаробезопасность горного оборудования. – Киев: Основа, 2000. – 696 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинько В.И.
Поступила в редакцию 25.04.07*

МЕТОД АВТОСЕГМЕНТАЦИИ НИЗКО КОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК ЗАДАЧА СИНТЕЗА ЦИФРОВОГО ГРЕБЕНЧАТОГО ФИЛЬТРА С ЗАПАЗДЫВАЮЩЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Рассмотрены информационные возможности нового метода повышения чувствительности процедуры сегментации низко контрастных изображений. Суть метода основана на использовании яркостей в виде значений запаздывающих обратных связей в структуре цифрового гребенчатого фильтра. Представлены результаты реальной проверки работоспособности метода.

Розглянуто інформаційні можливості нового методу підвищення чутливості процедури сегментації низько контрастних зображень. Суть методу полягає у використанні яскравостей у вигляді значень запізнювальних зворотних зв'язків у структурі цифрового гребінчастого фільтру. Представлені результати реальної перевірки працездатності методу.

Information possibilities of a new method increasing segmentation sensitivity of low contrast images are considered. The main idea of the method is based on using brightnesses of image as values delaying feedback of digital comb filter. Results of real testing of the method possibilities are presented.

Вступление. Задача сегментации низко контрастных изображений связана с выделением визуально неразличимых информативных участков, особенно на изображениях геофизических полей Земной поверхности. Для этих целей наиболее часто используется метод К-средних [1] и метод нечетких С-средних [2]. Однако эти методы требуют априорного задания числа кластеров и по своей структуре относятся к классу итеративных, причем сходимость итерационного процесса к глобальному минимуму не гарантируется. Поэтому анализ изображений на основе указанных выше методов целесообразно проводить на основе сопоставления с результатами каких то других методов, дающих первоначальное представление, как о возможном числе кластеров, так и возможных различиях в самих индивидуальных кластерах. При этом желательной является такая обработка, при которой была бы возможна процедура автосегментации анализируемого изображения, без использования какой-либо информации об ожидаемом числе кластеров. Как это хорошо известно, такими свойствами обладает нейронная сеть Кохонена [3], однако ее использование для однопараметровых (т.е. обычных яркостных) изображений, по нашему мнению, представляется, как минимум, неэкономичным и зачастую может даже не облегчить, а затруднить анализ из-за выявления слишком большого числа кластеров. Поэтому актуальной является разработка простого метода автосегментации, основанного особенностях самого анализируемого изображения, а не на эвристических алгоритмах типа сетей Кохонена.

Целью работы является демонстрация информационных возможностей нового метода на примере анализа изображения геофизического потенциально поля и его сопоставление с известными методами сегментации изображений.

Постановка задачи. Разработка и исследование метода автосегментации низко контрастных изображений на основе использования значений их яркостей в виде коэффициентов усилений положительных обратных связей цифровых гребенчатых фильтров.

Основная часть. Уяснение сути предлагаемого метода невозможно без изменения взгляда на саму физико-математическую модель изображения. В соответствии с общепринятым подходом, изображение, например, геофизического поля рассматривается в виде топологической картины распределения яркостей. Учитывая пиксельную структуру цифровых изображений, мы представим изображение в виде набора трубок имеющих одинаковый диаметр, но разную длину равную величине значения яркостей пикселей изображения. Такая модель позволяет представить изображение в виде некоторого аналога «органа», характеризуемого различными резонансными частотами. Последнее позволяет формально использовать математические методы теории резонанса для решения задач сегментации низко контрастных изображений на основе синтеза гребенчатых фильтров с запаздывающей обратной связью [4].

На рис. 1 представлена структурная схема гребенчатого фильтра, в котором цепь обратной связи помимо масштабного усилительного звена с постоянным коэффициентом передачи β содержит устройство задержки сигнала на время $\tau(x, y) = I(x, y)$, где $I(x, y)$ - амплитуда исходного изображения.

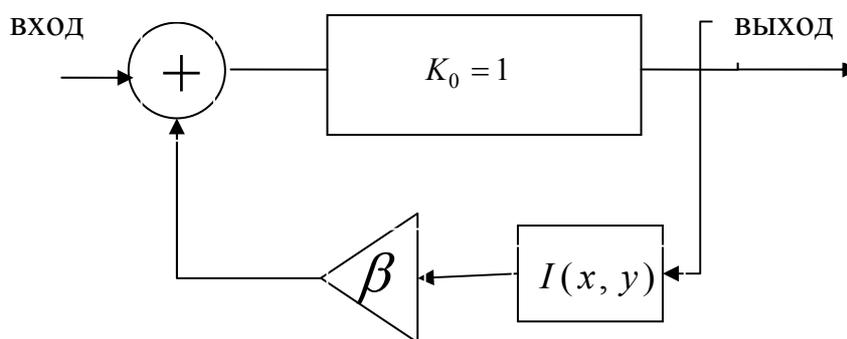


Рис.1 Структурная схема гребенчатого фильтра с запаздывающей обратной связью

Коэффициент передачи такого фильтра $H_{(x,y)}(j\omega)$ имеет вид

$$H_{(x,y)}(j\omega) = \frac{K_0}{1 + \beta K_0 \exp(j\omega\tau(x, y))}, \quad (1)$$

где ω рассматривается в качестве циклической частоты. Если $\beta K_0 \ll 1$, то система является устойчивой. Ее амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики описывается периодическими кривыми с чередующимися максимумами и минимумами (рис. 2), т.е. характер обратной связи оказывается различным на разных частотах.

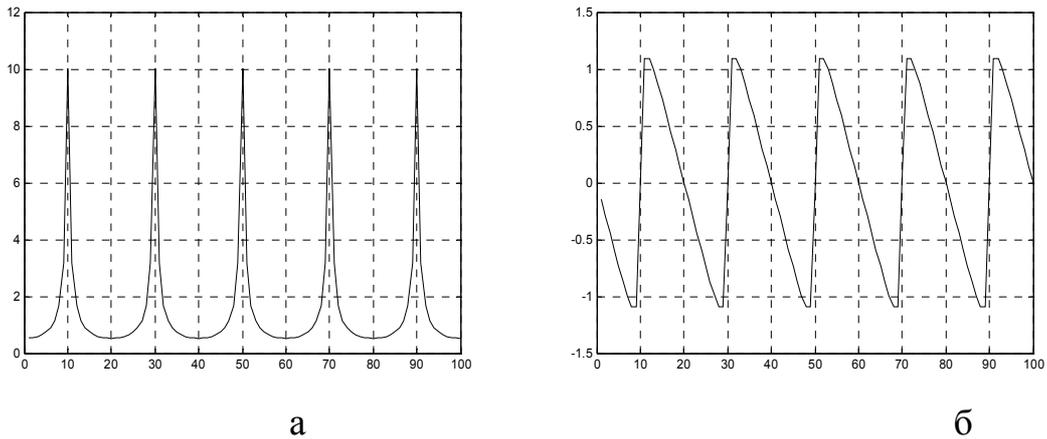


Рис.2 Амплитудно-частотная (а) и фазо-частотная (б) характеристики гребенчатого фильтра (горизонтальные оси – частотные)

Таким образом, запаздывающая обратная связь позволяет синтезировать частотно-избирательные резонансные системы с периодическими амплитудно-частотными характеристиками (отчего и происходит название – гребенчатый фильтр).

Необходимо отметить, что в силу обратных размерностей частоты и времени задержки, величина в экспоненте выражения (1) является безразмерной, что открывает возможность проведения прямой аналогии между выражением (1) и задачей сегментации изображений на основе использования модифицированного выражения (2)

$$H_{(x,y)}(j\omega) = \frac{1}{1 + \beta \exp(j2\pi / I(x,y))}. \quad (2)$$

В этой связи необходимо отметить несколько важных обстоятельств.

1. В выражении (2) можно было бы поставить $I(x,y)$ в числитель экспоненты, но, как показали наши эксперименты, это привело бы к значительному уменьшению чувствительности процедуры сегментации.

2. Внесение $I(x,y)$ в знаменатель экспоненты привело к чрезмерной чувствительности процедуры сегментации, но лишь «темных» участков анализируемого изображения.

3. Для повышения чувствительности сегментации «светлых» участков, как показали эксперименты, целесообразно работать и с инвертированными изображениями.

4. Для уменьшения «чрезмерной» чувствительности процедуры сегментации необходимо использовать предварительную процедуру выравнивания гистограммы исходного изображения (градационная коррекция).

5. Параметр β выбирался в пределах $0.6 \div 0.9$. Уменьшение значения β приводит к понижению добротности резонансной амплитудно-частотной характеристики (амплитуда резонансных пиков уменьшается, а их ширина увеличивается, что приводит к уменьшению чувствительности процедуры сегментации или выделения границ кратночастотных контуров).

6. При использовании выражения (2), естественно, необходимо принимать меры во избежание процедуры деления на нуль.

На рис. 3 а представлено исходное изображение электрического потенциального поля участка Земной поверхности и его эквализированный вариант (рис. 3 б).

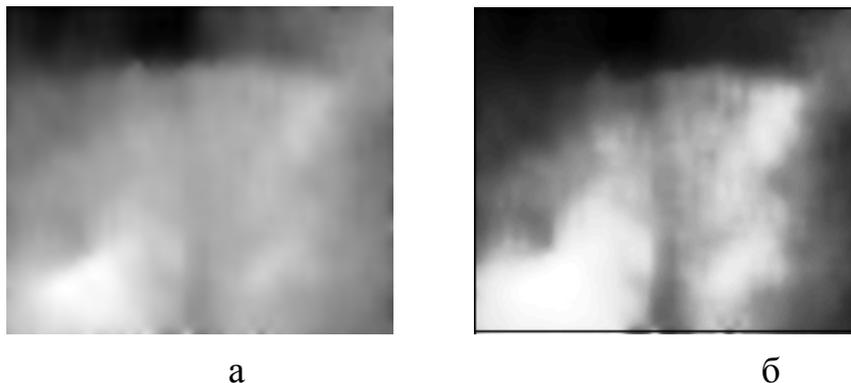


Рис.3 Исходное изображение (а) и результат применения метода эквализации гистограмм (б)

На рис. 4 приведены гистограммы изображений представленных на рис. 3.

На рис. 5 представлены результаты применения метода нечетких С - средних (10 заданных кластеров) и метода основанного на использовании нейронной сети Кохонена (число кластеров не задается).

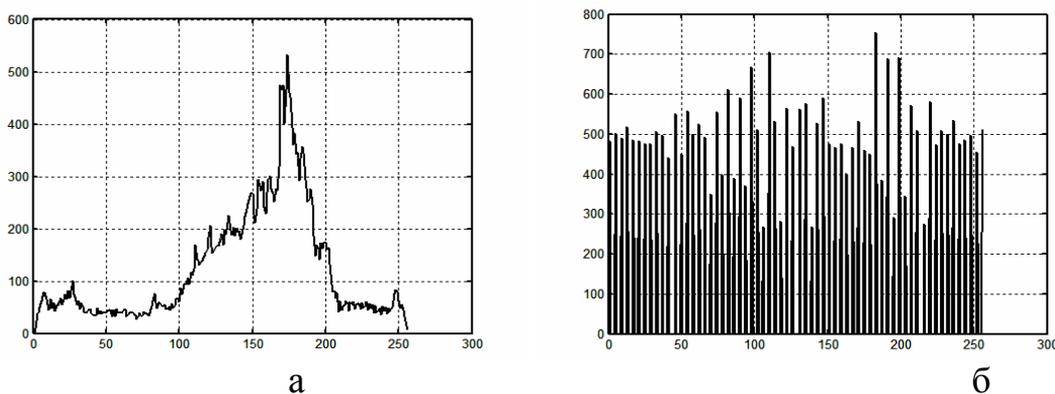


Рис. 4 Гистограммы распределения яркостей изображений представленных на рис. 3: а – первоначальное изображение; б – результат метода эквализации гистограмм

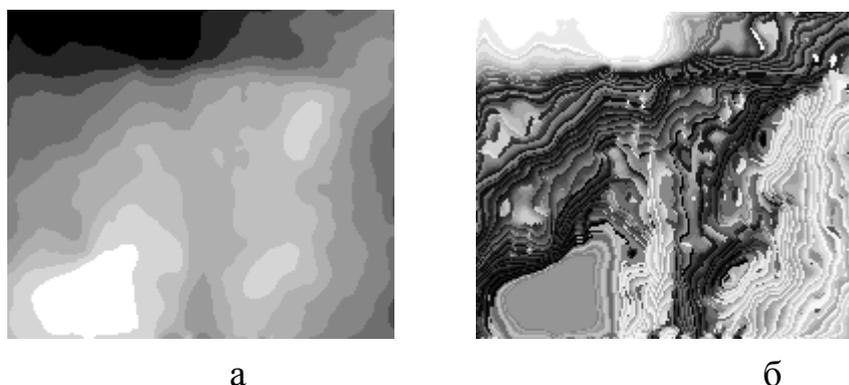


Рис.5 Сегментация исходного изображения методом нечетких С-средних (а) и методом, основанном на использовании нейронной сети Кохонена (б)

При сопоставлении результатов представленных на рис. 5 с исходным изображением (рис. 3 а) видно, что метод нечетких С -средних дает достаточно «грубую» сегментацию, затрудняющую выявление, как это будет показано ниже, ряда немаловажных деталей, тогда как метод основанный на использовании нейронной сети Кохонена дает чрезмерно детализованную картину сегментации, не позволяющую выявить наиболее характерные особенности анализируемого изображения.

На рис. 6 представлены результаты применения нового метода как для исходного изображения (рис. 6 а, б), так и его инвертированного варианта (рис. 6 в, г).

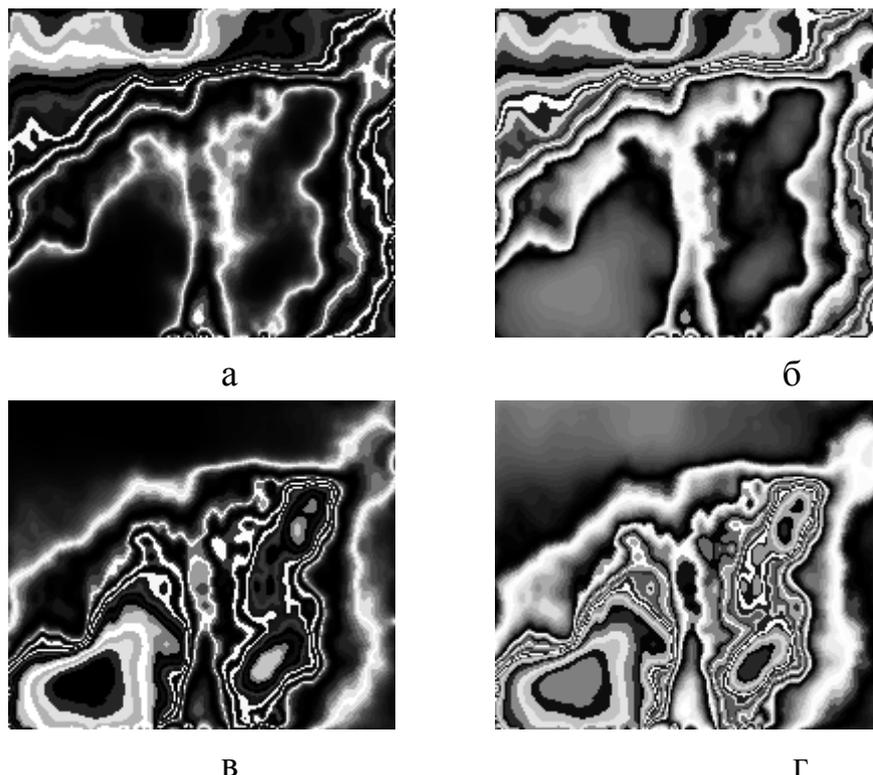


Рис.6 Результат применения метода автосегментации: верхний ряд - исходное изображение; нижний ряд - инвертированное изображение; «а» и «в» - амплитудно-частотная характеристика; «б» и «г» - фазо-частотная характеристика

Из сопоставления рис. 5 и рис. 6 а, б видно, что метод автосегментации обеспечивает чувствительную сегментацию темных участков исходного изображения, фактически соответствующую чувствительности нейронной сети Кохонена (при несоизмеримо более простом алгоритме), тогда как применение метода к инвертированному изображению (рис. 6 в, г) обеспечивает чувствительную сегментацию «светлых» участков исходного изображения. Фазо-частотные характеристики, по нашему мнению, являются более чувствительными, но в целом, фазо-частотные и амплитудно-частотных характеристики являются дополняющими друг друга, так как на рис. 6 (центральная часть) видно, что есть участки, где фазовая характеристика не срабатывает, тогда как амплитудная характеристика выделяет несколько аномальных точек.

Выводы

1. Новый метод обеспечивает простую и чувствительную процедуру сегментации низко контрастных изображений за счет введения яркостей этих участков в виде значений запаздывающих обратных связей в структуру цифрового гребенчатого фильтра.

2. Поскольку гребенчатый фильтр обеспечивает наибольшую чувствительность сегментации «темных» участков, то целесообразно обрабатывать не только само исходное изображение, но и его инвертированную копию.

3. В качестве предварительной обработки анализируемого изображения, целесообразно провести процедуру коррекции гистограммы распределения яркости по всему диапазону ее возможных градаций.

4. Наибольшей чувствительностью обладают фазо-частотные характеристики, но амплитудно-частотную характеристику можно использовать в качестве дополнительной применительно к задачам «тонкого» анализа обрабатываемых изображений.

Литература

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение: современный подход. – М.: Вильямс, 2004.
2. Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: Вильямс, 2006.
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 1988.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зборовским А.В.
Поступила в редакцию 25.07.07*

УДК 004.93

© А.А. Егоров

ДИНАМИЧЕСКОЕ СЖАТИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В АЛГОРИТМАХ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Рассмотрены информационные возможности модифицированных алгоритмов нечеткой кластеризации для низко контрастных изображений. Суть модификаций заключается в сжатии функции принадлежности на основе матрицы расстояний между нечеткими классами и ее преобразовании. Представлены результаты работы модифицированных методов в сравнении с результатами работы базовых алгоритмов.

Розглянуто інформаційні можливості модифікованих алгоритмів нечіткої кластеризації для низько контрастних зображень. Сутність модифікації полягає в стисненні функції належності на основі матриці відстаней між нечіткими класами та її перетворенні. Представлені результати роботи модифікованих методів у порівнянні з результатами роботи базових алгоритмів.

This article deals with information abilities of modified fuzzy clustering algorithms for low contrast images. The essence of these modifications is in implementing membership function compress based on distance matrix between classes and it transforming. The comparative results of working modified algorithms with base algorithms are shown.

Введение. Вопрос сегментации является одним из основных при анализе низко контрастных изображений, частными примерами которых являются спутниковые снимки поверхности Земли. Непосредственный визуальный анализ таких изображений затруднен как ограниченностью зрительного восприятия человека (трудно, а часто невозможно, определить границы областей при характерных для них плавных перепадах яркости), так и неоднозначностью решения задачи.

Целью компьютерной обработки таких изображений является увеличение контрастности, детальности, выделение однородных областей, что делает изображения более информативными. Для этого в настоящее время применяются различные методы, среди которых можно выделить кластеризацию, осуществляемую с помощью нейронных сетей, нечеткую кластеризацию, методы повышения контраста исходного изображения, комбинации вышеперечисленных методов.

Постановка задачи. Одним из современных методов решения этой задачи является метод нечеткой кластеризации (fuzzy c-means или FCM). Нечеткая или мягкая кластеризация вводит понятие нечетких кластеров и функцию принадлежности объектов к ним, изменяющуюся в интервале $[0,1]$, что позволяет оценить степень принадлежности объекта к тому либо иному классу. В результате работы алгоритма FCM всем объектам ставится в соответствие вектор из функций принадлежности к каждому классу, на основе которого можно делать выводы о природе данного объекта [1].

В настоящее время существует много различных модификаций базового метода FCM, например FAFCM (Fast Adaptive FCM), Алгоритм нечеткой кластеризации Кохонена (НКК), GG-FCM(Geometrical Guided FCM) и т.д., направленных на улучшение чувствительности или скорости вычислений по сравнению с базовым алгоритмом.

В работе [2] демонстрировались модифицированные методы FCM на основе динамического преобразования функции принадлежности, и было показано, что такая модификация повышает чувствительность кластеризации.

Следует отметить, что недостатком как алгоритма FCM, так и его модификаций является необходимость задания количества классов, которое, в общем случае, неизвестно. В работе [3] было показано, что применение динамического сжатия нечеткой функции принадлежности на основе расстояний между классами позволяет автоматизировать определение числа нечетких классов для алгоритма FCM.

Целью данной работы является модификация алгоритмов FCM [1], НКК [4] и FAFCM [5] путем последовательного осуществления динамического сжатия функции принадлежности на основе матрицы расстояний между нечеткими классами и ее динамического преобразования.

Решение задачи. Модифицированный алгоритм FCM заключается в следующем:

1. Инициализация числа кластеров c , значения m , инициализация значений центров нечетких кластеров
2. Вычисление текущего значения функции принадлежности u_{ik} :

$$u_{ik} = \left[\sum_{l=1}^c \frac{\left[\left(\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2 \right)^{1/2} \right]^{\frac{2}{m-1}}}{\left[\left(\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kl})^2 \right)^{1/2} \right]^{\frac{2}{m-1}}} \right]^{-1} \begin{cases} (\forall k \in \{1, \dots, c\}, \\ (\forall i \in \{1, \dots, N\}) \end{cases} \quad (1)$$

где N - количество пикселей; x_i - вектор размерности q (количество информативных признаков), описывающий i -ый пиксель исходного изображения; v_k вектор размерности q , описывающий центр k -ого нечеткого кластера.

3. Динамическое сжатие функции принадлежности на основе расстояний между классами.
4. Осуществление динамического преобразования «сжатой» функции принадлежности.
5. Вычисление текущего значения целевой функции f_t :

$$f_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c (u_{ki})^m \sum_{j=1}^q (x_{ij} - v_{kj})^2 \quad (2)$$

6. Вычисление текущих значений центров нечетких кластеров v_{kj} :

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{ki})^m \cdot x_{ij}}{\sum_{i=1}^n (u_{ki})^m} \quad (\forall k \in \{1, \dots, c\}, \forall j \in \{1, \dots, q\}) \quad (3)$$

7. Если разность целевых функций текущего и предыдущего шагов:

$$|f_t - f_{t-1}| > \varepsilon \quad (4)$$

где ε - пороговое значение, то переход к пункту 2.

Модифицированный алгоритм НКК содержит такую последовательность действий:

1. Инициализация числа кластеров c , значения m ($m > 0$), $b = 1$, инициализация значений центров нечетких кластеров.
2. Вычисление нового значения функции принадлежности u_{ik} по формуле (1).
3. Вычисление значения a_{ik} :

$$a_{ik} = u_{ik}^m \quad (5)$$

4. Вычисление нового значения для центров классов v_{kj} :

$$v_{kj} = v_{kj} + \frac{\sum_{i=1}^N a_{ik} * (x_{ij} - v_{kj})}{\sum_{i=1}^N a_{ik}} \quad (\forall k \in \{1, \dots, c\}, \forall j \in \{1, \dots, q\}) \quad (6)$$

5. Вычисление значения d :

$$d = \frac{\sum_{j=1}^q \left(\sum_{k=1}^c (v_{ki}^{t+1} - v_{ki}^t)^2 \right)^{1/2}}{q} \quad (7)$$

6. Проверка условия:

$$\|d^{t+1} - d^t\| < \varepsilon, \quad (8)$$

где ε - пороговое значение; если оно выполняется, то работа алгоритма завершается.

7. Динамическое сжатие функции принадлежности на основе расстояний между классами.

8. Осуществление динамического преобразования «сжатой» функции принадлежности.

9. Вычисление значения b, m_{t+1} :

$$b = \begin{cases} b, y \geq b \\ y, \text{ иначе} \end{cases}, \quad y = \max \left(\left| \frac{v_{ki}^{t+1} - v_{ki}^t}{v_{ki}^t} \right| \right) (\forall k \in \{1, \dots, c\}, \forall j \in \{1, \dots, q\}) \quad (9)$$

$$m_{t+1} = b * m + 1, \quad (10)$$

где v_{ki}^{t+1} и v_{ki}^t значения центров классов на текущей и предыдущей итерациях.

Переход к пункту 2.

Модифицированный алгоритм FAFCM состоит из следующих шагов:

1) Инициализация числа кластеров c , значения m ($m > 0$), инициализация значений центров нечетких кластеров (на основе алгоритма С средних).

2) Вычисление начального значения функции принадлежности u_{ik} по формуле (1)

3) Динамическое сжатие начального значения функции принадлежности на основе расстояний между классами.

4) Осуществление динамического преобразования «сжатой» функции принадлежности.

5) Вычисление значения g_i :

$$g_{ij} = x_{ij} * \frac{\sum_{k=1}^c u_{ik} * v_{kj}}{\sum_{k=1}^c u_{ik} * v_{ij}^2}, (\forall i \in \{1, \dots, N\}, \forall j \in \{1, \dots, q\}), \quad (11)$$

6) Вычисление значения δ_{ik} :

$$\delta_{ik} = (x_i * g_i - v_k)^2, (\forall i \in \{1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, c\}) \quad (12)$$

7) Вычисление значения γ_k :

$$\gamma_k = \sum_{r \in N_i} \left(\frac{\alpha}{N_r} * \delta_{rk} + \frac{\beta}{N_r} * \sum_{l \neq k} u_{rl} \right), (\forall k \in \{1, \dots, c\}), \quad (13)$$

где N_i - область из N_r соседних для рассматриваемой точки пикселей; α, β - заданные коэффициенты.

8) Вычисление нового значения функции принадлежности u_{ik} :

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{l=1}^c \left(\frac{\delta_{ik} + \gamma_k}{\delta_{il} + \gamma_l} \right)^{\frac{1}{m-1}}}, (\forall i \in \{1, \dots, N\}, \forall k \in \{1, \dots, c\}) \quad (14)$$

- 9) Динамическое сжатие нового значения функции принадлежности на основе расстояний между классами.
- 10) Осуществление динамического преобразования «сжатой» функции принадлежности.
- 11) Вычисление нового значения для центров классов v_{kj} :

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ik}^m * \left(x_{ij} * g_{ij} + \frac{\alpha}{N_r} * \sum_{r \in N_i} x_{rj} * g_{rj} \right)}{\sum_{i=1}^N u_{ik}^m * \left(g_{ij}^2 + \frac{\alpha}{N_r} * \sum_{r \in N_j} (g_{rj}^2) \right)} (\forall k \in \{1, \dots, c\}, \forall j \in \{1, \dots, q\}) \quad (15)$$

- 12) Вычисление значения d по формуле (7).
- 13) Проверка условия (8) и переход к пункту 5, если оно не выполняется.

Динамическое сжатие функции принадлежности основывается на определении матрицы расстояний между классами и слияние «близких» классов на основе операции нечеткого объединения. При этом используется пороговое отношение минимального и максимального расстояний между классами N_{compr} .

В ходе преобразования функции принадлежности она интерпретируется как изображение, что позволяет применять известные методы обработки изображений.

Экспериментальные результаты были получены на примере обработки трехдиапазонного спутникового снимка земной поверхности в районе Черного моря (рис. 1), которое является типичным примером низко контрастного изображения. Во всех трех диапазонах исходного изображения Черное море не детализировано.

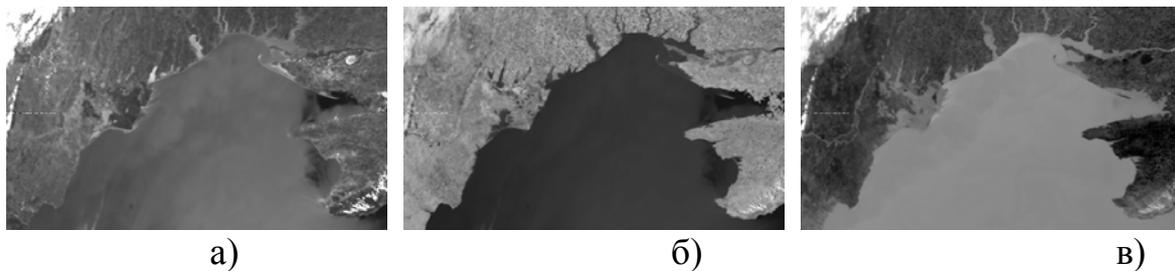


Рис. 1. Исходное трехдиапазонное низко контрастное изображение

На рис. 2а, 2б, 2в представлены результаты кластеризации исходного изображения алгоритмами FCM, НКК и FAFCM, соответственно, причем количество нечетких кластеров было выбрано равным 10. Параметр $m = 1.7$, пороговое значение $\varepsilon = 10^{-2}$ и максимальное число итераций = 100 были выбраны для всех экспериментов. Для FAFCM $\alpha = 1$, $\beta = 10$. Можно заметить, что применения этих алгоритмов приводит к выделению различных деталей на изображении морской поверхности.

Для осуществления динамического сжатия функции принадлежности использовались матрица евклидовых расстояний и матрица расстояний Махаланобиса [6].

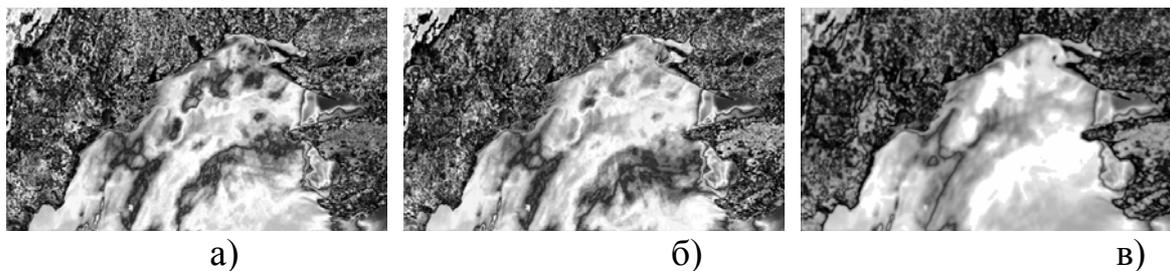


Рис. 2. Результаты кластеризации исходного изображения базовыми алгоритмами с разбиением на 10 классов: а) – FCM, б) – НКК, в) – FAFCM

На рис. 3а, 3б, 3в представлены результаты кластеризации исходного изображения модифицированными алгоритмами FCM, НКК и FAFCM, соответственно, причем количество нечетких кластеров, полученное в результате динамического сжатия функции принадлежности, было равным 4 (матрица расстояний Махаланобиса), 5 (матрица евклидовых расстояний) и 9 (матрица евклидовых расстояний), соответственно. Параметр $N_{\text{сomp}} = 0.01$.

Динамическое преобразование осуществлялось путем применения следующих методов обработки изображений: нечеткой гиперболизации гистограммы [7], градиентным [8] и использование характеристик распределения вероятности яркости [7], соответственно.

На рис. 4а, 4б, 4в представлены результаты кластеризации базовыми алгоритмами FCM, НКК и FAFCM для такого же числа классов, которые показывают, что модифицированные методы обеспечивают лучшую детализацию изображения. В работе [8] была показана значимость выбора метода динамического преобразования функции принадлежности, причем, следует отметить, что его выбор зависит от типа изображения.

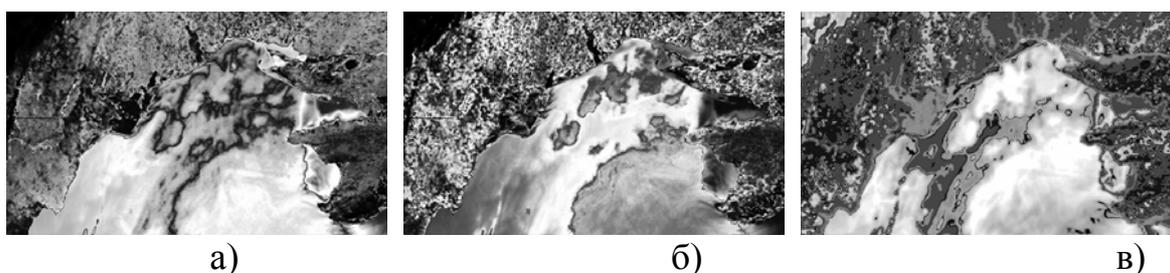


Рис. 3. Результаты кластеризации исходного изображения модифицированными алгоритмами: а) – FCM (4 класса), б) – НКК (5 классов), в) – FAFCM (9 классов)

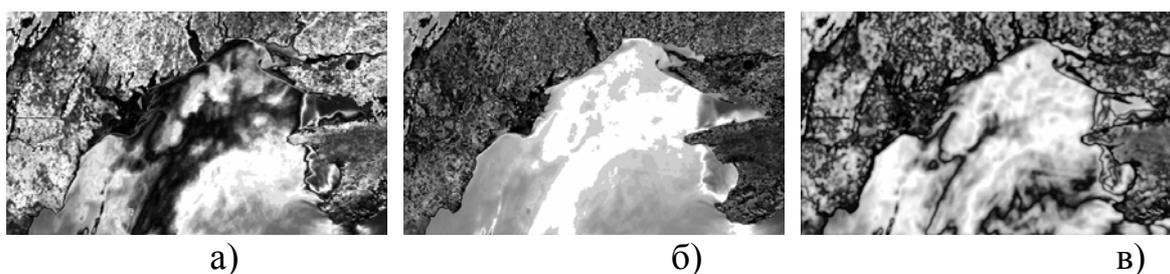


Рис. 4. Результаты кластеризации исходного изображения базовыми алгоритмами: а) – FCM (4 класса), б) – НКК (5 классов), в) – FAFCM (9 классов)

Параметр N_{comp} обеспечивает возможность управления степенью сжатия, которая при одном и том же его значении отличается для рассмотренных модифицированных алгоритмов.

Выводы. Рассмотрение полученных экспериментальных результатов показывает следующее:

1. Осуществление динамического сжатия функции принадлежности позволяет автоматизировать определение числа классов при нечеткой кластеризации, повышает быстродействие алгоритма (особенно, в случае применения динамического преобразования функции принадлежности), позволяет управлять степенью сжатия функции принадлежности.
2. Параметра N_{comp} для различных модификаций алгоритма FCM и различных методов динамического сжатия функции принадлежности обеспечивает для нее различную степень сжатия.
3. Осуществление динамической модификации функции принадлежности повышает чувствительность рассмотренных алгоритмов. Выбор конкретного метода динамической модификации зависит, в основном, от типа изображения.

Литература

1. Леоненков А., Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – С–П.: БХВ–Петербург, 2003. – 719 с.
2. Ахметшина Л.Г., Егоров А.А. Динамическое преобразование функции принадлежности в модифицированных алгоритмах FCM. – Матеріали міжнародної наукової конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій” – 2007 – Т. 1 – С. 35-38.
3. Егоров А.А. Динамическое сжатие нечеткой функции принадлежности на основе расстояний между классами. – Мат. Второй украино-российской научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования» - 2007 – С. 227 – 232.
4. Chou Jin-Shin, Chen Chin-Tu, Lin Wei-Chung Three-Dimensional Image Segmentation Using Neural Networks: SPIE, Vol. 1905, P. 577- 584.
5. Jiang Lei, Yang Wenhui A Modified Fuzzy C-Means Algorithm for Segmentation of Magnetic Resonance Images: Proc. VIIth Digital Image Computing: Techniques and Applications, Sun C., Talbot H., Ourselin S. and Adriaansen T. (Eds.), Sydney, December 2003, P. 225 – 231.
6. Zheru Chi, Hong Yan, Tuan Pham Fuzzy Algorithms: With Applications to Image Processing and Pattern Recognition, Singapore: World Scientific, 1996. – 225 с.
7. Aboul Ella Hassanien, Amr Badr A Comparative Study on Digital Mamography Enhancement Algorithm Based on Fuzzy Theory. – Studies in Informatics and Control – 2003. - №1, т. 12. – С. 21-31.
8. Ахметшина Л.Г., Егоров А.О. Вплив методу динамічного перетворення функції належності на результати нечіткої кластеризації // Системні технології; Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 2(49). – Дніпропетровськ, 2007.- С. 3-8.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зборовским А.В.
Поступила в редакцию 25.06.07*

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Розглянуто особливості відтворення у вугільній промисловості, показано, що нині для вугільної промисловості України найбільш доцільною формою є звужене відтворення зі зменшенням кількості діючих шахт.

Рассмотрены особенности воспроизведения в угольной промышленности, показано, что ныне для угольной промышленности Украины наиболее целесообразной формой является суженное воспроизводство с уменьшением количества действующих шахт.

Studied peculiarities show that narrowed reproduction with less quantity of running mines is the most expedient way for the Coal industry of Ukraine now.

Воспроизводство представляет неотъемлемую часть экономики любого государства, но ввиду сложности определение его не однозначно. В угольной промышленности воспроизводство вместе с его общими свойствами имеет особенности, обусловленные характером отрасли, как части минерально-сырьевого комплекса, и состоянием экономики Украины.

Теоретическое исследование сущности воспроизводства открывает возможности определения наиболее эффективных форм его в конкретных условиях и, в частности, в угольной промышленности. Практическое значение вопроса, состоит в том, что реструктуризация отрасли, необходимость которой общепризнанна, должна воспроизвести угольную промышленность таким образом, чтобы обеспечить на длительное время эффективную ее работу. Это положение имеет особенно большое значение в связи с высокой инерционностью отрасли, когда более-менее значительные изменения в пределах отдельных шахт, а тем более отрасли, сопряжены с необходимостью крупных инвестиций и длительным временем. Эти факторы обуславливают необходимость дальнейших исследований сущности воспроизводства и его отраслевых особенностей.

Анализ особенностей воспроизводства, данных разными авторами в разное время (некоторые из этих определений приведены и рассмотрены ниже), показал, что часть таких определений является недостаточно полной, а другие определения - наоборот, проблему слишком расширяют, и пытаются охватить также нематериальную сферу.

Нерешенные ранее вопросы процесса воспроизводства, которым посвящена настоящая статья, вытекают из недостатков существующих определений воспроизводства и связаны с особенностями угольной промышленности. Авторы предыдущих определений не уделяли достаточного внимания суженному воспроизводству, хотя применительно к отраслям минерально-сырьевого комплекса эта форма воспроизводства заслуживает более полного исследования.

Целью настоящей публикации является рассмотрение сущности воспроизводства в его различных формах с позиций авторов и на основании этого –

изучение особенностей воспроизводства в угольной промышленности как базовой отрасли экономики Украины.

В литературе встречается несколько понятий определения воспроизводства, данные разными авторами в разное время [1,2]. Они несколько отличаются друг от друга, но общим для всех определений является признание возобновления процесса производства и непрерывность этих процессов.

Прежде чем принять (или не принять) какое либо из известных определений, целесообразно рассмотреть взаимоотношение между «производством», «воспроизводством» и «факторами производства».

Воспроизводство предполагает наличие производства. Факторы производства сами по себе производства не создают, необходимо их целенаправленное взаимодействие, то есть управление процессом производства, которое можно также считать системой организационных мероприятий. Наличие факторов производства представляет необходимое условие производственного процесса, но чтобы оно стало и достаточным требуется осуществление организационных мероприятий. Поэтому при определении воспроизводства необходимо учитывать следующие положения:

- воспроизводство есть возобновление производственного процесса, имеющего целью производство товаров или услуг;
- масштабы воспроизводства, по сравнению с бывшими к началу отсчета, по объему могут быть различными: возрастающими, неизменными или уменьшающимися;
- характер производимой продукции или услуг по сравнению с первоначальным (базовым) может быть различным, но отличающимся в таких границах, при которых сохраняется основное назначение товара (услуги), если это условие не выполнено, то будет воспроизведено не данное, а другое предприятие;
- необходимым условием воспроизводства является воспроизводство факторов производства;
- процесс воспроизводства может рассматриваться на различных уровнях (предприятие, отрасль, государство в целом).

Каждое предприятие в данный момент обладает некоторой мощностью. Она характеризует возможности предприятия и определяется максимальной мощностью (или пропускной способностью) того звена (цеха, процесса) из числа участвующих в производстве продукции, где эта мощность (или пропускная способность) минимальна в сравнении с другими процессами (цехами или процессами). По существующей терминологии мощность предприятия ограничивается некоторым «узким местом» в производственной цепи. При устранении «узкого места», например, путем реконструкции или модернизации мощность может быть увеличена, но и после этого она ограничивается новым «узким местом» на более высоком уровне.

Предоставленная течению времени мощность предприятия по разным причинам имеет тенденции к снижению. Фактический объем продукции под действием различных внутренних и внешних причин, как правило, отличается

от мощности и колеблется во времени больше, чем изменяется мощность. Из этого следует, что под воспроизводством производственной деятельности предприятия целесообразно понимать воспроизводство мощности.

Эти положения позволяют сформулировать следующие определение «Воспроизводство производственной деятельности предприятия представляет такой процесс, который в результате целенаправленного взаимодействия факторов производства дает возможность предприятию поддерживать его мощность в прежнем или измененном объеме и (или) качестве».

К факторам производства относятся: природные ресурсы (потребляемые непосредственно или в измененной форме), рабочая сила, основные производственные фонды, капитал и организация производства.

Воспроизводство на уровне отрасли формируется как совокупный результат изменения мощности отдельных предприятий, но отрасль обладает свойством структуры, которое не присуще отдельному предприятию. Воспроизводство на уровне отрасли можно определить так: «воспроизводство производственной деятельности отрасли представляет такой результат деятельности отдельных ее предприятий, который дает возможность поддерживать мощность отрасли по производству продукции или оказанию услуг в прежнем или измененном объеме и (или) качестве».

Из приведенного определения, в частности, вытекает, что, если предприятие увеличивает объем производства в пределах его пропускной (или установленной) мощности, то это его производственная деятельность, которая не является воспроизводством, поскольку мощность еще не достигнута.

Если после достижения своей мощности предприятие на протяжении некоторого времени производит разный объем продукции, то имеет место простое воспроизводство, пока не будет изменена мощность предприятия.

Рассмотрим кратко вопрос воспроизводства факторов производства. Рабочая сила (труд человека) является главным фактором производства. Ее воспроизводство содержит две составляющие части: количество рабочей силы и ее квалификацию. Развитие научно-технического прогресса повышает требования к квалификации рабочей силы и создает предпосылки, благодаря повышению механизации и автоматизации производства, к уменьшению численности работающих, в том числе и в случае расширения объема производства. На воспроизводство рабочей силы также влияет состояние экономики государства, общая демографическая ситуация, наличие безработицы (явной и скрытой), миграция квалифицированных кадров. В условиях Украины действует ряд факторов, неблагоприятных для воспроизводства рабочей силы.

Воспроизводство природных ресурсов зависит от их вида. Все природные ресурсы можно подразделить на три группы: воспроизводимые без участия человека, воспроизводимые с участием человека и невозможные. Примерами могут быть: дикорастущие леса, искусственные лесонасаждения, рыбное хозяйство, минеральное сырье. Во втором и третьем случаях воспроизводство достигается только путем вовлечения в производственный процесс новых ресурсов.

Воспроизводство основных производственных фондов, а также капитала, организации производства зависит от состояния экономики государства, эффективность ее функционирования и степени совершенства управления этими процессами.

Воспроизводство обычно рассматривается с количественной стороны, то есть по объему продукции и оно может по форме быть расширенным, когда объем производства возрастает, простым когда объем производства сохраняется и суженным – объем производства снижается.

Однако такой подход с нашей точки зрения является недостаточным так как ограничивает возможности выбора формы воспроизводства. Действительно даже в самом простейшем случае, например, при решении вопроса о перспективе работы предприятия на протяжении ближайших нескольких лет (то есть о воспроизводстве на этом отрезке времени) мы сталкиваемся с необходимостью принимать во внимание не только количество, но и качество продукции, а также ожидаемую эффективность инвестиций. Поэтому под воспроизводством было бы целесообразно понимать не только объем, но и качество продукции, хотя следует признать, что последнее достаточно сложно. Лишь в редких случаях, когда производится совершенно однородная продукция, возможна характеристика качества одним или несколькими показателями. Известно, что качество угля (однородная продукция) определяется его зольностью и содержанием серы (вредных примесей), но эти показатели далеко не исчерпывают качество углей. Еще сложнее обстоит дело, если производимая продукция разнородна. В первом приближении можно принять, что качество продукции характеризуется ее ценой и тогда изменение качества может быть определено путем сравнения индекса продукции в текущем и базовом году при неизменном ее объеме, то есть по объему базового или текущего периодов по формулам

$$J = \frac{\sum_{i=1}^n Q_0 P_i}{\sum_{i=1}^n Q_0 P_0} \quad \text{или} \quad J = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i P_i}{\sum_{i=1}^n Q_i P_0} \quad (1)$$

где Q_0, Q_i - соответственно объем продукции в базовом и текущем периодах; P_0, P_i - цена единицы изделия в тех же периодах; n - количество изделий

Характер изменения объема и качества могут не совпадать, что видно из рис. 1.

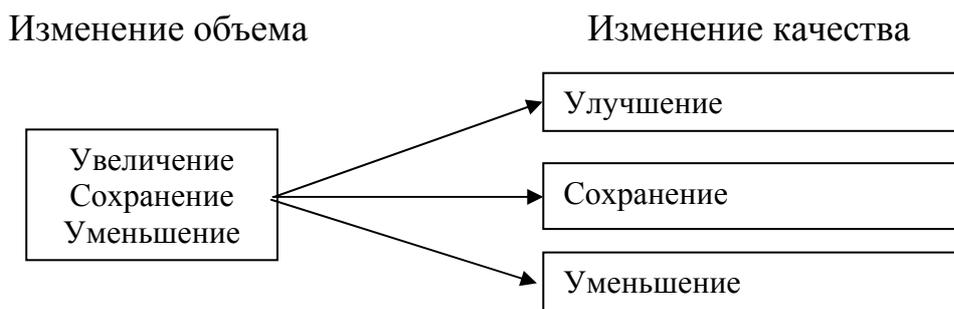


Рис.1. Возможный характер изменения объема и качества

Для исключения противоречия между характером изменения объема продукции и ее качеством, например при уменьшении количества продукции и улучшении ее качества, можно рекомендовать следующую схему: принять в качестве признака, определяющего тип воспроизводства (расширенное, простое или суженное), объем продукции, а качество считать дополнительным параметром, подлежащим учету при определении эффективности воспроизводства.

Отсюда непосредственно вытекает, что и суженное воспроизводство, которое очень часто оценивается как отрицательный фактор, может быть эффективным и оказаться даже предпочтительным. В связи с таким положением (соотношением количества и качества) возникает принципиальный вопрос о том, какой вид воспроизводства является наиболее целесообразным и желательным. При решении этого вопроса необходимо исходить из двух основных положений:

- воспроизводство следует рассматривать как одну из форм развития экономики государства;
- воспроизводство необходимо рассматривать в связи с его эффективностью.

Воспроизводство не является самоцелью. Фактором, определяющим осуществление определенной формы воспроизводства, является его эффективность. Последняя в свою очередь зависит от уровня, на котором рассматривается воспроизводство.

В нормальных условиях экономика государства должна развиваться по схеме расширенного воспроизводства, но из этого не вытекает, что каждое предприятие должно также развиваться по схеме расширенного воспроизводства. Может оказаться целесообразным с позиции государства иметь меньшее количество продукции, но более высокого качества. В общем случае эффективность воспроизводства есть функция взаимодействия начальной эффективности функционирования предприятия и факторов производства, т.е.

$$\mathcal{E} = f(\mathcal{E}_0, T, \Phi, O, I) \quad (2)$$

где \mathcal{E}_0 - начальная (до осуществления воспроизводства) эффективность функционирования предприятия; T, Φ, O, I - факторы производства, соответственно, рабочая сила, основные производственные фонды, природные ресурсы, организация производства.

Зависимость (2) дает основание для постановки вопроса о выборе оптимального варианта воспроизводства в смысле максимального экономического эффекта. Приведем принципиальную модель.

Пусть рассматривается n i -ых вариантов воспроизводства, $i=1, n$ и в пределах каждого i -го варианта воспроизводства рассматривается m j -ых вариантов использования факторов производства, $j=1, m$, где m - максимальное число вариантов.

В числе n вариантов воспроизводства существует, по крайней мере, один вариант с максимальной эффективностью в смысле принятого критерия.

Ограничивающими факторами для варианта воспроизводства является объем возможных инвестиций, а также нормативные требования, в том числе по охране окружающей среды.

Введем обозначения:

\mathcal{E}_i - эффективность i -го варианта воспроизводства;

T_o, Φ_o, Q_o, I_o - начальные состояния факторов производства соответственно: рабочей силы, средств производства, природных ресурсов, организации производства;

$T_{ij}, \Phi_{ij}, Q_{ij}, I_{ij}$ - j -ые варианты факторов производства в i -ом варианте воспроизводства;

$\mathcal{E}_m, \mathcal{E}_\phi, \mathcal{E}_Q, \mathcal{E}_u$ - эффективность факторов производства;

K_i - капитальные вложения, соответствующие i -ому варианту воспроизводства;

K - лимит капитальных вложений;

$D_{mi}, D_{\phi i}, D_{Qi}, D_{ui}$ - значения нормативных требований факторов производства по i -ому варианту воспроизводства

D_m, D_ϕ, D_Q, D_u - допустимые (предельные) значений нормативных требований по факторам производства.

Модель варианта с максимальным эффектом воспроизводства можно представить в следующем виде

$$\mathcal{E}_i \rightarrow \max \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_i = f_i(\mathcal{E}_o, \mathcal{E}_m, \mathcal{E}_\phi, \mathcal{E}_Q, \mathcal{E}_u) \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_o = \varphi(T_o, \Phi_o, Q_o, I_o) \quad (5)$$

Эффективность факторов производства

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_m = f_m(T_o, T_{ji}); \quad \mathcal{E}_\phi = f_\phi(\Phi_o, \Phi_{ij}); \quad \mathcal{E}_Q = f_Q(Q_o, Q_{ij}) \\ \mathcal{E}_u = f_u(I_o, I_{ij}) \quad j = \overline{1, m}; \quad i = \overline{1, n} \end{aligned} \quad (6)$$

Ограничения

$$K_i \leq K; \quad D_{mi} > \text{или} < D_m; \quad D_{\phi i} > \text{или} < D_\phi; \quad D_{Qi} > \text{или} < D_Q; \quad D_{ui} > \text{или} < D_u; \quad i = \overline{1, n} \quad (7)$$

Знак $>$ или $<$ в (7) зависит от характера нормативных требований и желательной направленности его изменения.

Между видами воспроизводства и их эффективностью могут быть различные соотношения (рис.2)

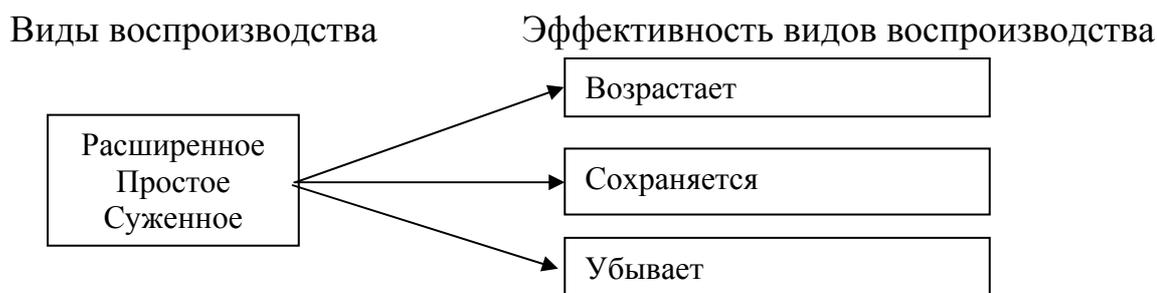


Рис. 2. Возможные соотношения между видами воспроизводства и их эффективностью

Из рис. 2 непосредственно вытекает, что суженное воспроизводство в принципе может быть эффективным.

На основании изложенного можно сделать общий вывод о том, что воспроизводство представляет собой технико-экономическую, а не только техническую или экономическую категорию.

Воспроизводство в угольной промышленности подчиняется общим экономическим законам, но в то же время имеет особенности, вызванные принадлежностью ее к отраслям, добывающим минеральное сырье. Эти особенности предопределяются тремя фундаментальными свойствами минерального сырья и, в частности, угольных месторождений. Первое свойство - наличие изначально существующего в готовом виде предмета труда, который создан без участия человека. Второе свойство - невозпроизводимость минерального сырья: будучи извлеченным из недр оно вновь в природе не воспроизводится. Третье свойство - разнокачественность месторождений полезных ископаемых – не существует двух совершенно одинаковых угольных месторождений, по каким то природным характеристикам они обязательно различаются между собой.

Эти свойства имеют далеко идущие последствия, так как определяют основные черты угольной шахты, отличающие ее от предприятий обрабатывающей промышленности. Три фактора производства – рабочая сила, основные производственные фонды и организация производства – участвуют в воспроизводстве угольной шахты также, как и по предприятиям обрабатывающей промышленности. Отличие состоит в использовании природных ресурсов. На предприятиях обрабатывающих отраслей этот ресурс используется в опосредованном виде, пройдя в большем или меньшем объеме предварительную обработку, в угольной промышленности происходит первоначальный процесс – добыча полезного ископаемого. Тип и технология угольной шахты обусловлена первым из указанных свойств минерального сырья. Ввиду того, что природные условия добычи существуют изначально и не могут быть изменены, мы вынуждены к этим условиям приспособляться. Прежде всего, должен быть обеспечен доступ к полезному ископаемому. Отсюда непосредственно вытекает задача воспроизводства угольной шахты: обеспечение воспроизводства горных выработок, открывающих доступ к полезному ископаемому.

Второе из указанных свойств приводит к принципиальному различию в динамике развития предприятий обрабатывающих и горнодобывающих отраслей. Ввиду невозпроизводимости минерального сырья по мере извлечения его из недр происходит перемещение рабочих мест в пространстве, а, следовательно, усложнение подземного хозяйства (возрастание числа выработок, увеличение их длины, возрастание глубины разработки и др.). В отличие от этого на предприятиях обрабатывающих отраслей положение рабочих мест в пространстве сохраняется, а перемещается будущее готовое изделие в процессе прохождения им стадий обработки.

Следствием развития угольной шахты в пространстве простое воспроизводство на шахтах объективно требует возрастающих затрат (при сохранении цен и всех внешних факторов, например таких, как инфляция или возрастание стоимости энергоносителей). Это вызвано тем, что при увеличении глубины

разработки, а переход на большую глубину неизбежен ввиду отработки запасов в установленных границах шахтного поля, происходит увеличение стоимости горных выработок даже, если они однотипны с выработками на вышележащих горизонтах.

Существенное влияние на воспроизводство в угольной промышленности оказывает разнокачественность месторождений полезного ископаемого. Важнейшее значение имеют выдержанность угольных пластов, характер распространения угля в пределах пласта, степень нарушенности и многие другие факторы, увеличивающие затраты на простое воспроизводство. Здания и сооружения на поверхности шахт, а также стационарное оборудование (подъемные машины, вентиляторы главного проветривания, компрессорные станции и др.) служат достаточно долго и изменяются, как правило, только в результате реконструкции, что происходит сравнительно редко.

Воспроизводство в угольной промышленности имеет две составные части: воспроизводство шахтного фонда и производственной мощности шахт. Их изменение не обязательно должно быть синхронным, что можно иллюстрировать схемой на рис. 3.

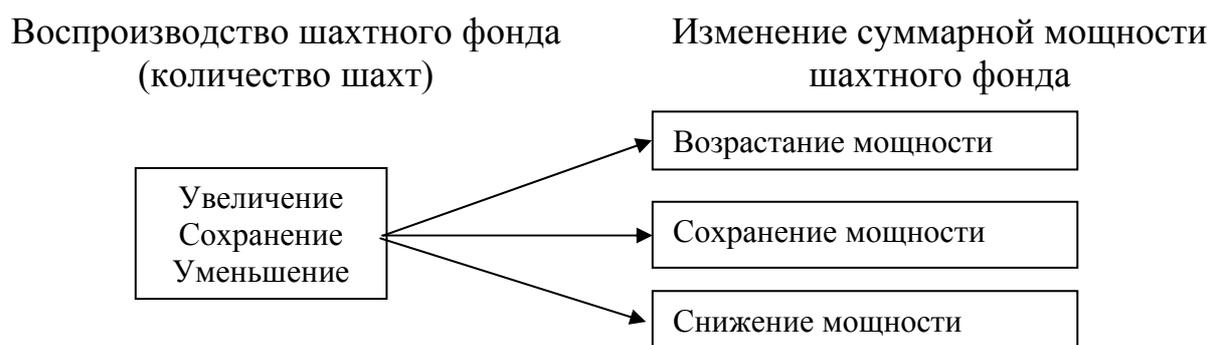


Рис.3. Составные части воспроизводства в угольной промышленности

Из рис.3 видно, что имеется девять ситуаций в воспроизводстве шахтного фонда и его суммарной мощности. На разных этапах развития угольной промышленности Украины преобладали разные формы воспроизводства. В период 50–60-х годов прошлого века строилось большое число шахт в основном небольшой мощности (100 – 300 т.т. в год) по упрощенным схемам. Некоторые из этих шахт преобразовались в более крупные шахты, но основная масса их давно прекратила свою работу. Позже объем нового строительства существенно сократился, но стали сооружаться шахты большой мощности (до 1,2–2,4 млн. т. в год), преобладающее значение приобрела реконструкция шахт. В настоящее время (конец 20-го начало 21-го века) темпы нового строительства и реконструкции сильно снизились, но происходит интенсивное, хотя и несколько сократившееся за последние два – три года, закрытие угольных шахт, дальнейшее развитие которых нецелесообразно. Что касается объемов добычи, то максимум ее в Украине был достигнут в 1976 году, а затем происходило снижение добычи, поэтому можно сделать вывод, что за последние 20-25 лет развитие отрасли

идет по схеме простого и суженного воспроизводства (не следует смешивать с развитием отдельных предприятий, которое может быть и расширенным).

При данном числе шахт имеется два способа воспроизводства их мощности: поддержание мощности и реконструкция шахт. Отметим сразу, что провести однозначную границу между этими способами воспроизводства довольно трудно. Причина состоит в том, что каждая реконструкция содержит в себе элементы поддержания и одни и те же комплексы работ на разных шахтах или даже на одной и той же шахте в разное время, могут выполнять различные функции – поддержания или реконструкции. Например, в зависимости от состояния шахты проведение флангового ствола может обеспечить только поддержание мощности или ее увеличение. Содержание элементов поддержания в составе реконструкции зависит от точки отсчета, с которой производится сравнение. Допустим, что намечено провести реконструкцию с доведением мощности шахты до 800 тыс. т. в год. Пусть шахта в данное время имеет мощность 600 тыс. т., но если ее не реконструировать, то через три – четыре года ее мощность снизится до 500 тыс. т. в год. В сравнении с существующим положением прирост мощности составляет 200 тыс. т., при сравнении с ожидаемым положением прирост мощности – 300 тыс. т., но из них 100 тыс. т. – поддержание мощности.

Несмотря на сравнительно большие геологические запасы угля возможности нового строительства по ряду причин (экономических, горно-геологических, экологических, социальных) весьма ограничены и поэтому на всю обозримую перспективу угольная промышленность Украины вынуждена ориентироваться на действующий шахтный фонд. Вопрос о наиболее целесообразной форме воспроизводства, если рассматривать весьма длительную перспективу, достаточно сложный, но не может быть исключено суженное воспроизводство. Оно имеет свои достоинства и недостатки. Они следующие:

Суженое воспроизводство в угольной промышленности Украины

Достоинства

Экономические

Снижение затрат на угольную отрасль
Уменьшение объемов использования дорогостоящего угля с тенденцией роста затрат на его добычу

Социальные

Уменьшение объемов тяжелого, вредного и опасного труда

Экологические

Уменьшение вредного влияния на окружающую среду:

- земную поверхность, в т. ч. ценные сельскохозяйственные земли;
- водная и воздушная среда;
- застроенные территории

Недостатки

Экономические

Затраты на закрытие шахт, включая создание новых рабочих мест

Затраты на использование других энергоносителей, в том числе импорт угля и создание необходимой инфраструктуры

Социально-политические

Необходимость создания большого количества рабочих мест и возрастающая социальная напряженность

Снижение энергетической безопасности государства

В реальных условиях на ближайшие годы следует ожидать умеренно расширенное воспроизводство по объему добычи с переходом на простое воспроизводство с одновременным сокращением шахтного фонда. Отметим также, что формы воспроизводства отрасли и отдельного предприятия не совпадают: суженное воспроизводство на уровне отрасли может включать как свою неотъемлемую часть расширенное воспроизводство на уровне предприятия, что приводит к повышению концентрации производства.

Материалы исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Воспроизводство представляет необходимые условия развития экономики государства.

2. Воспроизводство может рассматриваться на уровне предприятия и отрасли, при этом его формы и содержание не обязательно совпадают.

3. Воспроизводство на уровне предприятия представляет такой процесс, который в результате целенаправленного взаимодействия факторов производства дает возможность поддерживать мощность предприятия в прежнем или измененном объеме и (или) качестве. К факторам производства относятся: рабочая сила, природные ресурсы (потребляемые непосредственно или в измененной форме), основные производственные фонды, капитал, организация производства.

4. Воспроизводство может быть расширенным, простым и суженным.

5. Воспроизводство представляет технико-экономическую категорию, и выбор его целесообразной формы производится с учетом экономических и других факторов.

6. Воспроизводство в угольной промышленности наряду с общими положениями имеет особенности, вызванные свойствами минерального сырья, и включает две составляющие: воспроизводство мощности отрасли и воспроизводство шахтного фонда. Эти направления воспроизводства на разных этапах развития отрасли могут не совпадать между собой.

Перспективы дальнейших исследований по данному направлению состоят в изучении проблем эффективности различных форм воспроизводства в угольной промышленности Украины.

Литература

1. Большая советская энциклопедия (БСЭ), изд. 3 «Советская энциклопедия», М., 1971, т.5.
2. Райзберг П. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. П. Современный экономический словарь, 2 изд. «Информ – М», М., 1998.
3. Економічна енциклопедія. Академкнига, Київ, 2000.
4. Райхель Б. Л., Шинкаренко С. В. Показатель экономической надежности как характеристика угольной шахты. Сб. научн. Трудов ИЭП АН Украины, 1999, с. 499-508.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зберовским А.В.
Поступила в редакцию 26.06.07*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРИШАРОВОЇ МОДЕЛІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ДЛЯ СТРИМУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ МІГРАЦІЇ СОЛЕЙ З ШАХТНИХ ВІДВАЛІВ

Зроблено екологічне обґрунтування необхідності введення прошарку лесоподібного суглинку у тришаровий варіант рекультивації шахтних відвалів у Західному Донбасі

Выполнено экологическое обоснование необходимости включения прослойки лессовидного суглинку в трехслойном варианте рекультивации шахтных отвалов в Западном Донбассе.

Environmental basis for loamy soil stratum incorporation in the triple variant of the Western Donbass tailing terraces was made.

Постановка проблеми. Питання охорони земної поверхні від гірничих розробок вугілля у Західному Донбасі, що пов'язані із складуванням і похованням шахтних порід, повинні вирішуватися комплексно. Це означає, зокрема, що вельми актуальним є обґрунтування екологічно безпечних технологій створення рекультивованих земель на шахтних відвалах.

Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Необхідність відновлення стану порушених ландшафтів Західного Донбасу пов'язана з тривалою розробкою вугілля у заплавної частині річки Самара. Треба відзначити, що проблема охорони навколишнього середовища від негативних наслідків видобутку вугілля є актуальною і в таких розвинутих західних країнах, як США, Германія, Англія та ін. [1]. Але різниця у співвідношенні рівня опадів та випаровування виключає автоматичне перенесення відомих реставраційних заходів і вимагає розробки нових технологій щодо України. Необхідність урахування біокліматичного потенціалу при виборі необхідної технології реставрації території дуже добре видно при порівнянні підходів стосовно рекультивації відвалів шахтних порід в Україні (Донбас) та Рурському кам'яновугільному басейні (Германія) [2]. Наприклад, у Рурському басейні щорічно випадає 750 мм опадів, що призводить до вилуговування шахтних порід. Тому вирішили цю проблему шляхом нанесення 5-сантиметрового шару різних кальційвміщуючих сполук (суглинку, вапна та ін) і внесення підвищеної кількості органічних (осади стічних вод, компост) та мінеральних добрив (400кг/га P_2O_5). Навпаки, відомо, що головною природоохоронною проблемою щодо виявлення оптимальної схеми рекультивації земель у Західному Донбасі є попередження вертикального засолення та техногенного забруднення штучних рекультиваційних профілів завдяки підвищенню рівню випаровування порівняно з кількістю опадів [3]. Саме такий баланс є головним чинником посилення вивітрювання потенційно токсичних гірських порід, що нагромаджуються у шахтних відвалах [4]. Проведена раніше оцінка якісного та кількісного складу аніонів та катіонів водної витяжки досліджених зразків ґрунту та гірських порід засвідчила, що основним небажаним наслідком є поступове засолення штучного профілю рекультивованих земель хлоридами та сульфатами натрію і магнію, що містяться в шахтних породах відвалів [5].

Отже, дослідями передбачалося багаторічне вивчення ефективності трьохшарової моделі рекультивації як геохімічного бар'єру для блокування вертикальної міграції токсичних солей з відвалів шахтних порід. Павлоградський дослідний стаціонар сільськогосподарської рекультивації порушених земель у Західному Донбасі був закладений у 1976 р. у заплаві р. Самара з метою пошуку найкращих реставраційних заходів. Основний напрямок рекультивації – вирощування як польових, так і садових культур [6].

Мета досліджень та методика їх проведення. Метою проведеної роботи є визначення ефективності двох та тришарових варіантів сільськогосподарської рекультивації. Схема рекультивації порушених земель складалась з варіантів (без та з екрануючим шаром лесоподібного суглинку): не перекрита шахтна порода (ШП); шахтна порода ШП+30; 50 та 70 см насипного шару чорнозему (30НШЧ; 50НШЧ; 70НШЧ); ШП+50ЛС+30; 50; 70 НШЧ. Наведені дані щодо декількох дослідних варіантів рекультивації на прикладі Павлоградського стаціонару ДДАУ. Зокрема у якості тестових рослин були обрані люцерна, еспарцет піщаний та озима пшениця. Треба відзначити, що в усіх варіантах щороку (до 1997 р.) вирощували культури польової сівозміни. До минулого року у зв'язку з реформуванням ВО "Павлоградвугілля" ділянки були під природним заростанням. Планується у 2008 р. відновити вирощування сільськогосподарських культур за польовою сівозміною.

Польові досліді були проведені з дотриманням усіх зональних агротехнічних та агрохімічних вимог. Мінеральні добрива вносились під оранку у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Реакцію водної витяжки ґрунту вивчали з використанням рН метру. Гранулометричний склад зразків ґрунту та гірських порід та решту фізико-хімічних аналізів визначали за загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень.

Згідно аналізам гранулометричного складу вміст часток $< 0,01$ мм складає у шахтних породах 71,4-77,5%. Вони мають неводостійку структуру, внаслідок чого погано всмоктують вологу, при зволоженні запливають, а при висиханні утворюють на поверхні кірку. Ця кірка перешкоджає отриманню сходів сільськогосподарських культур. Крім того у складі шахтних порід винайдено підвищений вміст сульфідної сірки 0,59-0,63%. Багаторічні дослідження показали, що рН не перекритого шахтного відвалу коливається в межах 3,5-5,0, а вміст легкорозчинених солей сягає 3%.

Виходячи з даних аналізу порід шахтних відвалів, за класифікацією М.І.Горбунова [4], алевроліти, аргіліти і пірити були віднесені до третьої і четвертої категорії. Корінне поліпшення цих порід можливе. Засолені породи можна промити, піритвміщуючі породи нейтралізувати вапнуванням з розрахунку 5т/га, але на все це потрібна значна кількість коштів.

У варіантах з різною потужністю насипного шару чорнозему дослідили поширено зміни у реакції водної витяжки уздовж рекультивованого профілю. У якості контролю дослідили розподіл рН у зональному профілі чорнозему (рис.1).

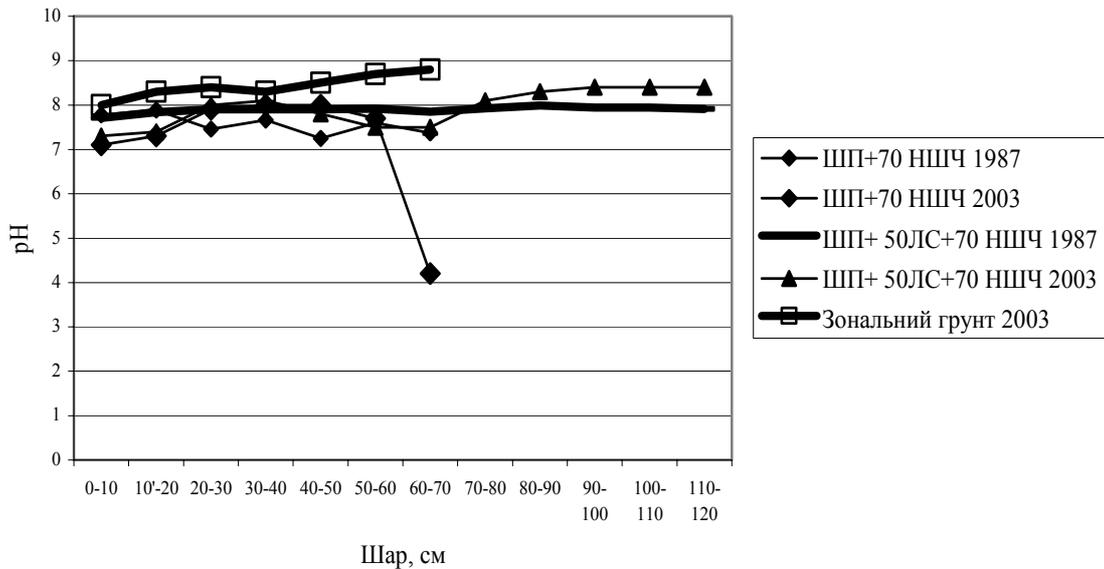


Рис. 1. Зміни у реакції водної витяжки уздовж рекультивованого та зонального профілів ґрунту

Як виходить із порівняльного аналізу даних рис.1, відсутність „геомембрани” у якості прошарку суглинку призвела до різкого падіння рН у контактній зоні з породами шахтного відвалу у варіанті ШП + 70НШЧ. У тришаровому варіанті (ШП+50ЛС+70 НШЧ) за 16 років розподіл рН на глибину профілю майже не змінився і був близьким до зонального ґрунту.

Згідно з отриманими результатами у двохшарових варіантах рекультивації урожайність досліджуваних культур підвищувалася у разі підвищення потужності насипного шару чорнозему. Частка трирічних даних для двох контрастних варіантів вирощування багаторічних бобових трав на рекультивованих землях наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Врожайність сіна люцерни та еспарцету на рекультивованих землях, ц/га

Варіант	Добрива	Люцерна				Еспарцет			
		Роки				Роки			
		1988	1989	1990	Середнє	1988	1989	1990	Середнє
ШП+70 НШЧ	Конт- роль	60,9	46,6	31,7	46,4	36,4	30,7	24,5	30,5
	НРК	70,7	56,0	34,6	53,8	41,5	36,4	25,7	34,5
ШП+50 ЛС+70 НШЧ	Конт- роль	75,5	66,8	42,5	61,6	55,4	50,0	36,2	47,2
	НРК	82,7	71,3	44,1	66,0	59,4	52,2	37,1	49,6

Отже, був зроблений висновок, що варіант з прошарком лесоподібного суглинку та потужністю насипного шару ґрунту 70см (ШП+50ЛС+70 НШЧ) є

найбільш перспективним для рекультивації просівших ділянок заплави ріки Самара.

Результати обліку урожайності озимої пшениці за роками (1983, 1986, 1994 рр.) наведені на рис. 2.

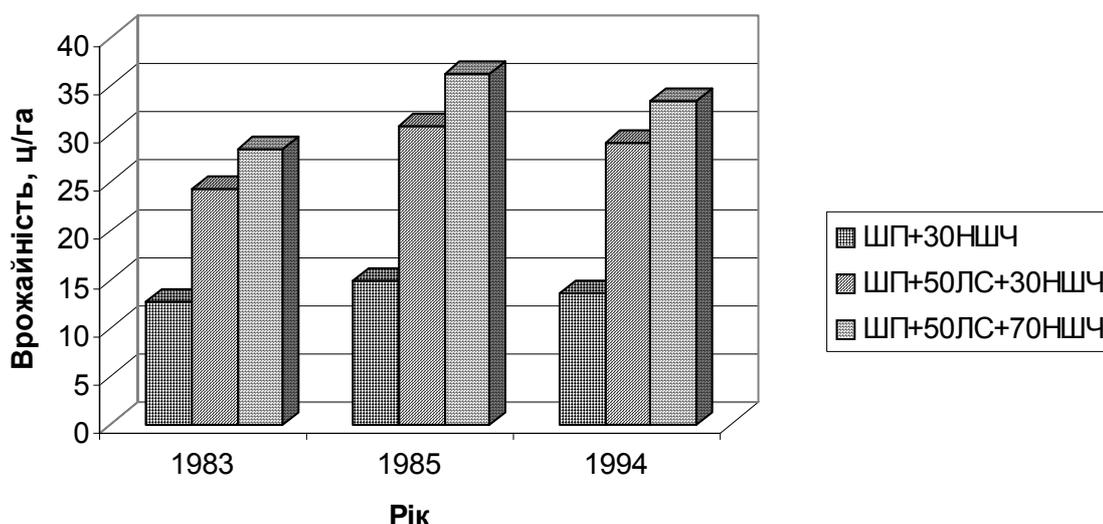


Рис.2 . Врожайність озимої пшениці у трьох варіантах рекультивації.

За даними трьох років обліку протягом десятиріччя виходить, що урожайність озимої пшениці у варіанті ШП+30НШЧ була майже вдвічі менша у порівнянні з двома іншими варіантами. Додавання 40 см шару чорнозему забезпечило стале підвищення урожайності – на 5 ц/га у варіанті ШП+50ЛС+70НШЧ. Враховуючи вищенаведену інформацію щодо фітотоксичності шахтних порід, за даними агрономічної оцінки, важко відповісти на питання – чи існує негативний вплив рекультивованих відвалів на рівень врожайності сільськогосподарських культур? У зв'язку з цим паралельно до обліку урожайності з інтервалом у 8 років проводили оцінку динаміки міграції токсичних солей у профілях різних варіантів рекультивованих земель (Табл. 2).

Таблиця 2

Пошаровий розподіл солей у рекультивованих профілях по роках, %

Шар, см	ШП+70НШЧ			ШП+50ЛС+30НШЧ			ШП+50ЛС+70НШЧ		
	1987	1995	2003	1987	1995	2003	1987	1995	2003
0-10	0,074	0,1	0,054	0,094	0,1	0,04	0,104	0,1	0,06
10-20	0,09	0,1	0,098	0,067	0,1	0,04	0,116	0,1	0,032
20-30	0,16	0,2	0,046	0,109	0,1	0,042	0,122	0,1	0,03
30-40	0,344	0,3	0,06	0,122	0,1	0,064	0,141	0,1	0,036
40-50	0,524	1,3	0,118	0,178	0,1	0,346	0,116	0,2	0,188
50-60	0,573	1,4	0,266	0,204	0,05	0,526	0,137	0,1	0,550
60-70	0,805		1,164	0,174	0,1	1,03	0,156	0,2	0,48
70-80				0,364	0,6		0,140	0,1	0,408
80-90				0,635			0,117	0,1	0,232
90-100				0,236			0,219	0,1	0,288
100-110							0,187		0,372
110-120							0,189		0,388

Як виходить із аналізу даних табл.2. вміст сухого залишку у контактному з відвалом шарі чорноземного ґрунту (у варіанті ШП + 70 НШЧ) за 16 років збільшився вдвічі. Тільки у шарі 0-10 см в 2003 р. не відмічено засолення, що можна пояснити відсутністю оберту пластів ґрунту з 1997 по 2003 рр. Додавання прошарку лесоподібного суглинку призвело до зменшення темпів засолення на протязі перших восьми років досліджень. Разом з тим відмічено повільне підвищення засолення екрануючого прошарку суглинку за роками від 0,1 до 1,03 %. Порівняння процесів засолення між двома варіантами з прошарком суглинку було на користь варіанту ШП+50ЛС+70НШЧ завдяки значно меншому впливу токсичних порід шахтного відвалу і зниженню вмісту сухого залишку солей до 0,2 - 0,55 %.

Висновки. Таким чином, при вивченні динаміки змін у розподілі солей за даними хімічного аналізу з 1987 до 2003 рр. у модельних профілях рекультивації було виявлено, що найбільше різняться між собою варіанти з наявністю та відсутністю екрануючого шару лесоподібного суглинку. Відсутність цієї “геомембрани” призводить до швидкого вертикального переміщення та засолення верхніх шарів ґрунту, що контактують з шахтною породою відвалів, яка легко вивірюється. Разом з тим наведені за 16 років дані підтвердили, що екрануючий шар лесоподібного суглинку у варіанті ШП+50ЛС+70НШЧ значно стримує засолення штучного профілю. Було встановлено, що у тришаровому варіанті рекультивації (ШП+50ЛС+70 НШЧ) за 16 років розподіл рН у профілі майже не змінився і був близьким до зонального ґрунту.

Введення екрануючого прошарку лесоподібного суглинку як геохімічної мембрани дозволило значно підвищити урожайність сільськогосподарських культур на ділянках рекультивованих за тришаровим варіантом.

Література

1. Жиленко М.І., Харитонов М.М. Агроекологічна оцінка ефективності технологій рекультивації шахтних відвалів у Західному Донбасі/ Бюлетень Інституту Зернового господарства (науково-методичний центр з проблем зернового господарства). –Дніпропетровськ, 2005. – № 23-24. – С.93-95
2. Костенко И.В. Рекультивация отвалов сульфидных шахтных пород и реанимация промышленных пустошей в рурском каменноугольном бассейне ФРГ. Рекультивация биологически нарушенных земель. – Екатеринбург, 2003. – С.227-230.
3. Евграфкина Г.П. Влияние горнодобывающей промышленности на гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия территорий. – Днепропетровск: Монолит, 2003. – 200 с.
4. Горбунов Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв. – М. Наука, 1974.– 316с.
5. Харитонов М.М. Розподіл токсичних солей та важких металів у профілю варіантів рекультивованих земель Західного Донбасу // Вісн. ДДАУ. – Дніпропетровськ, 2004. – № 1. – С.11 – 14.
6. Рекультивация земель. К X-му Междунар. конгрессу почвоведов. Днепропетровск, 1974. – 231 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зборовским А.В.
Поступила в редакцию 26.06.07*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА ВЫБРОСООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Рассмотрена возможность применения одного из механоэлектрических методов, а именно импульсного электромагнитного излучения для построения системы оповещения о возможности выброса угля, породы и газа во время ведения очистных работ. Основное внимание уделено определению дальности распространения излученных электромагнитных волн в горном массиве различной геологической структуры с целью выбора рационального расположения магнито-приемников в горных выработках.

Розглянута імовірність використання одного з механоелектричних методів, а саме імпульсного електромагнітного випромінювання для побудови системи оповіщення о імовірних викидах вугілля, породи і газу під час проведення очисних робіт. Основна увага виділена визначенню дальності розповсюдження випромінюваних електромагнітних хвиль в гірничому масиві різноманітної структури з метою вибору раціонального розміщення магніто-приймачів в гірничих виробітках.

The opportunity use of the mechanoelectrical methods - pulse electromagnetic radiation for notification about an opportunity of emission of coal of breed and gas during conducting cleaning works system construction is considered. The basic attention to definition of range of distribution electromagnetic waves radiation in a mountain range of various geological structure with the purpose of a choice of a rational arrangement magnet-receivers in excavations is given.

Проблема предупреждения о возможности выброса угля породы и газа во время ведения добычных работ в лавах шахт центрального Донбасса по-прежнему остается актуальной.

Известно, что выбросы связаны с резким изменением напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива в отдельных зонах разрабатываемого угольного пласта [1]. Многими теоретическими и экспериментальными исследованиями [2], [3], [4] показано, что НДС горного массива можно контролировать различными геофизическими методами, основанными на зависимости механических и электросейсмоакустических свойств горных пород от их НДС. Предложенные методы контроля НДС используют как первичные так и вторичные физические явления, проявляющие себя при деформации горных пород вплоть до их разрушения.

К первичным физическим явлениям относят изменения механических свойств горных пород под воздействием приложенных напряжений (модуль Юнга, коэффициент Пуассона), изменение сейсмоакустических свойств (скорости распространения продольных и поперечных упругих волн, коэффициентов затухания и др.) изменения электрических свойств горных пород (проводимости среды σ , диэлектрической проницаемости ϵ , тангенса угла диэлектрических потерь $tg\delta$, магнитной проницаемости μ) и связанных с ними условий распространения электромагнитных полей в горных породах (коэффициента поглощения β и коэффициента фазы α)

К вторичным физическим явлениям относят механоэлектрические эффекты (пьезоэлектрический, сейсмоэлектрические эффекты E и I, трибоэлектрический, импульсного электромагнитного излучения и некоторые другие).

Анализ результатов проведенных исследований по применению первичных и вторичных физических явлений для контроля НДС показал, что наибольшей информативностью обладают сейсмоакустические методы. Использование механоэлектрических эффектов при проведении сейсмоакустических исследований не требует дополнительных затрат, а получаемая дополнительная информация превращает первичный метод в комплекс методов, что существенно улучшает качество получаемой информации [4]. Тем не менее, надёжность контроля НДС с целью прогноза выбросов остается пока низкой. Во многом это связано с малой дальностью обнаружения зон неоднородностей в НДС горных пород. Кроме того, эти методы требуют применения устройств возбуждения сейсмоакустических волн и большого числа датчиков контроля, расположенных в горных выработках и специально пройденных скважинах, что не технологично и дорого.

В значительной мере эти проблемы можно решить, используя метод импульсного электромагнитного излучения. Так как излучение электромагнитных волн НДС массива может происходить без участия искусственного источника сейсмоакустических волн. При этом излучаемые радиоволны распространяются в горном массиве на достаточно большие расстояния.

Связь интенсивности излучения электромагнитных волн с НДС массива доказана теоретическими и экспериментальными работами ряда институтов, однако практически нет данных о реальном использовании этого эффекта для прогноза возможности выбросов в горных выработках. Основные трудности применения этого метода связаны с недостатком данных о реальных параметрах излучения электромагнитных волн критичными зонами НДС массива и их предельными дальностями распространения.

Теоретические исследования и прогнозы свидетельствуют о том, что критические (опасные) зоны НДС вызывают горные удары, выбросы угля, породы и газа и имеют малые размеры от одного до нескольких десятков метров.

Дальность распространения электромагнитных волн импульсного возбуждения (глубина действия) зависит от НДС массива, физико-механических свойств среды, градиента механоэлектрических преобразований, электродинамических характеристик массива, чувствительности и места расположения принимающей аппаратуры и т.д.

Нами подробно рассмотрены и экспериментально изучены электродинамические характеристики углей и вмещающих пород шахт Донбасса.

Как известно основное влияние на затухание электромагнитных колебаний в горном массиве оказывают их электрические свойства ε , σ и $tg\delta$.

Для электродинамических характеристик массива горных пород достаточно знать пару параметров, например ε и σ или ε и $tg\delta$.

Анализ условий излучения и распространения электромагнитных волн проведен на модели однородной безграничной полупроводящей среды. Это

вполне допустимо, когда толщина пластов углей и вмещающих пород значительно меньше применяемой длины волны (Бреховских Л.М.).

Для упрощения анализа использованы известные решения системы уравнений Максвелла для однородной среды, устанавливающие связь между отдельными элементами электромагнитного поля [5].

Массив шахтных пород обычно состоит из 5-10 слоев углей, глинистых и песчаных сланцев, песчаников и известняков мощностью от 0,2 до 20 м.

Диэлектрическая проницаемость ε , тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ отдельных слоев углей и пород определены с помощью эмпирических формул и обобщенных частотных характеристик ε и $tg\delta$, полученных статистически на основе измерений ε и $tg\delta$ горных пород сорока шахт Донбасса.

Приведение многослойной среды к однородной осуществлено с помощью эквивалентных электрических параметров среды $\varepsilon_{\text{ЭКВ}}$ и $tg\delta_{\text{ЭКВ}}$. Для расчета $\varepsilon_{\text{ЭКВ}}$ и $tg\delta_{\text{ЭКВ}}$ угольно-породного массива получены следующие выражения:

а) для поля, направленного вдоль слоёв:

$$\dot{\varepsilon}_{\text{ЭКВ}} = (1/\nu) \left(\sum_{i=1}^n \dot{\varepsilon}_{in} d_{in} + \sum_{i=1}^n \dot{\varepsilon}_{ikp} d_{ikp} \right) / \left(\sum_{i=1}^n d_{in} + \sum_{i=1}^n d_{ikp} \right), \quad (1)$$

б) для поля, направленного поперек слоев:

$$\dot{\varepsilon}_{\text{ЭКВ}} = (1/\gamma) \left(\sum_{i=1}^n d_{in} + \sum_{i=1}^n d_{ikp} \right) / \left(\sum_{i=1}^n d_{in} / \dot{\varepsilon}_{in} + \sum_{i=1}^n d_{ikp} / \dot{\varepsilon}_{ikp} \right), \quad (2)$$

Аналогичные уравнения получены для $tg\delta_{\text{ЭКВ}}$

где $\dot{\varepsilon}_n$ и $\dot{\varepsilon}_{kp}$ - комплексные диэлектрические проницаемости слоев пород, лежащих в почве и кровле угольного пласта,

d_n и d_{kp} их толщина,

ν и γ - коэффициенты, учитывающие неоднородность среды и влияние мощности угольного пласта, определяемые по специально построенным графикам на основе сравнения $\varepsilon_{\text{ЭКВ}}$, полученной в результате расчета по теоретическим и эмпирическим формулам.

Известно, что глубина проникновения электромагнитных полей в горные породы находится в обратной зависимости от величины коэффициента поглощения энергии поля этой средой.

На основе проведенных измерений и расчетов ε и $tg\delta$ отдельных слоёв пород, а также $\varepsilon_{\text{ЭКВ}}$ и $tg\delta_{\text{ЭКВ}}$ угольно-породных массивов, построены частотные характеристики коэффициента поглощения в диапазоне 0,1-100 МГц по уравнению:

$$\beta = (\sqrt{2}\pi f / 3 * 10^8) \sqrt{\varepsilon} \sqrt{\sqrt{1 + tg^2\delta} - 1}, \quad (3)$$

Анализ частотных характеристик, приведенных на рис. 1, показал, что наименьший коэффициент поглощения β имеют угли, причем, изменение их влажности от 1 до 8% существенно сказывается только на низких частотах.

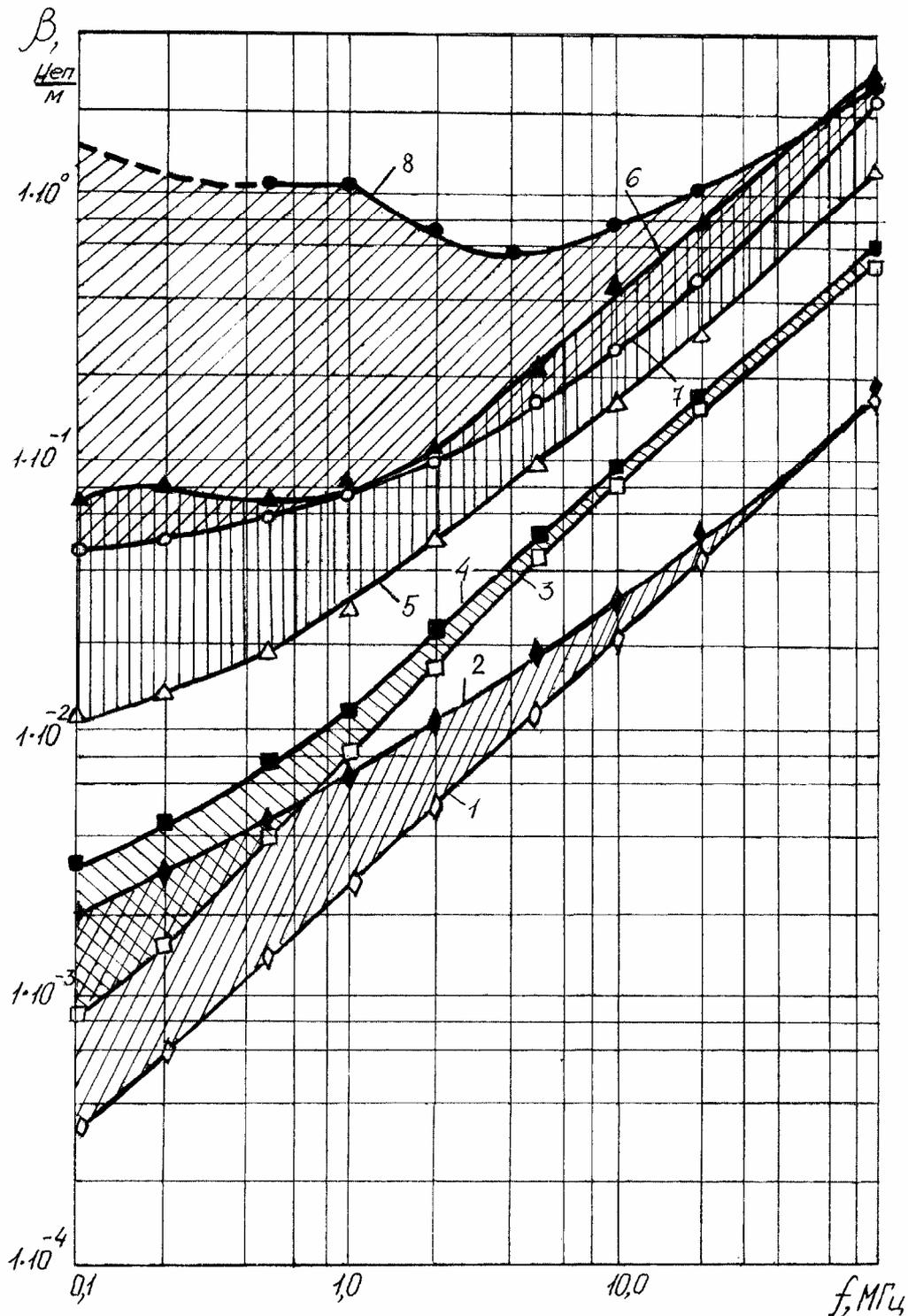


Рис. 1. Зависимости коэффициента поглощения β от частоты f : 1, 2 – уголь марки Г с $W=(1,8-8)\%$; 3, 4 – углистый сланец с $W=(1,0-3,1)\%$; 5, 6 – песчаный сланец с $W=(1,2-3,3)\%$; 7, 8 – глинистый сланец с $W=(1,7-5,2)\%$.

Близко к углю по коэффициенту поглощения приближаются углистые сланцы и известняки. Глинистые и песчаные сланцы, а также песчаники имеют очень высокое значение β (0,01-1 неп/м). В диапазоне частот 0,1-1,0 МГц β практически не изменяется, что объясняется значительной дисперсией ϵ и $tg\delta$ глинистых и песчаных сланцев.

Верхняя граница диапазона частот, при котором глубина проникновения радиоволн в породы превышает 50 м, лежит в пределах 1-2 МГц.

Оценку глубинности метода определяли косвенным путём, заменив источник излучения рамочной антенной с фиксированными параметрами, что существенно упростило расчеты.

Напряженность магнитного поля, создаваемая излучающей рамочной антенной в полупроводящей среде, определяется выражением:

$$H_{\theta} = (I_p S N \mu_0 \omega^2 / 4\pi K_1^2) \Phi(r, \alpha, \beta), \quad (4)$$

где I_p - ток в рамке, А, S - площадь рамки, см², N - число витков рамки, μ_0 - магнитная постоянная, K_1^2 - волновое число свободного пространства, r - расстояние до излучателя, м, α - коэффициент фазы волны, β - коэффициент поглощения, $\Phi_H(r, \alpha, \beta)$ - множитель, характеризующий затухание напряженности магнитного поля в зависимости от электрических свойств среды и расстояния до излучателя:

$$\Phi_H(r, \alpha, \beta) = (e^{-\beta r} / r^3) \left\{ \left[(\alpha^2 r^2 + 1) - (\beta r + \beta^2 r^2) + (\alpha r - 2\alpha\beta r^2) \right]^2 \right\}^{1/2}, \quad (5)$$

Анализ уравнения (5) при изменении α и β в пределах: $\alpha=(0,05-5)$ рад/м; $\beta=(0,01-1,0)$ неп/м, соответствующих их реальным значениям в диапазоне частот $f=(0,1-10,0)$ МГц показал, что уровень напряженности поля в промежуточной и волновой зонах на заданном расстоянии в основном определяется множителем $\Phi_H(r, \alpha, \beta)$.

Анализ зависимости $\Phi_H(r, \alpha, \beta)$ от частоты f и расстояния r при различных ε и $tg\delta$ среды показал, что на расстоянии $r < 50$ в диапазоне частот 1-10 МГц множитель $\Phi_H(r, \alpha, \beta)$ переходит через экстремальные значения, которые соответствуют оптимальным условиям распространения электромагнитных волн. С увеличением ε и $tg\delta$ среды и расстояния r экстремальные значения множителя $\Phi_H(r, \alpha, \beta)$ смещаются в диапазон частот 0,1-1,0 МГц. Следовательно, оптимальные частоты лежат в диапазоне частот 0,1-1,0 МГц.

Влияние кабелей и металлических конструкций в виде труб, буровых ставов, канатов, расположенных в выработке, на условия распространения радиоволн оценивались по приведенной выше методике определения дальности распространения электромагнитных волн. Коэффициент поглощения β определялся из выражения, полученного М.М. Савкиным применительно к длинной линии, имеющей дискретные заземления.

В результате расчетов установлено, что уровень сигнала в диапазоне частот 0,1-2,0 МГц в выработке с металлическими конструкциями падает на 5-15% по сравнению с «чистой» выработкой, а при наличии изолированных проводников – на 20 – 30%, что объясняется растеканием электромагнитного поля по проводящим элементам горных выработок. Для увеличения эффективности приёма электромагнитных волн от источника излучения необходимо располагать магнитоприёмники как можно ближе к массиву горных пород и как можно дальше от металлических конструкций.

Модуль амплитуды векторов напряжённости электрического и магнитного полей, создаваемых источником излучения в месте приёма, можно найти из известных для электрического и магнитного вибраторов уравнений [5], выразив в них волновое число K_2 через коэффициент α и коэффициент поглощения β :

$$K_2 = \alpha - i\beta, \quad (6)$$

В связи с относительно малой глубиной проникновения радиоволн в горные породы, антенны приёмника необходимо ориентировать до достижения максимального уровня сигнала на выходе приёмника. При этом угол θ между осью вибратора и направлением излучения будет равен $\pi/2$.

Определим для этих условий напряженность магнитного поля $|H_\theta|$, созданного магнитным вибратором в виде рамочной антенны с числом витков N :

$$H_\theta = (I_p SN w^2 e^{-i\alpha r} e^{-\beta r} \mu / 4\pi r K_1^2) \left[(1/r^2) - (\alpha - i\beta/ir) - (\alpha - i\beta)^2 \right], \quad (7)$$

Освобождаясь от комплексности в знаменателе уравнения (7) и разделяя его действительные и мнимые части, найдем амплитуду $|H_\theta|$ по формуле:

$$|H_\theta| = \sqrt{R_e H_\theta^2 + I_M H_\theta^2}, \quad (8)$$

Решая уравнение (8) получим:

$$|H_\theta| = (I_p SN \mu_0 w^2 e^{-\beta r} / 4\pi r^3 K_1^2) \left\{ \left[(\alpha^2 r^2 + 1) - (\beta r + \beta^2 r^2) + (\alpha r - 2\alpha\beta r^2) \right]^2 \right\}^{1/2}, \quad (9)$$

Член уравнения $I_p SN \mu_0 w^2 / 4\pi K_1^2$ характеризует мощность излучателя, а остальные члены – затухание поля в среде.

Полученные выражения могут быть использованы для построения графических зависимостей убывания с расстоянием амплитудных значений меридиональной составляющей напряженности магнитного поля, созданного магнитными вибраторами в горных породах.

Обозначим в уравнении (9) $I_p SN \mu_0 w^2 / 4\pi K_1^2$ через коэффициент $Q_H(p)$, а остальные члены уравнения, характеризующие затухание напряженности магнитного поля в зависимости от электрических свойств среды и расстояния, через коэффициент $\Phi_H(r, \alpha, \beta)$. Тогда (9) уравнение можно записать в виде:

$$H_\theta = Q_H(p) \Phi_H(r, \alpha, \beta), \quad (10)$$

Анализ уравнения (10) при изменении α и β в пределах: $\alpha = (0.05 - 5) \text{ рад/м}$; $\beta = (0.01 - 1.0) \text{ неп/м}$, соответствующих их реальным значениям в диапазоне частот 0,1-10,0 МГц, показал, что уровень напряженности поля в промежуточной и волновой зонах ($r \geq 0.2\lambda_0$) на заданном расстоянии в основном определяется коэффициентом $\Phi_H(r, \alpha, \beta)$.

При определении глубинности метода по-прежнему будем считать среду однородной и безграничной. Найдём мощность сигнала на входе приемника в зависимости от расстояния до источника, электрических свойств среды и конструктивных параметров антенны.

Электродвижущая сила, возникающая в рамочной антенне под действием магнитного поля, определяется выражением:

$$U_2 = i\mu_0 w S_2 H_\theta N_2 \sin \gamma, \quad (11)$$

Где S_2 - площадь приемной антенны, см^2 ,

N_2 - число её витков,

γ - угол, составленный нормалью к плоскости приёмной рамки с направлением на излучатель, градусы.

Подставляя в уравнение (11) из (10) H_θ , получим:

$$U_2 = -i\mu_0 Q_H(p) \Phi_H(r, \alpha, \beta) w S_2 N_2 \sin \gamma, \quad (12)$$

При настроенной в резонанс рамочной антенны на входе приемника получим напряжение:

$$U_{\text{вх}} = U_2 (H_\theta) Q_2, \quad (13)$$

где Q_2 - добротность рамочной антенны.

Мощность сигнала на входе приемника при согласованной нагрузке можно определить из выражения:

$$P_{\text{вх}} = U_{\text{вх}}^2 / 4R_2, \quad (14)$$

Где R_2 - резонансное сопротивление настроенной рамочной антенны, Ом.

$$R_2 = wL_2 Q_2, \quad (15)$$

где L_2 - индуктивность рамочной антенны, Гн.

С учётом уравнений (12,13,15), уравнение (14) можно записать в виде.

$$P_{\text{вх}} = (I_p S_1 N_1 Q_2 \mu^2 \mu_0 S_2 N_2 w e^{-2\beta r} / 64\pi^2 L_2 r^6) [(\alpha^2 r^2 - \beta^2 r^2 - \beta r + 1)^2 + (\alpha r - 2\alpha\beta r^2)^2] \sin \gamma, \quad (16)$$

В отсутствии внешних помех сигнал может быть нормально принят при условии:

$$P_{\text{вх}} \geq P_{\text{rПp}}, \quad (17)$$

где $P_{\text{rПp}}$ - чувствительность приемника. Ее можно определить из выражения

$$P_{\text{rПp}} = KNT_0 \Delta f, \quad (18)$$

где K - постоянная ($K = 1,38 * 10^{-23} \text{ дж} / \text{г}$),

T_0 - абсолютная температура на входе приемного устройства, K^0 ,

Δf - эффективная полоса пропускания приемного устройства,

N - коэффициент шумов среды.

Подставляя уравнения (16,18) в неравенство (17) и записывая его в виде:

$$y = 64\pi^2 e^{2\beta r} KNT_0 \Delta f L_2, \quad (19)$$

$$y = (I_p^2 S_1^2 N_1^2 Q_2^2 \mu^2 \mu_0 S_2^2 N_2^2 w) (((\alpha^2 r^2 - \beta^2 r^2 - \beta r + 1)^2 + (\alpha r - 2\alpha\beta r^2)^2) \sin \gamma) / r^6, \quad (20)$$

можно графоаналитическим способом найти r .

На рис.2 приведены расчетные графики дальности распространения электромагнитных волн в различных горных породах в зависимости от частоты электромагнитного поля для случая, когда излучатель эквивалентен источнику электромагнитного поля с мощностью 0,5 Вт., чувствительность приемника ограничивается собственными шумами и шумами среды, а площадь рамочной антенны $0,25\text{м}^2$.

расстояние, м

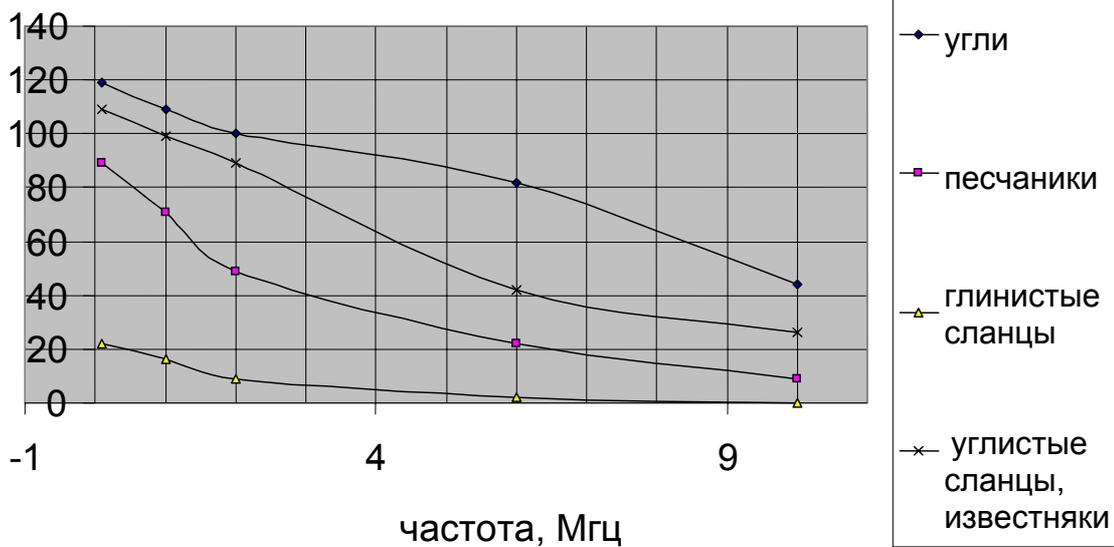


Рис. 2. Зависимости дальности распространения электромагнитных волн от частоты электромагнитного поля

Как видно из рис. 2 кривые (угли и углистые сланцы и известняки) наибольшая дальность распространения электромагнитных волн (до 120м) может быть получена в горных породах, состоящих из углей, углистых сланцев и известняков в диапазоне частот до 1,0 МГц. Такие горногеологические условия на шахтах Донбасса не встречаются. Обычно пласты угля имеют мощность 0,6-1,6 м., а углистые сланцы и известняки 0,5-5,0 м. Остальная часть горных пород или все боковые породы состоят из глинистых и песчано-глинистых сланцев и песчаников, имеющих высокие значения ϵ и $tg\delta$. Дальность распространения электромагнитных волн в таких горных породах резко сокращается и может составлять 20-90 м в исследуемом нами диапазоне частот. Например, из анализа кривых (углистые сланцы, известняки и глинистые сланцы), рис.2 видно, что дальность распространения электромагнитных волн в глинистых сланцах при $W=6-10\%$ не превышает 20 м, а при $W=2\%$ превышает 80м. Если породы представлены песчаниками с небольшой влажностью, то дальность связи может достигать 110 метров, кривая (песчаники)

Проведенное исследование позволяет предложить структурную схему системы прогноза выбросоопасных ситуаций с расстановкой магнито-приёмников контроля НДС вдоль горных выработок, окружающих лаву длиной до 200 м с расстоянием между датчиками не более 30 м с выводом сигналов от них на контроллеры управления технологическими процессами добычного участка, расположенные в нижней и верхней части лавы (Рис. 3).

Обрабатываемая контроллерами по специальной программе информация может передаваться персоналу добычного участка и выводиться на пульт диспетчера шахты для принятия соответствующих мер безопасности.

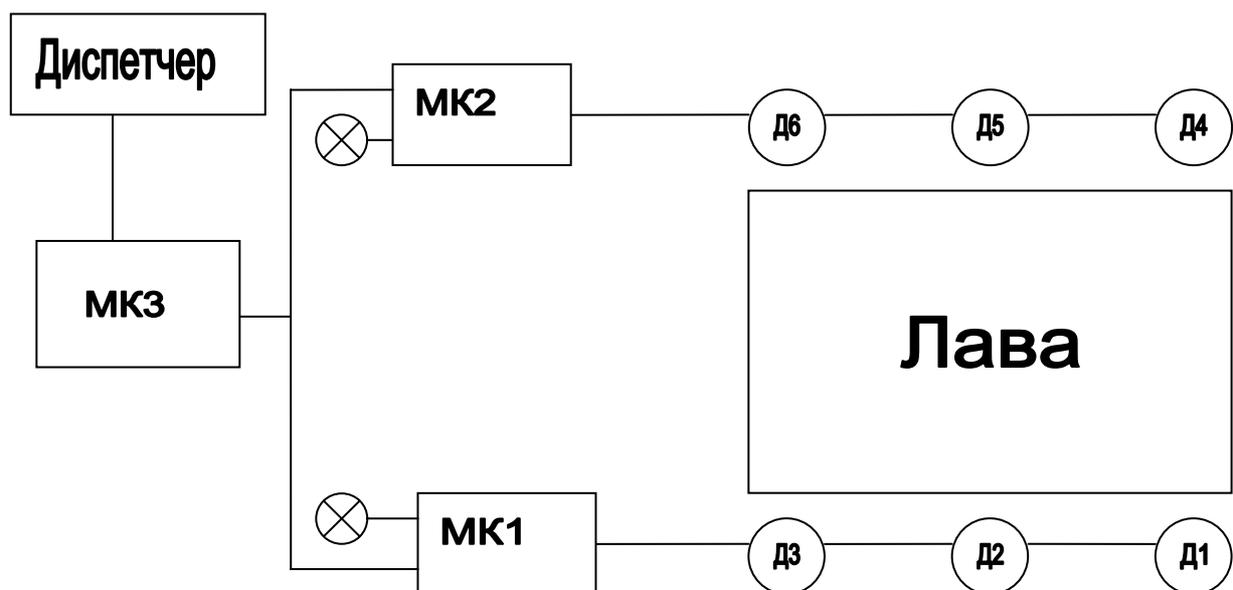


Рис. 3. Структурная схема системы прогноза выбросоопасных ситуаций.
 МК3, МК2, МК1 – микроконтроллеры, Д1, Д2, Д3, Д4, Д5, Д6 магнито-приёмники
 расположенные вдоль лавы

Литература

1. Петухов М.И., Линьков А.М. Механизм развязывания и протекания выброса угля (породы) и газа// Основы теории внезапных выбросов угля породы и газа. –М.: Недра, 1978.- С.62-91
2. Ямщиков В.С. Методы с средства исследования горных пород и процессов.- М.: Недра, 1982.-296с.
3. Тарасов Б.Г., Дырдин В.В., Иванов В.В. Геоэлектрический контроль состояния массивов. –.: М. Недра, 1983. – 216 с.
4. Скипочка С.И. Механоэлектрические эффекты в породах и их использование в горной геофизике. – Днепропетровск: Национальная горная академия Украины, 202. – 177с.
5. Лавров Г.А., Князев А.С. Приземные и подземные антенны – «Советское радио», 1965 – 472 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.
 Поступила в редакцию 06.06.07*

УДК 519.2 : 622.4

© И.П. Саволей, А.Н. Коваленко

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ШАХТ ПОСРЕДСТВОМ ПАССИВНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ

Обоснована необходимость в разработке методов оперативного управления вентиляционными системами шахт. Представлена модель вентиляционной системой шахты, основанной на выборе оптимальных воздействий по дифференциальным уравнениям чувствительности. Приведены алгоритмы варьирования управляющих параметров вентиляционной системы шахты на отдельном участке.

Обґрунтована необхідність в розробці методів оперативного управління вентиляційними системами шахт. Представлена модель управління вентиляційною системою шахти, яка заснована на виборі оптимальних дій, що управляють, по диференціальних рівняннях чутливості. Приведені алгоритми варіювання параметрів вентиляційної системи шахти, що управляють, на окремій ділянці.

A necessity is grounded for development of methods of operative management vent systems of mines. The model of a vent system of mine, based on the choice of optimum managing influences on differential equalizations of sensitiveness is presented. The algorithms of varying of managing parameters of a vent system of mine are resulted on a separate area.

Вступление. Уменьшить себестоимость добычи угля можно за счет решения задачи оперативного автоматизированного управления воздухораспределением в шахтной вентиляционной системе (ШВС) [1]. Перераспределение воздушных потоков добиваются установкой в ряде горных выработок регуляторов расходов воздуха (РРВ) (пассивных регуляторов), с переменными аэродинамическими сопротивлениями. Регулирующими воздействиями являются сопротивления выработок, содержащих РРВ.

Ранее авторами были выделены три основных подхода к задаче управления воздухораспределением. Суть первого метода заключена в том, что на основании имеющейся математической модели ШВС и заданного критерия оптимальности рассчитываются аэродинамические параметры ряда ветвей, обеспечивающие экстремум выбранного критерия. Второй подход основан на том, что формируют управляющие воздействия обеспечивающие экстремальное значение выбранного функционала. Существует ряд способов, которые представляют собой частные случаи второго и первого, однако в силу их важности и простоты алгоритмов управления целесообразно рассматривать их отдельно.

В качестве критерия оптимальности управления воздухораспределением выбирают функцию (функционал) от расходов воздуха в выработках, которые в свою очередь зависят от сопротивлений горных выработок – ветвей с РРВ. Критерий оптимальности в данном случае имеет вид:

$$J[(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{il}), n\Delta t] = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^L [q_{kj}([n-m]\Delta t) - q_{kj}^*([n-m]\Delta t)]^2, \quad (1)$$

где $(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{il})$ - аэродинамические сопротивления горных выработок с РРВ;

$q_{kj}^*([n-m]\Delta t)$ - требуемый расход воздуха в соответствующий момент времени;

$q_{kj}([n-m]\Delta t)$ - расходы воздуха в выработках – ветвях k_1, k_2, \dots, k_j ;

$n\Delta t$ - моменты времени.

Выбор оптимального управляющего вектора $\{r_{i1}^*[(n-1)\Delta t], \dots, r_{il}^*[(n-1)\Delta t]\}$ (при $m=1$), или последовательности таких векторов (при $m>1$), который минимизирует критерий оптимальности (1), требует расчёта значений:

$$q_{kj}^*[(r_{i1}^*, r_{i2}^*, \dots, r_{il}^*), [n-m]\Delta t].$$

При решении этой задачи, как правило, возникают следующие трудности:
 - большая размерность ШВС и её нелинейный характер влекут за собой значительные затраты машинного времени, что существенно влияет на оперативность управления в реальном времени;

- аэродинамические сопротивления, входящие как параметры в нелинейные сетевые уравнения, не являются постоянными, что приводит к увеличению числа повторных расчётов.

Сложность расчётов естественного воздураспределения является следствием того, что сетевые уравнения воздураспределения не разрешимы в явном виде относительно расходов воздуха, поэтому на каждом этапе расчётов приходится решать системы нелинейных уравнений большой размерности [1].

В связи с отмеченными недостатками возникает потребность в упрощении математических уравнений, описывающих воздураспределение.

Изложение основных результатов работы. В настоящей работе предлагается модель оперативного управления ШВС на основе так называемых уравнений чувствительности. Полученные уравнения значительно упрощают решение задачи оперативного управления воздураспределением.

В основе метода лежат полученные в работе [2] характеристические уравнения, позволяющие исследовать динамику параметров вентиляционных сетей. С учётом этого результата получим характеристические уравнения в виде обыкновенных линейных дифференциальных уравнений.

Рассмотрим сетевые уравнения, описывающие естественное воздураспределение в ШВС:

$$\sum_{i \in I_k} r_i q_i^2 \text{sign}(q_i) = h_k, k = 1, 2, \dots, (p - d + 1); \quad (2)$$

$$\sum_{i \in V_l} q_i = 0, l = 1, 2, \dots, (d - 1), \quad (3)$$

где p - число ветвей ШВС; d - число узлов;

r_i - аэродинамическое сопротивление i - й ветви;

h_k - алгебраическая сумма депрессий, развиваемых в k - м контуре;

I_k - множество индексов ветвей, образующих k - й контур;

V_l - множество индексов ветвей, входящих в l - й узел.

Системы уравнений (2) и (3) могут быть записаны в матричной форме:

$$\begin{aligned} SRQ^2 &= H; \\ AQ &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

где Q - p - мерный вектор – столбец расходов воздуха в выработках – ветвях;

Q^2 - p - мерный вектор столбец с элементами $q_i^2 \text{sign}(q_i), i = 1, 2, \dots, p$;

R - $(p \times p)$ - квадратная диагональная матрица с элементами на главной диагонали;

S - $((p - d + 1) \times p)$ - мерная структурная матрица типа контур – ветвь;

$A - ((d - 1) \times p)$ - мерная структурная матрица типа узел – ветвь.

Предположим, что при неизменных остальных компонентах вектора R изменяется сопротивление r_v в ветви с номером v на величину Δr_v . При этом изменяется и вектор естественного распределения Q на вектор приращений ΔQ . В этом случае в скалярной форме каждое контурное уравнение, не содержащее v - й ветви, в новой точке равновесия будет иметь вид

$$\sum r_i (q_i^*)^2 \text{sign}[(q_i^*)^*], \quad (5)$$

где $q_i^* = q_i + \Delta q_i$ - контурные уравнения, содержащие ветвь с номером v , имеют вид

$$\sum r_i (q_i^*)^2 \text{sign}[q_i^*] + \Delta r_v (q_v^*)^2 \text{sign}[q_v^*] = h_k. \quad (6)$$

Возведём члены, содержащие $q_i + \Delta q_i$, в квадрат:

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in I_k} r_i (q_i + \Delta q_i)^2 \text{sign}[q_i + \Delta q_i] + 2 \sum_{i \in I_k} r_i q_i \Delta q_i \text{sign}[q_i + \Delta q_i] + \\ & + \sum_{i \in I_k} r_i (\Delta q_i)^2 \text{sign}[q_i + \Delta q_i] + \\ & + \Delta r_v \times q_v^2 \text{sign}[q_v + \Delta q_v] + 2 \Delta r_v q_v \Delta q_v \text{sign}[q_v + \Delta q_v] \\ & + \Delta r_v (\Delta q_v^2) \text{sign}[q_v^*] = h_k. \end{aligned}$$

Если предположить, что малыми вариациями Δr_v соответствуют малые вариации Δq , что хорошо согласуется с практикой, то в последнем уравнении всеми членами, содержащими Δq_i^2 , Δr_v^2 , $\Delta q_i \Delta r_v$, можно пренебречь. Более того, при малых вариациях естественно предположить $\text{sign}[q_i + \Delta q_i] = \text{sign}[q_i]$, т. е. опрокидывание струй не происходит. В этом случае вместо (6) получим

$$\sum_{i \in I_k} r_i (q_i)^2 \text{sign}[q_i] + 2 \sum_{i \in I_k} r_i q_i (\Delta q_i) \text{sign}[q_i] + r_v (q_v)^2 \text{sign}[q_v] \cong h_k, \text{ но из системы}$$

(1) следует, что $\sum_{i \in I_k} r_v (q_v)^2 \text{sign}[q_v] = h_k$, тогда

$$2 \sum_{i \in I_k} r_i q_i (\Delta q_i) \text{sign}[q_i] + \Delta r_v (q_v)^2 \text{sign}[q_v] \cong 0. \quad (7)$$

Из узловых уравнений (2) получим

$$\sum_{i \in I_l} \Delta q_i = 0. \quad (8)$$

Полная система уравнений (7) и (8) в вариациях, записанная в матричной форме, будет иметь вид

$$\begin{aligned} 2SR_q \Delta Q &= H_v \Delta r_v; \\ A \Delta Q &= 0, \end{aligned} \quad (9)$$

где R_q - диагональная $(p \times p)$ - мерная матрица с элементами $r_i q_i \Delta q_i$ на главной диагонали; H_v - матрица - столбец, элементы которой равны нулю, если контурное уравнение с номером j не содержит V - й ветви, и $(q_v)^2 \text{sign}[q_v]$, если j - й контур содержит ветвь с номером v .

Введём блочные матрицы

$$F = \begin{Bmatrix} 2SR_q \\ \dots \\ A \end{Bmatrix}; \quad Y = \begin{Bmatrix} H_v \\ \dots \\ 0I \end{Bmatrix}; \quad (10)$$

Тогда систему уравнений (9) запишем в виде

$$F\Delta Q = Y\Delta r_v. \quad (11)$$

Введём псевдо - обратную матрицу F^+ [2] со свойствами: $F^+ = (F^T F)^+ F^T$. $(F^T F)^+ = \lim_{\lambda \rightarrow 0} (F^T F + \lambda I)^{-1}$. С помощью введённой псевдо - обратной матрицы получим

$$\Delta Q = F^+ Y \Delta r_v. \quad (12)$$

Это уравнение описывает изменение вектора расходов воздуха при вариации аэродинамического сопротивления в ветви с номером V . Предположим теперь, что Δr_v стремится к нулю. Тогда из уравнения (12) легко получить

$$dQ/dr_v = \lim_{\Delta r_v} (\Delta Q / \Delta r_v) = (F^T F)^+ F^T Y. \quad (13)$$

Элементы матриц $F, F^T F$ зависят от r_v и Q . Таким образом, уравнение (13) представляет собой систему нелинейных неавтономных, обыкновенных дифференциальных уравнений. Система уравнений (13) является удобной для отслеживания воздухораспределения при вариациях аэродинамического сопротивления Δr_v . Интегрируя систему уравнений (13) в пределах $r_v^* < r_v < r_v^{**}$ с нулевыми условиями по Q (они соответствуют установившемуся воздухораспределению при фиксированных значениях сопротивлений $r_1, r_2, \dots, r_v^*, r_{v+1}, \dots, r_p$), получим траектории изменений установившихся расходов, как функций $Q(r_v)$. Модуль $|dq_i / dr_v|$ характеризует чувствительность расхода воздуха в i - ой ветви к вариациям сопротивления в ветви с номером V . Поэтому, естественно называть уравнения (13) дифференциальными уравнениями чувствительности.

Использование системы уравнений (13) для отслеживания вектора расходов $Q(r_v)$ сопряжено со следующими вычислениями:

- определение начального вектора воздухораспределения $Q(r_v^*)$;
- расчёт матриц: $F, F^T F, (F^T F)^+, Y_v$, которые зависят $Q(r_v^*)$, от r_v^* ;
- интегрирование системы (13) каким – либо методом.

Основная трудность, которую требуется преодолеть при интегрировании, связана с зависимостью элементов F от r_v и многократного вычисления матрицы: $(F^T(r_v)F(r_v))^+$. Так как вычисление этой матрицы представляет собой довольно громоздкую вычислительную задачу [2], следует найти пути упрощения расчётов.

Для этого заменим, прежде всего, матрицу $(F^T F)^+$ на обычную обратную матрицу $(F^T F)_\lambda^{-1} = (F^T F + I)^{-1}$, при некотором малом значении $\lambda > 0$. Элементы матрицы $(F^T(r_v)F(r_v))_\lambda$ непрерывно и дифференцируемо зависят от r_v [2]. Поэтому существует матричная производная $d(F^T(r_v) \times F(r_v))_\lambda^{-1} (dr_v)^{-1}$.

Воспользуемся матричным тождеством [2]:

$$\begin{aligned} d(F^T(r_v)F(r_v))_\lambda^{-1} (dr_v)^{-1} &= -(F^T(r_v)F(r_v))_\lambda^{-1} \times \\ &\times d(F^T(r_v)F(r_v))_\lambda (dr_v)^{-1} (F^T(r_v)F(r_v))_\lambda^{-1}. \end{aligned} \quad (14)$$

Тогда совместное интегрирование двух систем уравнений (13) и (14) позволит избежать многократного обращения матриц. В качестве нулевых условий при интегрировании системы (14) должны быть выбраны значения элементов матрицы $(F^T(r_v^*)F(r_v^*))_\lambda^{-1}$.

Применим теперь правило дифференцирования произведения матриц, получим

$$\begin{aligned} d(F^T(r_v)F(r_v))(dr_v)^{-1} &= dF^T(r_v)(dr_v)^{-1}F(r_v) + \\ &+ F^T(r_v)dF(r_v)(dr_v)(dr_v). \end{aligned} \quad (15)$$

Элементы матрицы $F(r_v)$ полностью определяются матрицами: S, R_q, A .

Найдём в явной форме элементы матрицы $dF^T(r_v)(dr_v)^{-1}$.

Первые $p - d + 1$ строк матрицы F образуются членами вида $2r_i q_i \times \text{sign}[q_i]$, т.е. $F(l, t) = \begin{cases} 2r_i q_i \text{sign}[q_i], \text{если } l = i \in I_l; l = 1, 2, \dots, (p - d + 1); \\ 0, \text{если } l \in I_l; t = 1, 2, \dots, p. \end{cases}$

Дифференцирование по r_v даёт

$$dF(l, t) / dr = \begin{cases} \frac{2q_v \text{sign}[q_i], \text{если } l = v \in I_l;}{0, \text{если } l \neq v \text{ и } v \in I_l;}, \\ 0, \text{если } l = v \text{ и } v \in I_l; \\ t = 1, 2, \dots, p; l = 1, 2, \dots, (p - d + 1). \end{cases} \quad (16)$$

Для элементов $F(l, t)$ при $l \geq (p - d + 2)$ будем иметь

$$dF(l, t) / dr_v \equiv 0; l = (p - d + 2) \dots (p - 1); t = 1, 2, \dots, p. \quad (17)$$

Таким образом, элементы матрицы $dF(r_v)/dr_v$ определены аналитически, что очень важно, в явной форме не зависят от r_v .

Обозначим $dF(r_v)/dr_v = D$, тогда уравнение (15) запишется в виде

$d(F(r_v)F^T(r_v))(dr_v)^{-1} = D^T F(r_v) + F^T(r_v)D$. Окончательно для системы уравнений (13) и (14) получим:

$$dQ(r_v)(dr_v)^{-1} = (F^T(r_v)F(r_v))_{\lambda}^{-1} F^T(r_v)Y_v; \quad (18)$$

$$d(F^T(r_v)F(r_v))_{\lambda}^{-1}(dr_v)^{-1} = -(F^T(r_v)F(r_v)F(r_v))_{\lambda}^{-1} \times \\ \times [D^T F(r_v) + F^T(r_v)D](F^T(r_v)F(r_v)F(r_v))_{\lambda}^{-1}. \quad (19)$$

Дифференциальные уравнения (18), (19) представляют значительный интерес для решения задач анализа и синтеза систем управления воздухораспределением. Особенность их заключается в том, что они разрешены в явной форме относительно вариаций расходов. Если в ветви с номером V стоит регулятор расхода воздуха, то решения уравнений (18) позволяет получить траектории расходов воздуха $Q(r_v)$ во всех ветвях сети.

Уравнения (18) можно записать в несколько другой форме, более удобной, если известен закон изменения аэродинамического сопротивления во времени.

Действительно, пусть $r_v(t) = \sum_{i=0}^{V_k} a_i t^i, a_i = r_v^*(0), V_k - \text{целое} > 1$.

Тогда дифференциал $dr_v(t)$ равен $dr_v(t) = \sum_{n=1}^V a_n n t^{n-1} dt$ и, следовательно,

$$dQ/d(r_v(t)) = dQ / \left(\sum_{n=1}^V n a_n t^{n-1} \right) dt = W_v F^T(r_v) Y_v, \quad (20)$$

где $W_v = (F^T(r_v)F(r_v))_{\lambda}^{-1}. \quad (21)$

Преобразуя (20), получим

$$dQ/dt = \sum_{n=1}^V n a_n t^{n-1} W_v F^T(r_v) Y_v. \quad (22)$$

Уравнение (22) вместе с (19) позволяет изучать уже изменения расходов воздуха во времени, при переменном сопротивлении $r_v(t)$.

Ещё одну, полезную, форму записи уравнений (18) можно получить, если рассмотреть одновременно две системы уравнений: $dQ/dr_v = W_v F^T(r_v) Y_v$ и $dQ/dr_l = W_l F^T(r_l) Y_l$ при одних и тех же начальных условиях.

Если теперь для компоненты вектора с номером k записать обе траектории, получим $dq_k/dr_v = str[W_v F^T(r_v) Y_v]_k$ и $dq_k/dr_l = str[W_l F^T(r_l) Y_l]_k$, где $str[B]_k$ обозначает k -ю строку матрицы B . Находя отношение, получим

$$\begin{aligned} (dq_k / dr_v) / (dq_k / dr_l) &= dr_l / dr_v = str[W_v F^T(r_v) Y_v]_k / \\ str[W_l F^T(r_l) Y_l]_k, & \\ dr_l &= dr_v \times str[W_v F^T(r_v) Y_v]_k / str[W_l F^T(r_l) Y_l]_k. \end{aligned} \quad (23)$$

Эти отношения позволяют находить эквивалентные по эффекту вариаций аэродинамические сопротивления в ветвях l и v .

Из уравнений (18) и (19) можно получить явные выражения для элементов матрицы взаимовлияния двух потоков. Действительно, имеем для потоков l и

$$\begin{aligned} v: \quad dq_l / dr_v &= str[W_v F^T(r_v) Y_v]_l, \\ dq_k / dr_v &= str[W_v F^T(r_v) Y_v]_k. \end{aligned}$$

Их отношение

$$(dq_l / dr_v) / (dr_v dq_k) = dq_l / dq_k = str[W_v F^T(r_v) Y_v]_l str[W_v F^T(r_v) Y_v]_k \quad (24)$$

Определяет влияние вариации потока в ветви k на поток в ветви l .

Дифференциальные уравнения (18), (19) при использовании их для выработки управляющих воздействий с помощью ЭВМ желательно записать в форме систем конечно – разностных уравнений. Для преобразования их в конечно – разностные уравнения разобьём диапазон изменений сопротивления r_v с помощью приращений $n\Delta r_v$, полагая по-прежнему, что Δr_v достаточно мало. Тогда для первого уравнения сможем записать:

$$Q[(n+1)\Delta r_v] - Q[n\Delta r_v](\Delta r_v)^{-1} = W_v[n\Delta r_v] F^T[n\Delta r_v] Y_v[n\Delta r_v]. \quad (25)$$

Для второго

$$\begin{aligned} W_v[(n+1)\Delta r_v] - W_v[n\Delta r_v](\Delta r_v)^{-1} &= -W_v^{-1}[n\Delta r_v](D^T[n\Delta r_v] F[\Delta r_v] \times \\ \times Y_v[n\Delta r_v]) &+ F^T[\Delta r_v] + F^T[\Delta r_v] D[\Delta r_v] W_v^{-1}[n\Delta r_v], \end{aligned} \quad (26)$$

где принято $Q(r_v^*) = Q[\Delta r_v]$, $F(r_v^*) = F[\Delta r_v]$, что соответствует смещению аргумента интегрирования на величину r_v^* влево и не влияет на траекторию систем (18), (19). Преобразуя (25) и (26), получим

$$Q[(n+1)\Delta r_v] = Q[n\Delta r_v] + \Delta r_v W_v[n\Delta r_v] F^T[n\Delta r_v] Y_v[n\Delta r_v] Y_v[n\Delta r_v]; \quad (27)$$

$$\begin{aligned} W_v[(n+1)\Delta r_v] &= W_v[n\Delta r_v] - \Delta r_v W_v^{-1}[n\Delta r_v](D^T[n\Delta r_v] F[\Delta r_v] \times \\ \times F^T[\Delta r_v] &D[\Delta r_v]) W_v^{-1}[n\Delta r_v]. \end{aligned} \quad (28)$$

Пользуясь полученными уравнениями, можно вывести алгоритм управления воздухораспределением в разомкнутом контуре. Пусть регулятор расхода воздуха, установленный в ветви с номером v , имеет линейную характеристику. Его сопротивление во времени изменяется по линейному закону: $\Delta r_v = b\Delta t$. Тогда

$$\begin{aligned}
q_i^*[(n+1)\Delta r_v] &= q_i[n\Delta r_v] + \Delta r_v \text{str}[W[n\Delta r_v]F^T[n\Delta r_v]]_i; \\
Y[n\Delta r_v]_i &= q_i[n\Delta r_v] + b\Delta t \text{str}[W[n\Delta r_v]F^T[n\Delta r_v]Y_v[n\Delta r_v]]_i.
\end{aligned} \tag{29}$$

Для критерия оптимальности будем иметь

$$J[r_v(n+1)\Delta t] = \sum_{j=1}^L \left| \overline{q_{kj}}[(n+1)\Delta t] - q_{kj}^* \right|^2, \tag{30}$$

где принято $m=1$, и что q_{kj}^* не зависит от времени. Подставляя в (30) выражение $\overline{q_{kj}}[(n+1)\Delta r_v]$, получим

$$J[r_v(n+1)\Delta t] = \sum_{j=1}^L \left\{ \overline{q_{kj}}[n\Delta r_v] + \Delta r_v \text{str}[W[n\Delta r_v] \times F^T[n\Delta r_v]Y[n\Delta r_v]]_{kj} \right\}^2. \tag{31}$$

Откуда легко получить, что минимум (31) по Δr_v достигается в точке

$$\begin{aligned}
\Delta r_v &= \frac{\sum_{j=1}^L \overline{q_{kj}} \text{str}[W[n\Delta r_v]F^T[n\Delta r_v]Y[n\Delta r_v]]_j}{\sum_{j=1}^L \text{str}[W[n\Delta r_v]F^T \times \\
&\times [n\Delta r_v]Y[n\Delta r_v]]_{kj}}.
\end{aligned} \tag{32}$$

Учитывая, что $\Delta r_v = b\Delta t$, можно из (32) определить оптимальный коэффициент усиления b , а если он постоянный, то требуемый для отработки «уставки» интервал времени составляет Δt .

Полученный результат легко обобщается на случай двух и более регуляторов расхода воздуха. Для этого необходимо лишь рассмотреть совокупность систем (27), (28) для разных v . Значение $\overline{q_j}[(r_{i1} + \Delta r_{i1}), (r_{i2} + \Delta r_{i2}), \dots, (r_{is} + \Delta r_{is})]$ можно найти последовательным интегрированием дифференциальных уравнений (18), (19) по аргументам $r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{is}$.

Заключение. Результаты исследований, рассмотренного в данной работе метода дифференциальных уравнений чувствительности, примененного для определения оптимальных управляющих воздействий на сетевых моделях вентиляционных систем шахт, будут использованы при разработке программного комплекса расчета вентиляции и составления плана ликвидаций аварий в условиях шахт объединения «Павлоградуголь»

Литература

1. Абрамов Ф.А., Тянь Р.Б. Методы и алгоритмы централизованного контроля и управления проветриванием шахт. «Наукова думка», - Киев – 1973. – 184с.
2. Альберт А. Регрессия, псевдо - инверсия и рекуррентное оценивание. – М.: Наука, 1979. – С. 89.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Голинько В.И.
Поступила в редакцию 16.05.07*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ДОБЫЧНОГО УЧАСТКА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Исследованы аэрогазодинамические процессы при регулировании расхода воздуха в вентиляционной сети угольной шахты. Исследовано управление проветриванием добычного участка шахты. Разработана математическая модель добычного участка. Выполнен синтез и моделирование системы автоматического управления.

Досліджені аерогазодинамічні процеси при регулюванні витрат повітря у вентиляційній мережі вугільної шахти. Досліджене керування провітрюванням на видобувній ділянці вугільної шахти. Розроблена математична модель видобувної ділянці. Виконаний синтез та моделювання системи автоматичного керування.

It is investigated the aero and gas dynamic processes during the regulation of air expenditure in the ventilation network of coal mine. Researching control of air-ventilation at the extracting site of the mine. Developing a mathematical model of the extracting site. Creating and modeling of automatic control system.

В последние годы после временного спада производственных мощностей горнодобывающих предприятий наблюдается их рост, увеличение технической вооруженности. Работы в шахтах ведутся на больших глубинах, характеризующихся повышенным давлением и температурой горных пород и соответственно газообильностью угольных пластов.

На ряде действующих шахт недостаточное проветривание затрудняет увеличение добычи и, несмотря на применение дегазации угольных пластов и спутников, не обеспечивает безопасных условий труда шахтеров. В работе [1] на основании исследования газовыделения у выработки выемочного участка установлено, что на больших глубинах прямоточные схемы проветривания и дегазация с помощью буровых скважин не позволяют достичь нагрузки на лаву, которая обеспечивает экономически эффективную работу шахты.

В работе [2] проанализированы современные представления о процессах образования газа в угольных месторождениях и формах нахождения метана в угле и породах. Обосновано и положено в основу концепции зависимость газовой выделению в зонах влияния очистных выработок от степени подработки пород и их напряженного состояния. Выявлено условия образования и расположение зон метановыделения относительно очистного забоя.

Работы [1, 2] подтверждают, как и работы других ученых, зависимость нагрузки на очистной забой по газовому фактору. Снижать концентрацию метана за счет увеличения количества подаваемого в шахту воздуха не всегда возможно по условиям безопасности. Кроме того, в общем балансе энергопотребления газовых шахт непрерывно возрастает расход электроэнергии на проветривание. Вместе с тем, существование напряженного газового режима одновременно во всей разветвленной шахтной сети маловероятно. Поэтому естественно стремление управлять проветриванием газовых шахт, перераспределяя поступающий в шахту воздух в зависимости от газовой обстановки на выемочных участках.

Вопросами управления проветриванием занимаются институты Мак НИИ, ДонНТУ, ИГТМ АН Украины, НГУ и другие. В работе [4] представлены математические модели аэрогазодинамических процессов на выемочных участках угольных шахт и алгоритмы управления этими процессами. Однако, предложенные методы позволяют получать модель только в диапазоне полученных при натурном эксперименте аэрогазодинамических параметров конкретного добычного участка.

Для проектирования и эффективного управления проветриванием участка необходимо иметь математическое описание динамических свойств вентиляционной сети участка как объекта управления.

При этом нет необходимости знать характер переходных газовых режимов во всех точках выработок и выработанного пространства. Достаточно иметь интегральные характеристики переходных аэрогазодинамических процессов в заданных пунктах схемы проветривания участка (например, в исходящей струе участка и на выходе из лавы).

Эти характеристики могут быть определены из решения уравнений аэрогазодинамики, рассмотренными в работе [3].

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

где Q_0 - начальный расход воздуха, м³/с; ΔQ - величина изменения дебита воздуха, м³/с; β - коэффициент, определяемый по результатам эксперимента, с⁻¹; $\beta = 1/T$, где T - постоянная времени переходного процесса, с; t_3 - время задержки начала переходного процесса, с.

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

где ΔP - величина изменения давления в точке сопряжения очистного забоя с вентиляционным штреком при работе регулятора расхода воздуха (ИУРРВ), Па; r - удельное аэродинамическое сопротивление вентиляционного штрека, Па·с²/м⁷; l - расстояние от ИУРРВ до сопряжения очистного забоя с вентиляционным штреком; K_p - пропускная способность ИУРРВ; La - акустическая масса; Ca - акустическая гибкость.

$$q = q_0 + \frac{\Delta P}{r_{en}} \left[e^{-\frac{-1}{2(r \cdot l + \frac{1}{K_p^2})Ca \cdot Q + La \cdot Ca} t} - 1 \right], \text{ м}^3/\text{с} \quad (3)$$

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

Если ограничиться задачей синтеза системы регулирования концентрации метана на исходящей струе участка, можно получить простое математическое описание схемы проветривания участка, рассматривая ее как объект с сосредото-

точными параметрами со следующими выходными переменными: Q – расход воздуха, C – концентрация метана в исходящей струе участка.

В соответствии с [5] для анализа и синтеза автоматического управления наиболее приемлемым является способ поэлементного математического описания систем.

Выразим аналитические зависимости (1), (2), (3), через передаточные функции.

Произведем сравнение экспериментальной переходной характеристики штрека по воздуху и переходной характеристики модели штрека по воздуху при нулевых начальных условиях.

Математическая модель штрека в виде передаточной функции как отношение количества воздуха на выходе ($Q_{\text{ВЫХ}}$) к количеству воздуха на входе ($Q_{\text{ВХ}}$).

$$W(p) = \frac{Q_{\text{ВЫХ}}}{Q_{\text{ВХ}}}, \quad W(p) = \frac{K}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-tz \cdot p}$$

Это инерционное звено первого порядка с запаздыванием. Постоянная времени запаздывания

$$t_3 = \frac{L_{\text{ШТР}}}{C_3}$$

где $L_{\text{ШТР}}$ – длина штрека, м;

C_3 – скорость распространения звука, м/с.

Учитывая, что для каждого добычного участка расчетным путем определяются предельные значения количества проходящего по нему воздуха - Q_{min} является ненулевым начальным условием.

$$Q_{\text{ВЫХ}} = \frac{K \cdot e^{-tz \cdot p}}{T \cdot p + 1} \cdot Q_{\text{ВХ}}$$

Передаточная функция по воздуху в пакете Mathcad имеет вид

$$y(t) := \frac{K \cdot \exp(-2.018p)}{(T \cdot p + 1) \cdot p} \cdot dQ \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace, p} \\ \text{float, 3} \end{array} \right. \rightarrow -3 \cdot \Phi(t - 2.02) \cdot \exp(-6.5410^{-2} \cdot t + .132) + 3 \cdot \Phi(t - 2.02)$$

Аналогично были получены передаточные функции по давлению

$$W_p = \frac{Kp \cdot (T_1 \cdot p + 1)}{T_2 \cdot p + 1}$$

по дебиту метана

$$Wq = \frac{Kq}{Tq \cdot p + 1}$$

Проверка совпадения экспериментальной переходной характеристики и переходной характеристики модели при нулевых начальных условиях показала высокую сходимость (рис.1).

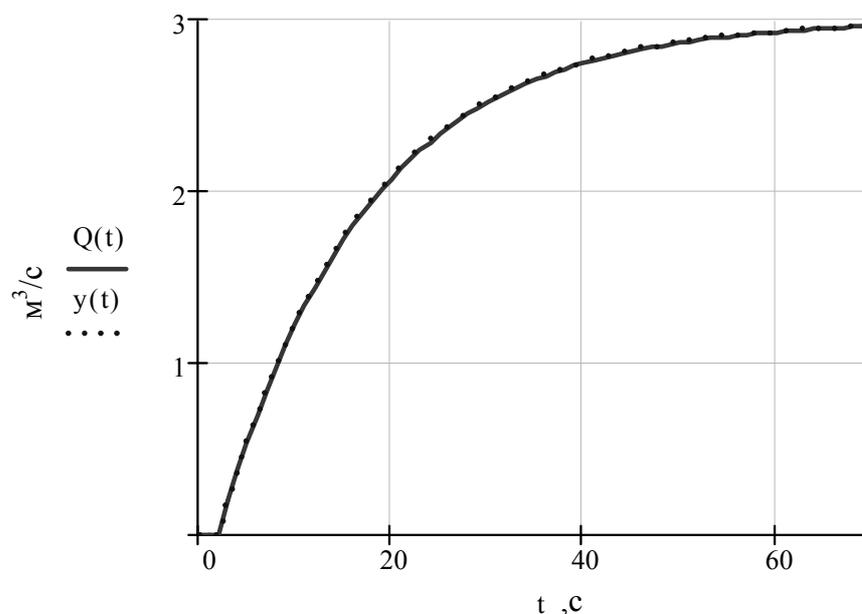


Рис. 1. Сравнение экспериментальной переходной характеристики по воздуху (—) и переходной характеристики модели по воздуху (- -)

Разработка системы автоматического управления (САУ) проветриванием добычного участка требует определения параметров управления и выбора закона управления.

Исходя из свойств объекта, выберем пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) – закон управления. Исследование и расчет параметров регулятора осуществляется машинным методом, с использованием приложения Nonlinear Control Design пакета Matlab.

Данный метод базируется на синтезе параметров регулятора по минимуму среднеквадратичной ошибки. С его использованием можно определять параметры аналогового и цифрового закона управления как линейного, так и нелинейного объекта.

Далее производим синтез цифровой системы по её аналоговой модели с применением ПИД - закона управления объектом (Nonlinear Control Design).

Структурная схема объекта имеет вид:

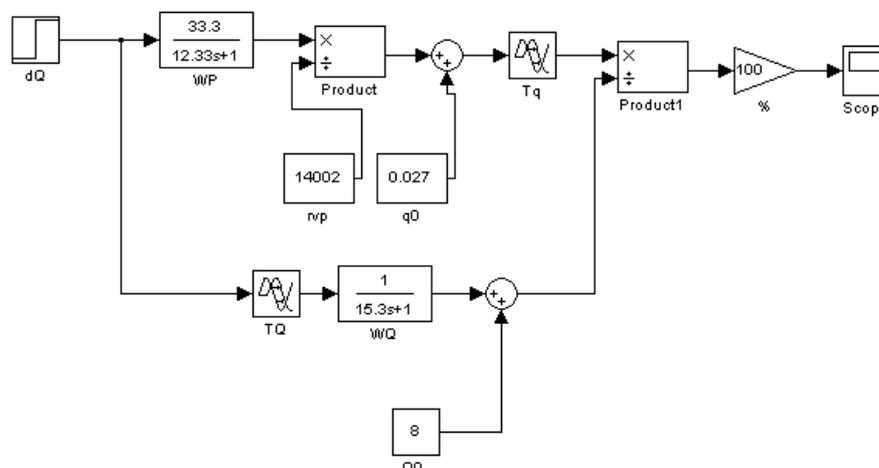


Рис. 2. Структурная схема объекта

Необходимо синтезировать цифровой ПИД-закон управления, используя модель САУ. При этом необходимо обеспечить такие показатели качества: максимальный “всплеск” метана - не более 0,01%.

Для реализации поставленной задачи, воспользуемся пакетом Nonlinear Control Design. В пакете Simulink создаем непрерывную модель САУ с использованием возможностей блока NCD Blockset

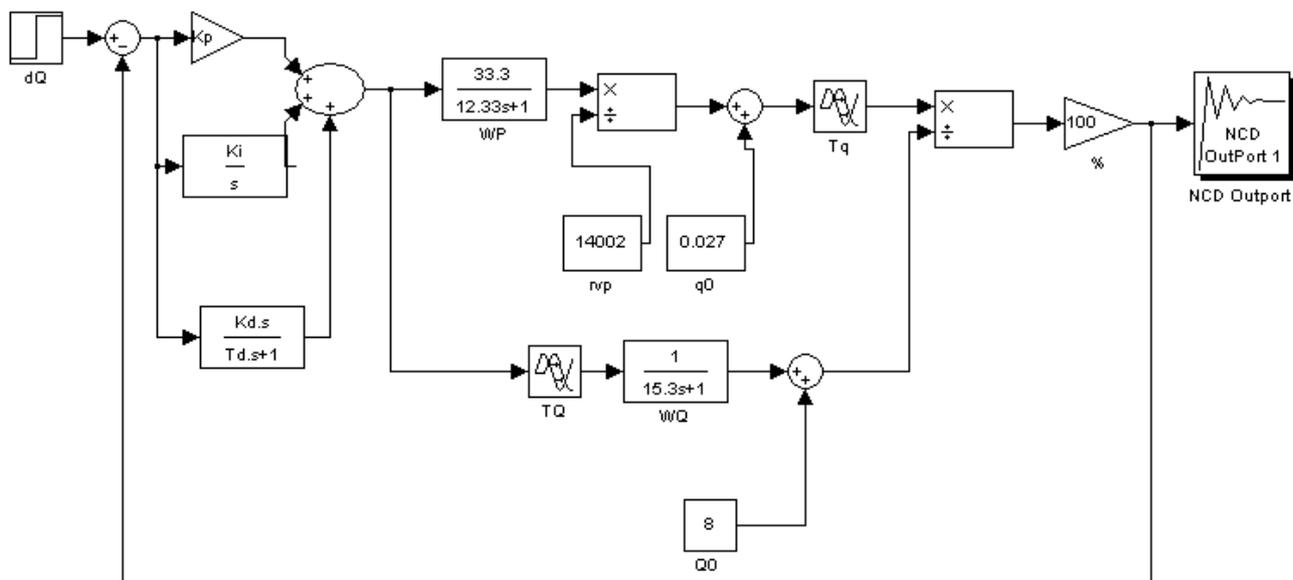


Рис. 3. Структурная схема объекта с ПИД-регулятором

Как видно из рисунка, неизвестные параметры K_p , K_i , K_d и T_d заданы в неявной форме. Далее, в режиме командной строки Matlab задаем начальные значения параметров PID-закона управления $K_p=1$; $K_i=0,5$; $K_d=1$; $T_d=1$.

Внутри блока NCD Output задаем диапазон изменения концентрации метана в необходимых пределах.

При помощи блока NCD Output, в меню Optimization – Parameters, задаются интервал дискретизации, искомые параметры и возможный диапазон их изменений.

В результате получим:

$$K_p=0.0547; K_i=0.0098; K_d=0.063; T_d=3.$$

Промоделируем теперь переходный процесс в непрерывной САУ при найденных оптимизированных параметрах.

Как видно из графика на рис. 4 “всплеск” под воздействием ПИД-закона управления уменьшился до необходимых пределов, условия задания выполнены – качество переходного процесса отвечает предъявляемым требованиям.

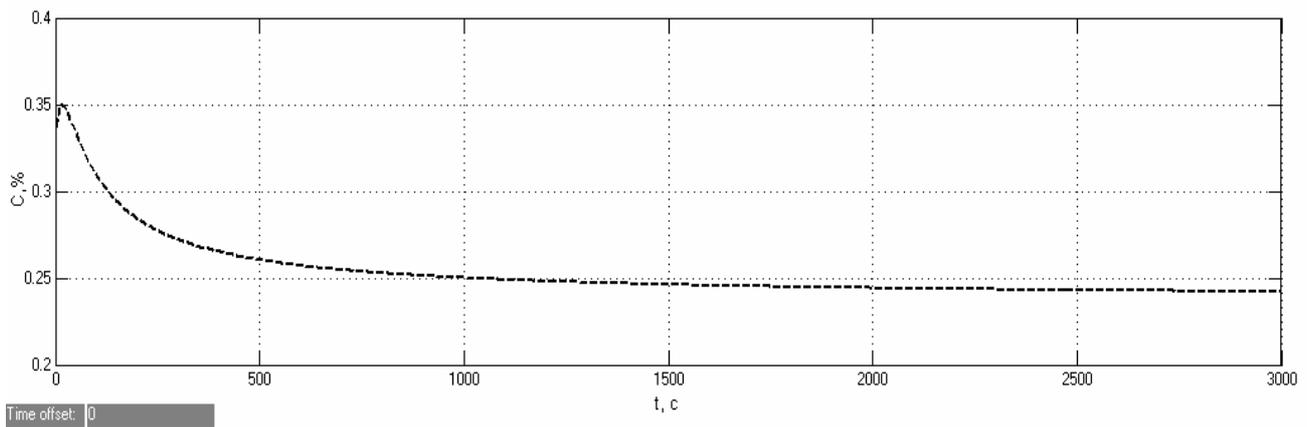


Рис. 4. Переходный процесс по содержанию метана САУ с ПИД - законом управления

Теперь составим рядом с непрерывной моделью САУ её цифровой аналог. Для этого также воспользуемся пакетом Simulink.

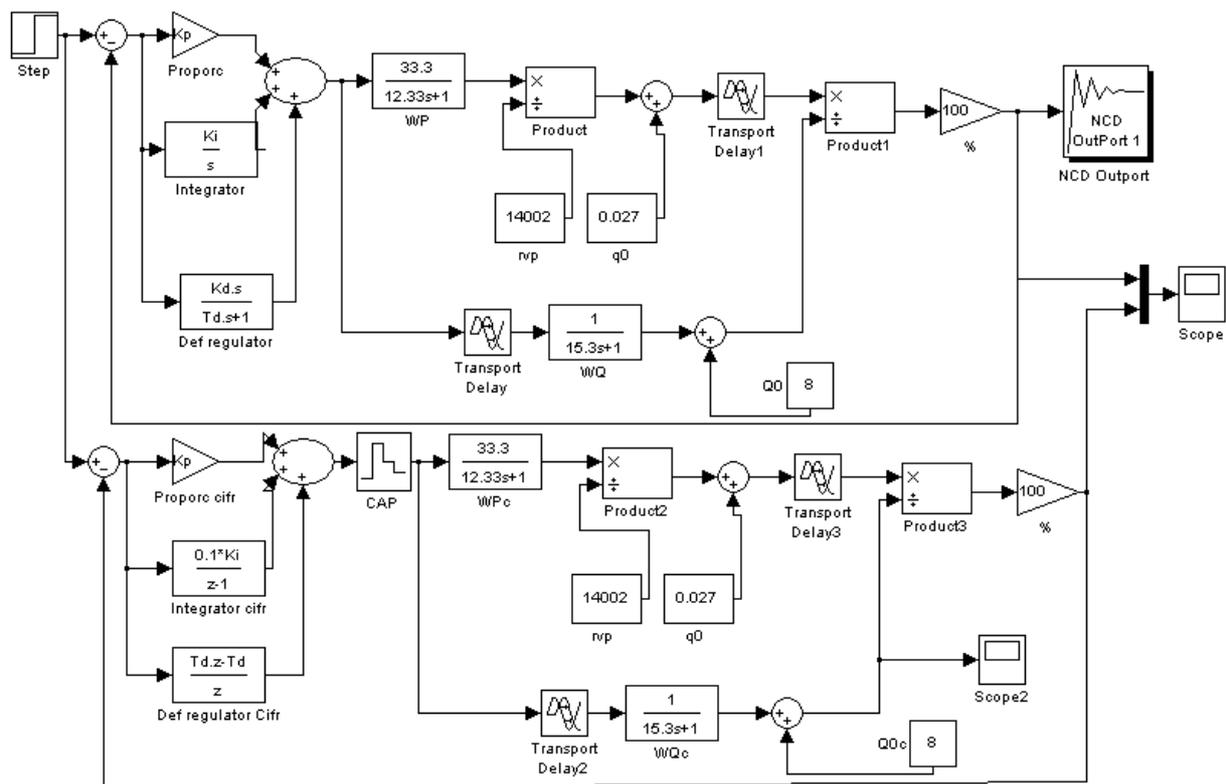


Рис. 5. САУ с непрерывным и цифровым регуляторами

Время квантования принимаем равным 0.1 с.

Результат моделирования представлен на рис.6.

Из графика на рисунке 6 видно, что цифровой ПИД – закон управления практически полностью повторяет результаты непрерывного регулятора и обеспечивает выполнение требований задания.

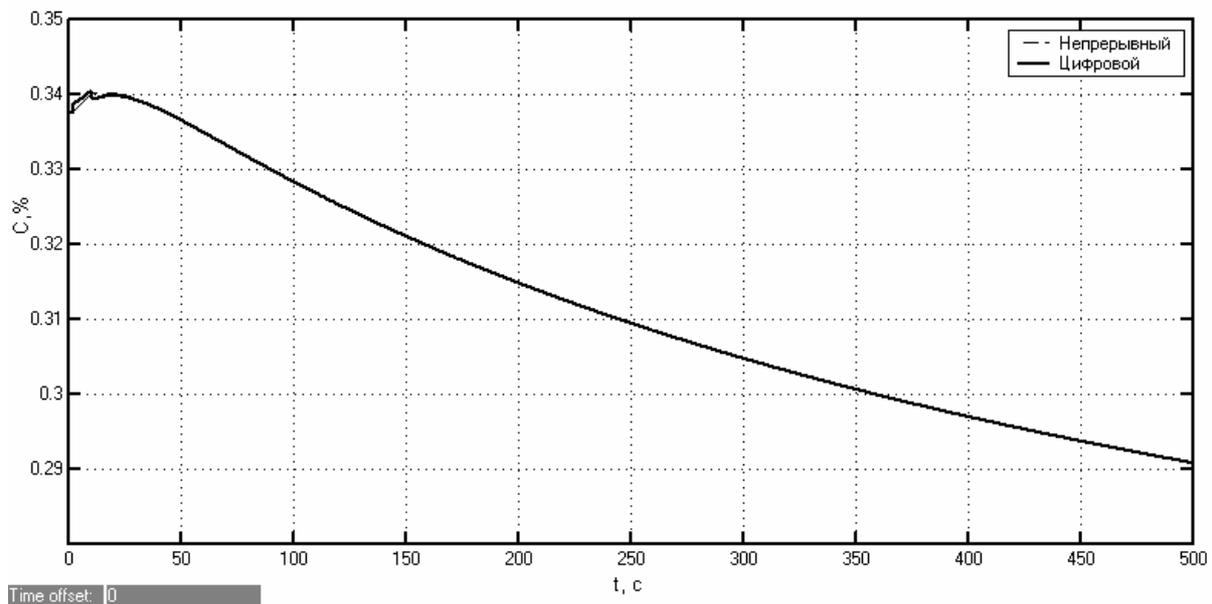


Рис. 6. Сравнение переходных процессов САУ с непрерывным и цифровым регуляторами

Выводы: Математическое моделирование добычного участка, как объекта управления проветриванием с применением пакета Matlab, показало достаточное совпадение математической модели с результатами экспериментов на реальном объекте.

В результате синтеза системы автоматического управления проветриванием получен незначительный всплеск метана, что является допустимым при проветривании добычных участков на угольных шахтах.

Получено математическое описание динамических свойств вентиляционной сети добычного участка угольной шахты как объекта управления с учетом инерционных свойств воздушного потока.

Определен рациональный закон автоматического управления проветриванием добычного участка угольной шахты по газовому фактору.

Литература

1. Управління аеродинамічними і газодинамічними процесами у виробках глибоких вугільних шахт на основі удосконалення схем провітрювання: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.15.11/ Б.В. Бокій; НАН України, Відділення фіз.-техн. гірн. пробл. Донец. фіз.-техн. інту ім. О.О.Галкіна. — Донецьк, 2001. — 20 с.
2. Прогноз та керування газовиділенням із вироблених просторів відпрацьованих лав у вугільних шахтах: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.01 [Електронний ресурс] / М.І. Антощенко; Нац. гірн. ун-т. — Д., 2004. — 36 с. — укр.
3. Голинько В.И., Иконников М.Ю. Исследование переходных аэрогазодинамических процессов в шахтной вентиляционной сети // Зб. наук. праць НГУ. — 2006. — Т2, №26. — С. 81-89.
4. Абрамов Ф.А., Бойко В.А. Автоматизация проветривания шахт. — Киев: „Наукова думка”, 1967. — 310 с.
5. Шаруда В.Г. Практикум по теории автоматического управления.
6. Правила безпеки у вугільних шахтах: Затв. Наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці 16.11.04 №257 / Київ, 2005. -398 с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Кременчуцким Н.Ф.
Поступила в редакцию 14.05.07*

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЯГИ В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ ДОНБАССА

В статье представлен метод расчета величины естественной тяги в глубоких шахтах, базирующийся на использовании имеющихся результатов экспериментальных исследований тепловых условий на глубоких горизонтах.

В статті представлено метод розрахунку величини природної тяги у глибоких шахтах, який базується на використанні дійсних результатів експериментальних досліджень теплових умов на глибоких горизонтах.

In the article is given the method of calculation of natural draft in deep mines, which is based on use of available results of experimental researches of thermal conditions on deep horizons.

Информация о величине естественной тяги в шахте необходима для определения режимов проветривания сети горных выработок и работы вентиляторов главного проветривания как в нормальных условиях эксплуатации, так и при осуществлении аварийных маневров вентиляции. Известно, что при протекании воздуха через сеть горных выработок его параметры претерпевают существенные изменения, связанные с изменением температуры, давления, состава и влажности. Интегральная величина изменения физических параметров воздуха сказывается на его объемном весе. При наличии разности высот выработок, по которым движется рудничный воздух, возникает естественная тяга, величина которой в глубоких шахтах достигает значительной величины и оказывает существенное влияние на проветривание шахты. Использование тепловой тяги для проветривания горных выработок предположительно началось более двух тысячелетий назад на рудниках Рио-Тинто, однако аналитическое определение величины тепловой тяги в России для горнодобывающих предприятий впервые изложено М. В. Ломоносовым в трактате “О вольном движении воздуха в рудниках примеченном”. Тяга определялась как разность столбов воздуха с различным объемным весом, а последний при неизменном составе воздуха подсчитывался в зависимости от температуры при заданном давлении. Для промышленных зданий и сооружений и неглубоких шахт и рудников этот метод расчета обеспечивает достаточную точность расчета и теперь, но для глубоких шахт он дает ощутимую погрешность, поскольку не учитывает изменение объемного веса при нарастании высоты его столба. Соответствующие уточнения по определению величины естественной тяги при изменении гидростатического давления выполнены школой академика А. Н. Щербаня и сводятся к следующему. Изменение давления в элементарном объеме воздуха описывается зависимостью:

$$dP = \rho(X \cdot dx + Y \cdot dy + Z \cdot dz), \quad (1)$$

где ρ - плотность воздуха, X, Y, Z - силы, действующие на элементарный объем воздуха в направлении соответствующих осей, и dx, dy, dz - величины смещения элементарного объема по соответствующей оси. При движении воздуха по

вертикальному стволу перемещение имеет место только по вертикали (совпадает с осью z), поэтому $dP = \rho \cdot Z \cdot dz$. Но в данном случае на элементарный объем воздуха действует только сила земного тяготения, то есть $Z = g$ и, следовательно, $dP = \rho \cdot g \cdot dz$. Поскольку $\rho \cdot g = \gamma$, где γ - объемный вес воздуха, то (1) принимает вид:

$$dP = \gamma \cdot dz . \quad (2)$$

Уравнение состояния Клапейрона – Менделеева для удельного объема воздуха имеет вид: $P \cdot v = R \cdot T$. Поскольку $v \cdot \gamma = 1$, то $v = \frac{1}{\gamma}$ и уравнение со-

стояния для этого случая принимает вид: $\frac{P}{\gamma} = R \cdot T$.

Тогда уравнение (2) переписывается в виде: $dP = \frac{P}{R \cdot T} \cdot dz$.

Группирование переменных дает: $\frac{dP}{P} = \frac{dz}{R \cdot T}$ (3)

Для случая, когда воздух опускается с дневной поверхности (высотная отметка H_0 , давление P_0) на горизонт околоствольного двора (отметка H_h , давление P_h) прирост давления при опускании воздуха на горизонт околоствольного двора определяется интегрированием (3), то есть: $\int_{P_0}^{P_h} \frac{dP}{P} = \int_{H_0}^{H_h} \frac{dz}{R \cdot T}$;

$$\ln\left(\frac{P_h}{P_0}\right) = \frac{H_h - H_0}{R \cdot T} = \frac{H}{R \cdot T}. \text{ Отсюда } P_h = P_0 \cdot e^{\frac{H}{R \cdot T}}.$$

Изменение температуры воздуха имеет место вследствие нагрева при политропическом сжатии воздуха и охлаждения - при расширении, но проявится это в виде естественной тяги лишь как результирующая разность давлений столбов воздуха одинаковой высоты на свежей и исходящих струях. Обозначив среднюю температуру воздуха поступающей и исходящей струй T_{1cp} и T_{2cp} соответственно, получим расчетную величину естественной тяги:

$$h_e = P_0 \cdot \left(e^{\frac{H}{R \cdot T_{1cp}}} - e^{\frac{H}{R \cdot T_{2cp}}} \right). \quad (4)$$

В практике расчетов вентиляции шахт базирующийся на использовании (4) метод определения естественной тяги получил название термодинамического метода. По сути этого метода величина естественной тяги определяется как работа одного кубометра воздуха при его перемещении по сети выработок, обусловленная притоком тепла к рудничному воздуху на пути его движения. Основные положения практического применения этого метода и методика экспериментального определения величины естественной тяги на действующих шахтах разработаны проф. А. Ф. Воропаевым. Для расчетного определения естественной тяги как для гидростатического, так и для термодинамического метода необходимо знать фактические величины температур воздуха в характерных точках вентиляционной струи. Для действующих шахт это не представляет

проблемы, поскольку замеры температуры регулярно производятся службой ВТБ и депрессионных съемок, что же касается прогнозных оценок для вскрываемых горизонтов и проектируемых шахт, а также аварийных условий при возникновении рудничных пожаров, то здесь дело обстоит значительно сложнее. Величина естественной тяги даже при нормальных условиях эксплуатации шахты не остается постоянной во времени величиной, поскольку средние температуры воздуха поступающей и исходящих струй подвержены сезонным и суточным колебаниям температуры и атмосферного давления на дневной поверхности, влиянию дополнительных источников нагрева за счет окислительных процессов и тепловыделений работающих машин и механизмов, а также тепловыделений из горного массива в атмосферу горных выработок, которое изменяется во времени непрерывно в течение длительного промежутка времени. Из (4) следует, что для определения величины естественной тяги достаточно иметь значения средней температуры столба воздуха, подаваемого на проветривание шахты, и идентичного ему по высоте столба исходящей струи. Однако определение этих параметров оказывается весьма сложной задачей, поскольку даже без учета изменения состава воздуха суммарное изменение средней температуры на каждой из струй происходит под действием многих факторов, проявление которых на свежей и исходящей струях неодинаково. Например, если определять прирост температуры свежей струи только за счет политропического сжатия, то уже на глубине 1000 м прирост температуры воздуха составит около 10 градусов. На самом деле прирост температуры воздуха окажется существенно меньше, но не потому, что отсутствует сжатие воздуха, а из-за наличия в стволе капеза воды и ее испарения, забирающего значительную часть тепла политропического сжатия, а также из-за наличия теплообмена поступающего свежего воздуха с горными породами ствола, образующими вокруг него тепловыравнивающую рубашку. К началу подъема исходящей струи, даже при отсутствии уклонных полей, когда горные работы ведутся только выше отметки околоствольного двора, параметры перемещающегося по горизонтальным выработкам воздуха также претерпевают существенные изменения, связанные с его нагревом теплом горного массива и возрастанием влажности. Существенную роль в интенсивности нагрева при этом играет термическое сопротивление массива охлаждаемых воздухом горных пород, величина которого зависит от времени охлаждения, а также аэродинамических параметров выработки и скорости движения воздушного потока. Математический аппарат для расчета теплофизических параметров воздуха в горных выработках в достаточной степени разработан, дает хорошую сходимость расчетных параметров с реально наблюдаемыми в натуре результатами, однако он весьма сложен и трудоемок. Это объясняет тот факт, что на действующих шахтах расчетному определению величины естественной тяги предпочитают ее экспериментальное определение. Самым простым способом определения тяги является перекрытие перемычкой общешахтной струи и непосредственный замер перепада давления на ней при остановленном вентиляторе главного проветривания. Но этот метод может быть применен только на негазовых шахтах, поскольку остановка вентилятора и прекращение движения воздуха в горных выработках приведет к воз-

можному загазированию горных выработок с вытекающими отсюда последствиями, а более 80% шахт Украины газовые. Способ расчетно-экспериментального определения величины естественной тяги по замеру расходов воздуха при работающем вентиляторе главного проветривания и при кратковременной, допускаемой Правилами безопасности в угольных шахтах десятиминутной остановке вентилятора без перекрытия воздушной струи, устраняет это препятствие, но на крупных шахтах (а величины их естественной тяги в первую очередь представляют наибольший интерес) продолжительность переходных режимов по воздуху до установления истинной величины тяги значительно превышает этот промежуток времени. Это приводит к тому, что измеренная величина естественной тяги может существенно отличаться от реально действующей в сети. Разработанная проф. Воропаевым А. Ф. методика определения величины естественной тяги, базирующаяся на термодинамическом способе ее определения, не связана с маневрами вентиляцией шахты, не нарушает требований Правил безопасности, проста по осуществлению, так как требует проведения лишь операций замеров температуры воздуха и барометрического давления в характерных точках направлений (треков) струй и - по возможности - сохранения неизменного режима проветривания шахты на период съемки. Такая съемка дает при правильной обработке ее результатов надежные результаты и приемлема для любой шахты или рудника со сложными вентиляционными сетями (в последних случаях возрастет лишь трудоемкость ее проведения), но как и любая другая съемка, базирующаяся на экспериментальном определении величины естественной тяги, может быть выполнена лишь в реально существующих выработках, то есть тоже не обеспечивает информацией для проектных и прогнозных расчетов вентиляции шахты и ее отдельных участков, связанных с совместным действием вентиляторов и естественной тяги.

Поэтому поиск путей решения задачи оценки прогнозной (ожидаемой) величины естественной тяги с минимальными затратами средств и времени вполне оправдан, если альтернативный путь получения результатов проще реализуем, гарантирует их достоверность и приемлемую точность.

Изучение влияния глубины ведения горных работ на величину естественной тяги началось почти столетие назад, однако наиболее ценные сведения по изменению температуры горного массива во времени и пространстве и параметров рудничного воздуха при перемещении его по горным выработкам получены школой академика А. Н. Щербаня [1,2] в 50–60 годы прошлого века.

Понятно, что исследователей этой школы интересовали в первую очередь вопросы теплообмена в горных выработках между воздухом и горным массивом и влияние на них таких факторов, как скорость движения воздуха, влажность, теплофизических свойств горных пород, времени существования горных выработок. Однако результаты выполненных ими исследований позволили установить ряд зависимостей, уточняющих физическую сущность протекающих в горных выработках термодинамических процессов и обеспечивающих полезную исходную информацию, пригодную для оценки параметров изменения естественной тяги в глубоких шахтах.

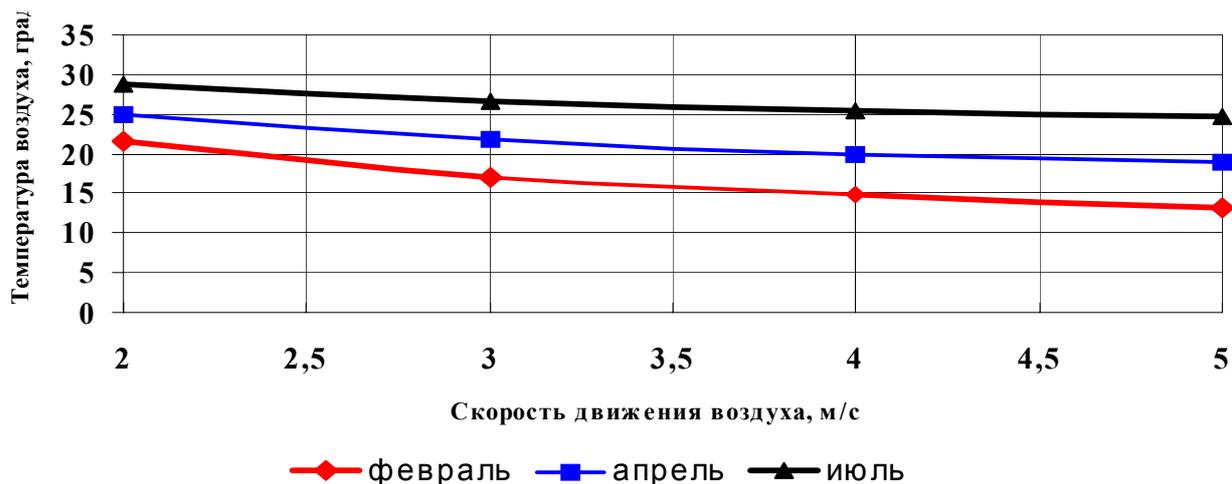
К таким относятся: установление характера изменения температуры поверхности горных выработок во времени и по длине (по удалению от поверхности), оценка влияния температуры и влажности поступающего с дневной поверхности воздуха на его температуру в горных выработках в различных участках вентиляционной сети - в околоствольном дворе, по длине откаточных штреков, в начале лавы, по ее длине и в конце лавы, а также в характерных пунктах вентиляционного горизонта, где прекращается нагрев воздуха теплом горных пород и происходит его охлаждение за счет адиабатического или поллитропного расширения. Установленные зависимости весьма сложны по математическому описанию, требуют выполнения огромного объема вычислений и учета большого числа сопутствующих факторов, из-за чего не могут быть распространены на аналогичные по горно-геологическим условиям участки других шахт, но вместе с тем позволяют выявить некоторые общие закономерности. Например, достоверно установлено, что скорость охлаждения горного массива переменна по времени, истекшему после его вскрытия: вначале охлаждение происходит интенсивно, но по мере образования вокруг выработки охлажденной зоны горных пород растет ее термическое сопротивление, и скорость охлаждения горных пород падает. Поэтому с целью обеспечения возможности инженерных расчетов и получения по возможности простых, приемлемых для инженерных расчетов зависимостей период существования горных выработок разбит по времени на три отрезка – до одного года, от одного года до 10 лет, более 10 лет. По-видимому, аналогичные периоды следует учитывать и при расчетах естественной тяги, поскольку с течением времени температура горных пород, окружающих выработку, снизится, упадет тепловой поток, греющий выработку, и снизится тяга.

Особое внимание в [1,2] уделено вопросам снижения нагрева воздуха за счет применения горнотехнических мероприятий, среди которых - порядок отработки шахтных полей, выбор схемы проветривания шахты, определение оптимальной по тепловому фактору скорости движения воздуха по горным выработкам и расхода воздуха и влияние утечек воздуха на тепловой режим очистных забоев. В этих работах содержится огромный хорошо обобщенный материал расчетных обоснований и экспериментальных наблюдений в самых глубоких на тот период времени шахтах, представляющий научную ценность и в настоящее время, когда из оставшихся в Украине 165 действующих шахт 37 шахт уже ведут работы на отметках ниже 1000 м, а 4 шахты - ниже 1400 м, то есть наступило время на практике использовать выполненные заблаговременно 30-40 лет назад научные наработки по нормализации тепловых условий в глубоких шахтах, поскольку проблема из научной и перспективной превратилась в неотложную насущную прикладную задачу.

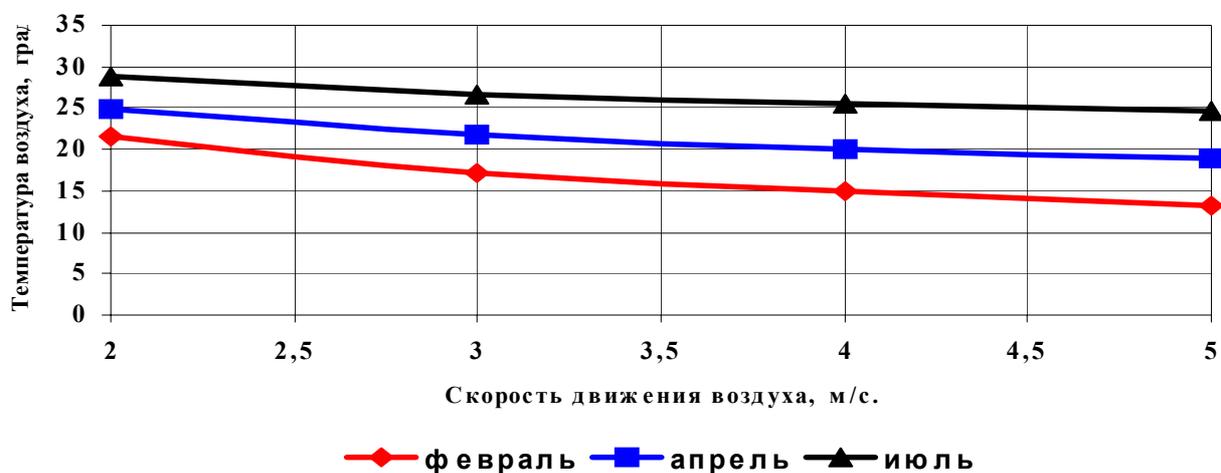
Изменение величины естественной тяги как функции глубины ведения горных работ и параметров горного массива на глубоких горизонтах представляет практический интерес для решения прикладных задач, однако даже при абсолютно идентичных горно-геологических условиях двух шахт и одинаковых глубинах ведения горных работ величина естественной тяги окажется различной, если схемы их подготовки и проветривания отличаются друг от друга,

поскольку, как уже указывалось выше, при одинаковой разности отметок свежей и исходящей струй тяга окажется больше в той шахте, где длина горных выработок до входа в лаву окажется больше. Применительно к задаче нормализации тепловых условий на глубоких горизонтах эти вопросы тщательно отрабатаны как выбор варианта вскрытия и подготовки и схемы проветривания на примере шахты “Горловская глубокая”, для которой в [2] содержатся исчерпывающиеся сведения о нагреве воздуха до входа в лавы для центральной, фланговой и комбинированной схем проветривания для горизонтов 840, 960 и 1080 м. Следует отметить, что приведенная в таблице 2 [2] информация содержит лишь соответствующие общей направленности работы сведения о нагреве воздуха при его перемещении по горизонтальным выработкам откаточного горизонта. Однако поскольку эти сведения представляют большой интерес для решения рассматриваемой нами задачи, они для наглядности представлены в виде графиков на рисунке 1 а, б, в для горизонта 1080 м и трех упоминавшихся схем проветривания для наиболее вероятных в сети подающих воздух выработок скоростей движения его в горных выработках (от 1 до 5 м/с). Графики на этих рисунках дают наглядную информацию о характере изменения температуры воздуха на пути его движения от околоствольного двора до лавы, то есть для рассматриваемой нами задачи характеризуют приросты температур воздуха на горизонтальном участке сети, не создающей непосредственно тепловой тяги, но формирующей ее параметры, которые проявятся на исходящей струе. В самом общем и упрощенном случае для решения поставленной нами задачи определения величины естественной тяги (то есть для подсчета по формуле (4)) необходим следующий минимальный объем информации о температуре воздуха в характерные периоды года: на входе в подающий ствол (в зимний период - после подогрева в калорифере), на входе в рудничный двор, на входе в лаву и выходе из нее, на входе в вентиляционный ствол и на выходе воздуха из канала вентилятора на дневную поверхность. Значительную часть информации, требуемой для выполнения оценочного укрупненного расчета величины естественной тяги, можно получить из работ [1,2,3]. В главе 8 [2] приведены средние температуры воздуха, поступающего в стволы шахт и номограммы для определения температуры воздуха в околоствольных дворах шахт Донбасса, в главе 15 приведены результаты исследований теплового режима действующих и строящихся глубоких шахт Донбасса, где наряду с данными об изменении параметров воздуха по мере его перемещения по вертикальным и горизонтальным выработкам приведен огромный фактический материал об изменении параметров воздуха в лавах пластов с различными углами падения, а в главе 1 [2] в таблице 2 содержатся значения температур в конце группового штрека на различных по глубине горизонтах для трех основных разновидностей схем проветривания глубоких шахт, дающие обширную дополнительную информацию о нагреве воздуха на пути от околоствольного двора до входа в лаву.

Центральная схема, горизонт 1080 м.



Фланговая схема, горизонт 1080 м.



Комбинированная схема, горизонт 1080 м.

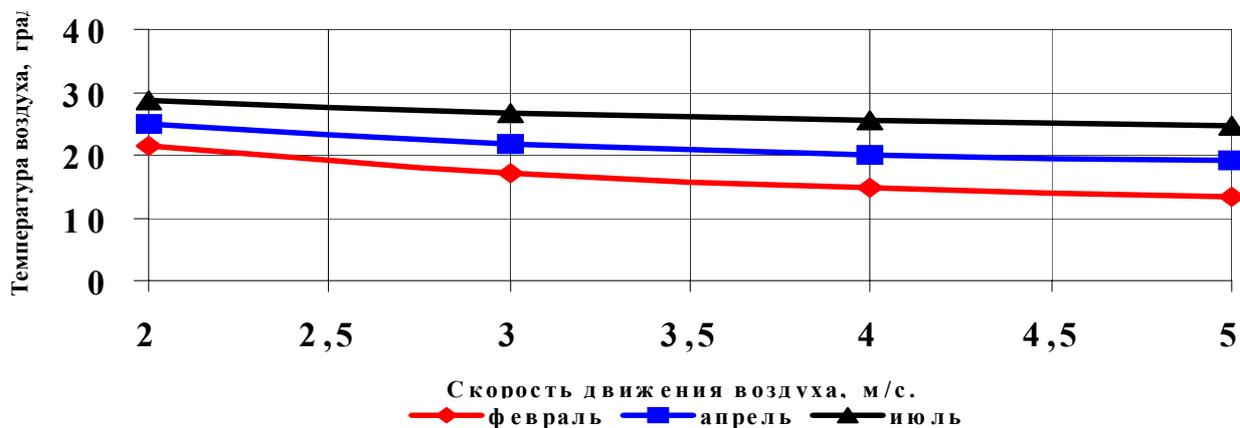


Рис 1 а,б,в. Изменение температуры воздуха в горных выработках в зависимости от скорости движения

К сожалению, в энциклопедически богатых информацией работах [1,2] нет сведений о параметрах воздуха по пути следования его за лавами по вентиляционным выработкам и стволам, поскольку принято считать, что работы в этих выработках не ведутся, а пребывание горнорабочих в них эпизодическое и кратковременное, поэтому параметры микроклимата исходящих струй шахт не нормируются. Имеющиеся в [1,2] расчетные методики позволяют при необходимости определить недостающие для расчета величины естественной тяги параметры воздуха исходящей струи в рудничном дворе перед входом в вентиляционный ствол и на выходе его из канала вентилятора на дневную поверхность. Следует признать, что объем вычислительных работ и в этом случае будет достаточно большим. Поскольку речь идет об определении температур воздушного потока лишь на ограниченной части его трека следования (после выхода из лав), нами в порядке проверки приемлемости результатов выполнены расчеты по скорректированной методике, приведенной в [5] и по упрощенной методике тепловых расчетов эквивалентной цепи выработок, предложенной проф. Б. И. Медведевым [6], для которой в НГУ имеются разработанные нами и использованные в учебном процессе и при выполнении студенческих НИР программы расчетов на языках программирования Бейсик-турбо и Паскале.

Для апробации методики графоаналитического расчета величины естественной тяги в глубокой шахте, нами выбрана шахта будущего, расположенная в треугольнике "Донецк – Макеевка – Ясиноватая", аспекты нормализации тепловых условий в которой рассмотрены в [4]. Предусмотрено применение фланговой схемы проветривания, параметры рудничного воздуха для горизонтов до 1180 м приняты из таблицы 2 работы [4], для последующих горизонтов на основании номограмм, приведенных на рисунках 49-51 работы [2] определены только температуры воздуха в околоствольном дворе. Остальные параметры рудничного воздуха определены расчетом по полной методике теплового расчета шахт, приведенной в главе 14 работы [2]. Из-за ограниченного объема данной статьи не приводится описание аналитического аппарата и рассматривается лишь вариант с оптимальной для лав и близкой к оптимальной для горизонтальных выработок скоростью движения воздуха 4 м/с, а средняя температура воздуха в лавах принята максимально допустимой, т. е. в расчете на обеспечение за счет работы холодильных установок. Такой подход к выбору исходных данных позволяет обеспечить их достаточную надежность, но исключить из расчетов влияние испарения воды в вертикальных и горизонтальных выработках на треках до лав, так как заимствованные из работ [1,2] данные уже содержат полученные расчетным путем и проверенные натурными наблюдениями результаты, учитывающие влияние комплекса факторов, опережающих тепловые параметры рудничного воздуха в горных выработках.

Выводы

1. Предлагается метод расчета величины естественной тяги в глубоких шахтах, базирующийся на использовании имеющихся результатов экспериментальных исследований тепловых условий на глубоких горизонтах, выполненных школой академика А. Н. Щербаня, и расчета температуры воздуха по упрощенной методике лишь для части сети после выхода из лавы до дневной поверхности.

2. Имеющиеся результаты исследований теплофизики горного массива могут быть представлены в виде графиков, номограмм или эмпирических формул, позволяющих получить для глубин ведения горных работ до 1200 м, любой схемы проветривания и приемлемой скорости движения воздуха необходимые для расчета тепловой депрессии температуры воздуха на треке до выхода его из лавы без выполнения сложных аналитических расчетов.

3. Высокая влажность воздуха на выходе из лавы, небольшой диапазон ее изменения на пути до дневной поверхности и значительные сроки существования горных выработок на пути от лавы до выхода на дневную поверхность позволяют проводить расчеты тепловых параметров рудничного воздуха для этих участков вентиляционной сети по упрощенной методике.

Литература

1. Щербань А. Н., Кремнев О. А.. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. –Т. 1. Киев: Издат. АН УССР, 1959.- 430 с.
2. Щербань А. Н., Кремнев О. А. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. –Т. 2.- Киев: Издат. АН УССР, 1960.- 348 с.
3. Баратов Э. И. Способы предупреждения нагревания рудничного воздуха. //Гостехиздат УССР, 1958.
4. Бойко В. А.. Энерготехнологические комплексы – будущее шахт Донбасса. //Сб. науч. труд. НГУ, 2003.- Дн-ск.- №17.- Т. 1.- С. 93-103.
5. Кремнев О. А., Журавленко В. Я. Тепло- и массообмен в горном массиве и подземных сооружениях. –К.: Наукова думка, 1980. –379 с.
6. Аэрология горных предприятий, сборник задач /Медведев Б.И. и др. – Киев: “Лыбидь”, 1992.- 262 с.

*Рекомендована к публикации проф., д.т.н. Голинько В. И.
Поступила в редакцию 05.06.07*

УДК 622.807

© В.Ю. Тыщук, Н.Ф.Евдокименко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ В КАРЬЕРАХ

Проведена корректировка формулы для определения параметров пылегазового облака, путём введения коэффициента горизонтального его расширения. Представлена зависимость для расчёта коэффициента горизонтального расширения облака. Приведены расчеты удельных выбросов пыли и вредных газов при производстве массовых взрывов в карьерах.

Проведене коректування формули для визначення параметрів пилогазової хмари, шляхом введення коефіцієнта горизонтального його розширення. Представлена залежність для розрахунку коефіцієнта горизонтального розширення хмари. Приведені розрахунки питомих викидів пилу і шкідливих газів при проведенні масових вибухів у кар'єрах.

Conducted adjustment of formula for determination of parameters of dust and gas cloud by introduction of coefficient of horizontal his expansion. Represented dependence for the calculation of coefficient of horizontal expansion of cloud. Resulted calculations of specific extrass of dust and harmful gases during the leadthrough of mass explosions in quarrys

При производстве массовых взрывов в карьерах в атмосферу выделяются пыль и вредные газы – оксид углерода и оксиды азота. До настоящего времени выполнено ряд работ по определению концентраций загрязняющих веществ в пылегазовом облаке.

Однако, согласно Постановлению Кабинета Министров Украины от 12.12.2001 г. №1655 о порядке ведения госучета в сфере охраны атмосферного воздуха, необходимо проводить определение видов и объемов загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух от стационарных источников. При этом степень влияния физических и биологических факторов на атмосферный воздух должна определяться путем проведения непосредственно инструментальных измерений или расчетов с использованием показателей факторов эмиссии (т. е. удельных выбросов). При этом, исходя из Постановления, удельные показатели, являются обязательными для определения валовых объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на предприятиях при ведении госучета в области атмосферного воздуха и начислении платежей за выбросы в атмосферу. Это, естественно, относится и к массовым взрывам в карьерах. Поэтому вопросы определения удельных выбросов загрязняющих веществ при массовых взрывах в карьерах, являются важными и актуальными.

Ранее проводились аналогичные исследования, результаты которых изложены в работе [1]. Однако, эти данные получены 17 – 25 лет назад и сейчас они не могут в полной мере быть объективными. Это объясняется тем, что карьеры значительно углубились, в результате чего изменился состав пород, геологические и гидрогеологические характеристики месторождения. Кроме того, и это еще более существенно, появились новые типы взрывчатых веществ (ВВ).

В связи с этим, решение проблемы определения удельных выбросов загрязняющих веществ при производстве массовых взрывов в карьерах, является важной и актуальной задачей.

Целью работы является определение удельных выбросов пыли и вредных газов при подрывании разных типов пород с использованием различных ВВ.

Исходя из цели, в работе решались следующие задачи:

- определить реальный объем пылегазового облака (ПГО) и выполнить корректировку методики расчета удельных выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся при массовых взрывах;
- провести промышленные исследования по определению концентрации вредных веществ в пылегазовом облаке, образующегося после взрыва;
- выполнить расчеты удельных выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся после массовых взрывов.

Алгоритм определения удельных выбросов загрязняющих веществ после взрывов следующий:

1. Определение размеров блока (длина, ширина, высота), м;
2. Определение объема пород в блоке, м³;
3. Определение массы ВВ в блоке, т;
4. Определение параметров ПГО - высота, м; площадь, м²; объем, м³;
5. Проведение отбора загрязняющих веществ в ПГО и в разрыхленной горной массе с последующим расчетом концентраций пыли и вредных газов, выраженных в мг/м³;

6. Выполнение расчетов удельных выбросов загрязняющих веществ, кг/м³ пород для пыли; л/кг ВВ для вредных газов.

Первые три пункта алгоритма определяются по данным технических служб карьеров.

Исследования параметров ПГО проводилось с помощью фотовидеосистемы CONICA MINOLTA и показали, что через 4-6 с высота ПГО достигает 80-85 м. Это совпадает с результатами исследований, представленных в работе [3].

Важной задачей является определение объема ПГО, который обычно рассчитывается по формуле ВНИИБТГ [1]. Поскольку формула необходима для определения параметров ПГО, а в дальнейшем она будет откорректирована, приведем ее в полном виде:

$$V_o = \pi z \left(ab + \frac{a+b}{2} z \operatorname{tg} \alpha + z^2 \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{3} \right) + \frac{2}{3} \pi (a + z \operatorname{tg} \alpha)(b + z \operatorname{tg} \alpha)(z_1 - z) \quad (1)$$

где $z = 0,66z_1$; $a = 2a_1/\sqrt{\pi}$; $b = 2b_1/\sqrt{\pi}$; a_1, b_1 – соответственно, половина длины и ширины подрываемого блока, м; α – угол между направлением движения воздушного потока и большей осью эллипса в сечении пылегазового облака ($\alpha \approx 12^\circ$); z_1 – высота пылегазового облака, м.

Площадь, которую захватывает ПГО после своего формирования предлагаем определять по следующей зависимости, м²:

$$S = V_o / 0,66 \cdot z_1 \quad (2)$$

Рассмотрим условия формирования ПГО на конкретном примере (рис. 1). При сетке скважин 6×6 м параметры сечения элементарного участка поверхности подрываемого блока будут составлять 12×12 м. Расчеты по формулам (1) и (2) показали, что площадь сечения ПГО составит 855,5 м². Проведя расчеты по определению параметров ПГО по формулам (1) и (2) установим, что объем облака будет равным 45170,17 м³, а его параметры по основанию на поверхности блока составят 29×29 м. Однако, приборы для отбора проб из ПГО установлены на расстоянии 20 м от границы подрываемого блока. При этом, как видно из рисунка, не учитываются 11,5 м расстояния от границы ПГО до точки отбора проб. В результате получим заниженное значение массы пыли, которая поднимается в атмосферу из подорванного блока пород, так как расчетный объем облака будет также заниженным. Фактические параметры сечения ПГО у его основания будут составлять 52×52 м, а площадь сечения составит 2704 м².

В связи с этим, формула (1) была откорректирована путем введения коэффициента, учитывающего горизонтальное расширение факела до точки отбора пылегазовых проб. С учетом расстояния от границы подрываемого блока до точки отбора проб этот коэффициент необходимо определять по выражению:

$$K_\phi = (2L+A)(2L+B)/S \quad (3)$$

где L – расстояние от границы подрываемого блока пород до точки отбора пылегазовых проб, м; A, B – соответственно, длина и ширина подрываемого блока пород, м.

Тогда, для данных условий, коэффициент расширения облака K_ϕ , рассчитанный по формуле (3), будет составлять 3,16.

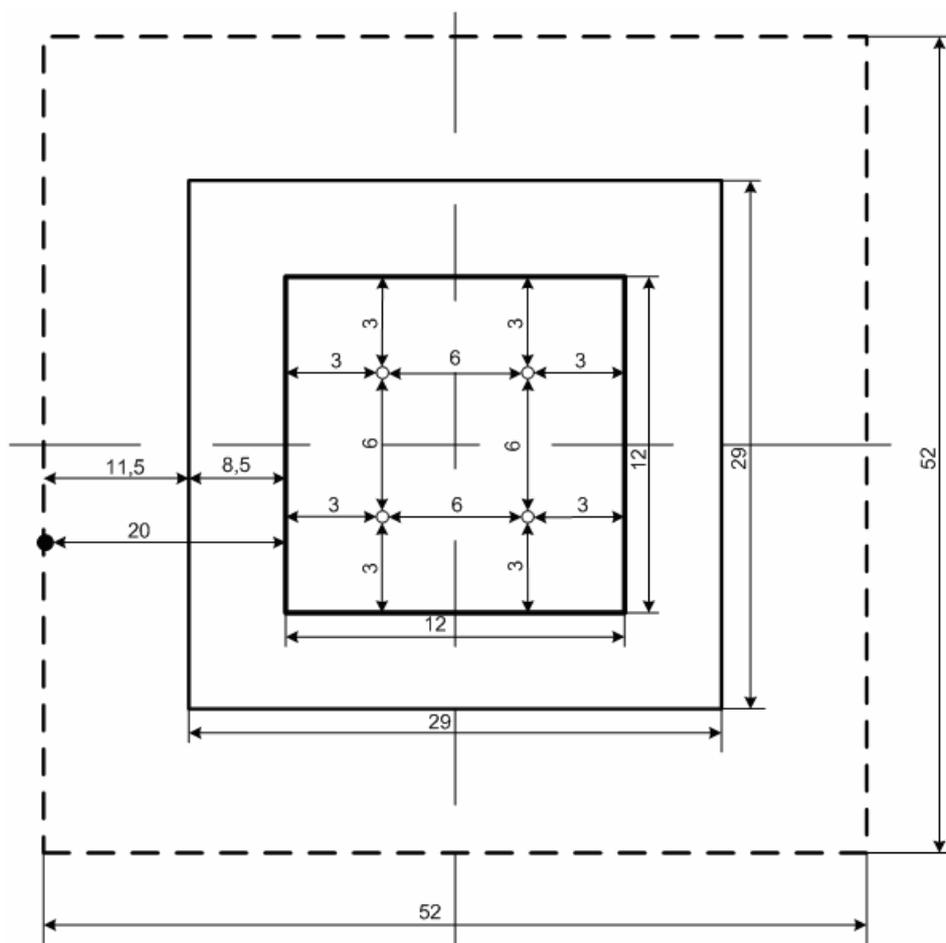


Рис.1. Схема расчётного и фактического сечения пылегазового облака на поверхности подрываемого блока пород

- - границы подрываемого блока пород;
- - границы расчётного сечения факела ПГО;
- - - границы фактического сечения ПГО;
- - скважины;
- - точка отбора пылегазовых проб.

Фактический объем ПГО, с учётом формулы (1) и введением коэффициента горизонтального расширения облака, необходимо определять по выражению, м³:

$$V_{\phi} = V_o \cdot K_{\phi} \quad (4)$$

Расчет по формуле (4) показывает, что фактический объём ПГО составляет 142739,0 м³, а это более чем в три раза превышает объём ПГО рассчитанный по формуле (1). Это значение объёма ПГО и примем для расчётов удельных выбросов загрязняющих веществ при взрывах.

Необходимо отметить, что расчет параметров ПГО можно вести условно для одной скважины, а затем полученный результат умножить на количество скважин всего блока или отдельно рассматриваемого его участка.

Таким образом, определен важнейший параметр для расчетов удельных выбросов – объём ПГО.

Затем переходим к определению удельных выбросов пыли и вредных газов, образующихся при подрывании пород взрывом. Для этого необходимо провести отбор пылегазовых проб в ПГО, а также газовых проб в разрыхленной горной массе с последующим определением концентраций загрязняющих веществ.

Отбор пылегазовых проб в облаке осуществлялся по известной методике ВНИИБТГ [2]. Для этого на расстоянии 20-40 м от границы подрываемого блока пород выставлялись гидромеханический и электромеханический приборы отбора пылегазовых проб. Эти расстояния должны быть кратными количеству рядов скважин. Следовательно, при двух рядах скважин это расстояние должно быть равным 20 м, при трёх рядах скважин – 30 м, при четырёх рядах – 40 м и т.д. Оба прибора срабатывали под действием сейсмического толчка, в результате чего производился отбор проб. После доступа на блок, через 1-2 часа после взрыва, производился экспресс анализ концентраций газов, отобранных в специальные емкости, а фильтры с пылевыми навесками обрабатывались в химлаборатории для последующего расчета концентрации пыли в ПГО. Здесь же на блоке, через специальные иньекторы, осуществлялся отбор газовых проб с разрыхленной горной массы, и с помощью газоанализаторов определялась концентрация газов. Полученные значения концентраций загрязняющих веществ легли в основу расчетов их удельных выбросов.

Удельное пылевыделение на 1 м^3 горной массы рассчитывалось по выражению, $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$q = 10^{-6} \cdot c \cdot V_{\phi} / Q_n, \quad (5)$$

где c – концентрация пыли в облаке, $\text{мг}/\text{м}^3$; Q_n – объем пород в подрываемом блоке, м^3 .

Удельное газовыделение на 1 кг ВВ определяется по известной формуле, $\text{л}/\text{кг}$:

$$N = N_1 + N_2, \quad (6)$$

где N_1 – удельное количество вредных газов в пылегазовом облаке, $\text{л}/\text{кг}$; N_2 – удельное количество вредных газов во взорванной горной массе, $\text{л}/\text{кг}$.

Удельное количество вредных газов в ПГО, необходимо рассчитывать по выражению, $\text{л}/\text{кг}$:

$$N_1 = 10^{-3} \cdot c_{Г.О} \cdot V_{\phi} / \rho_{Г} \cdot Q_{ВВ}, \quad (7)$$

где $c_{Г.О}$ - концентрация газов в ПГО, $\text{мг}/\text{м}^3$; $\rho_{Г}$ – плотность газов, $\text{кг}/\text{м}^3$ (для CO – $1,25 \text{ кг}/\text{м}^3$; $(\text{NO}_2 + \text{NO})$ – $1,7 \text{ кг}/\text{м}^3$); $Q_{ВВ}$ – масса ВВ в подрываемом блоке, кг .

Удельное количество вредных газов в подорванной горной массе предлагается рассчитывать по следующей формуле, $\text{л}/\text{кг}$:

$$N_2 = 10^{-3} \cdot V_{\phi} \cdot (K-1) \cdot c_{Г.М} / \rho_{Г} \cdot Q_{ВВ}, \quad (8)$$

где V_{ϕ} – объем пород в подрываемом блоке, м^3 ; K – коэффициент разрыхления пород ($K = 1,3$); $c_{Г.М}$ - концентрация газов в горной массе, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Промышленные исследования по определению концентраций загрязняющих веществ в ПГО, а также в разрыхленной горной массе проводились на карьерах ОАО «Ингулецкий ГОК», карьере «Южный» шахтоуправления по подземной добыче руды. Породы были представлены железистыми кварцитами, окисленными рудами, сланцами. В качестве ВВ были использованы граммаунит 79/21 и комполайт.

Некоторые результаты расчётов удельного выделения пыли и газов при массовых взрывах представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения удельных выбросов загрязняющих веществ, при массовых взрывах в карьерах, в зависимости от типов пород и ВВ, а также средств пылегазоподавления

№ п/п	Типы пород и их объём	Типы ВВ и их масса, кг	Средства пылегазоподавления	Концентрация пыли в ПГО, мг/м ³	Концентрация газов, мг/м ³			
					СО		NO ₂ +NO	
					в ПГО	в горной массе	в ПГО	в горной массе
	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Окисленные руды + сланцы 2160 м ³	Граммонит 79/21 1960 кг	нет	1340,0	251,7	2843,7	7,5	80
2.	Окисленные руды 2160 м ³	Граммонит 79/21 1960 кг	Внешняя водяная забойка	1070,0	218,3	2812,5	4,2	7,8
3.	Железистые кварциты 2160 м ³	Граммонит 79/21 1960 кг	Увлажнённая забойка раствором УЩР и внешняя гидрозабойка УЩР	580,0	95,0	718,8	0	3,0
4.	Железистые кварциты 2160 м ³	Комполайт 520 кг	Внешняя водяная забойка	804	6,0	1650	0	7,2

№ п/п	Удельные выбросы пыли, кг/м ³ пород	Удельные выбросы газов, л/кг ВВ					
		СО			NO ₂ +NO		
		в ПГО	в горной массе	суммарно	в ПГО	в горной массе	суммарно
	9	10	11	12	13	14	15
1.	0,354	14,66	0,75	15,41	0,32	0,015	0,32
2.	0,282	12,7	0,74	13,44	0,17	0,005	0,17
3.	0,153	5,05	0,189	5,23	0	0,0019	0
4.	0,212	1,3	1,64	2,94	0	0,005	0

Выводы. В результате выполненных исследований получены новые научно-практические результаты. На основе корректировки известной формулы получена новая зависимость, позволяющая более точно определять параметры ПГО и на этой основе объективно рассчитать удельные пылегазовые выбросы при массовых взрывах. Выведена зависимость для расчета коэффициента горизонтального расширения ПГО, который является основным уточняющим показателем при расчете параметров сечения ПГО.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение банка данных удельных выбросов загрязняющих веществ для различных типов пород и ВВ на других карьерах.

Литература

1. Бересневич П.В., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров: Справочник. – М.: Недра, 1990. – 280 с.
2. Ефремов Э.И., Бересневич П.В., Петренко В.Д. и др. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах. – Днепропетровск: Січ, 1996. – 179 с.

*Рекомендована к публикации проф., д.т.н. Зберовским А.В.
Поступила в редакцию 05.06.07*

УДК 504/06:622.88(06)

©А.А. Юрченко, А.А. Литвиненко

ЗАЩИТА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ ПОСЛЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ

Рассмотрен способ очистки пылегазовых выбросов рудных шахт после подземных массовых взрывов, представлена схема установки для подавления пыли и газов и обоснована методика расчета её параметров.

Розглянутий спосіб очистки пилогазових викидів рудних шахт після підземних масових вибухів, представлена схема установки для пилогазоподавлення та обгрунтована методика розрахунку и параметрів.

The method of cleaning dust and gas outburst more mines after mass explosions is considered. The diagram of installation for dust and gas cleaning is given. The methodic of calculating its parameters is substantiated.

Технология подземной добычи железной руды предусматривает широкое применение массовых взрывов, при которых одновременно взрывают от 20 до 100 т взрывчатки. При газовости взрывчатки 40л/кг объём взрывных газов достигает 4000 м³ на один взрыв. Эти газы с помощью вентиляторов главного проветривания выбрасываются в атмосферу. При этом выбросы включают также и пыль, концентрация которой в десятки раз превышает предельно допустимую. На выходе из вентилятора главного проветривания скорость движения исходящей вентиляционной струи составляет от 5 до 15 м/с в зависимости от эквивалентного диаметра выходного отверстия. Дальнобойность свободной струи при этом может достигать 100 м и более [1].

Предлагаемый способ подавления пылегазовых выбросов шахт предусматривает орошение участка исходящей вентиляционной свободной струи [2]. Схема установки приведена на рис.1, где 1- шахтный ствол; 2- надшахтное сооружение; 3- канал вентилятора главного проветривания; 4- вентилятор главного проветривания; 5- форсунки; 6- трубопровод; 7,9-насос; 8- ёмкость для жидкого агента; 10- ёмкость для нейтрализованного жидкого агента; 11- ёмкость для накопления использованного жидкого агента и его нейтрализации.

Орошение выброса осуществляют жидким агентом, в качестве которого используют растворы солей кальция, калия, натрия и др. Применение щелочных добавок способствует интенсификации поглощения окислов азота. Известковые добавки способствуют повышению активности жидкого агента. Жидкий агент с помощью насоса 7 из ёмкости 8 по трубопроводу 6 подаётся к форсункам 5, которые монтируются по всей длине свободной струи на уровне верхней её границы. Таким образом, расчётное количество жидкого агента разбрызгивается с помощью форсунок и орошает выброс по всему объёму свободной струи. Условия протекания химических реакций поглощения вредных газов и смачивание частиц пыли являются наиболее благоприятны, так как они находятся в контакте между собой длительное время во время движения с малой скоростью. Отработанный жидкий агент скапливается в ёмкости 11, в которую добавляется нейтрализатор. Затем жидкий агент, пригодный для повторного использования, поступает в ёмкость 10, из которой насосом 9 подаётся в ёмкость 8. Этим обеспечивается замкнутый цикл подавления пылегазовых выбросов шахты после массового взрыва.

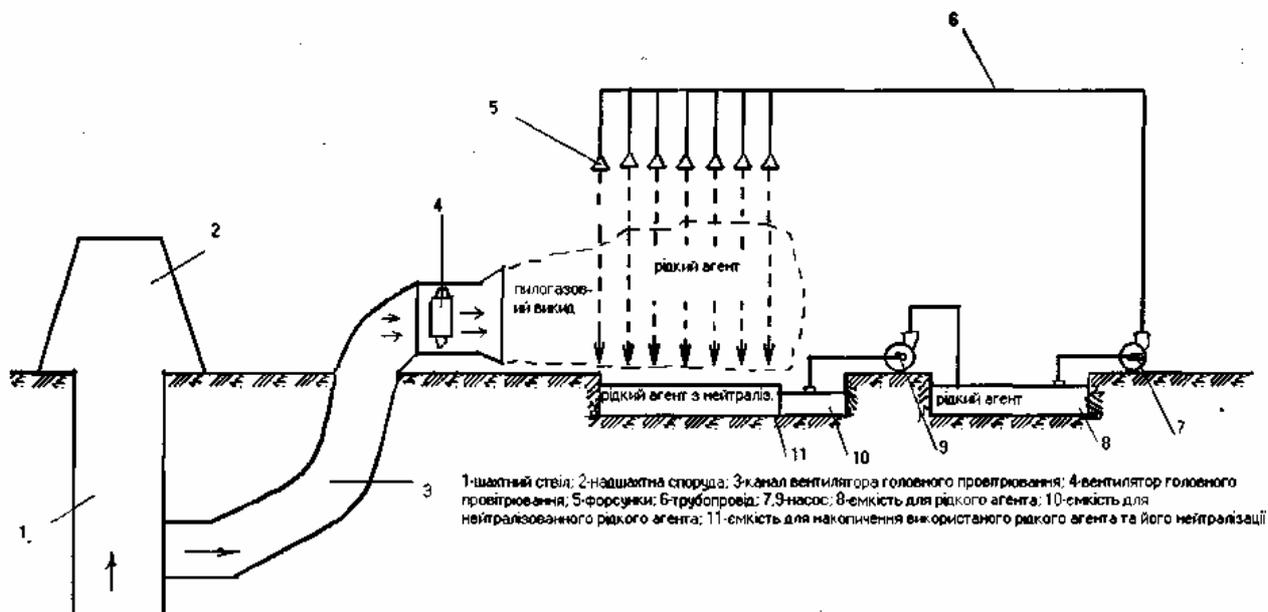


Рис.1. Схема установки для подавления пылегазовых выбросов.

Поскольку расчётным путём нельзя определить параметры установки для поглощения компонентов вредных газов, а также в связи с невозможностью искусственно создать соотношение компонентов взрывных газов в лабораторных условиях, предлагается опытным путём с применением методов теории планирования промышленных экспериментов решить задачу определения оптимального

состава жидкого агента, его удельного расхода и времени контакта со взрывными газами для получения максимального эффекта очистки выбросов [2].

При этом установка для подавления пылегазовых выбросов представляется как кибернетическая система с входными и выходными параметрами (Рис.2).

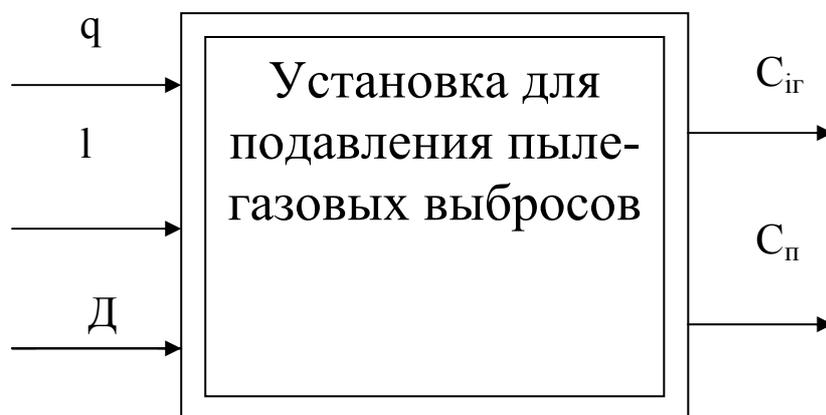


Рис.2. Схема управления установкой подавления пылегазовых выбросов.

В качестве входных параметров нами принят удельный расход жидкого агента q (л/м³), длина участка подавления пылегазовых выбросов l (м), концентрация добавок солей кальция и натрия в жидком агенте $Д$ (%). Выходными параметрами приняты концентрация взрывных газов $C_{г}$ (%) и пыли $C_{п}$ (%) на выходе из установки.

Входные параметры представленной системы регулируются, могут фиксироваться в любой комбинации их значений требуемое время, легко измеряемые и совместимы, то есть могут изменяться независимо друг от друга. Выходные параметры характеризуют эффективность очистки выбросов от пыли и газов и их значения могут быть измерены с помощью стационарных или переносных приборов контроля параметров атмосферы.

Для комплексной оценки эффективности работы установки введём критерий качества подавления пылегазовых выбросов в виде

$$\Phi = \sum \left| \frac{C_{iг} - C_{iгн}}{C_{iгн}} \right| + \left| \frac{C_{п} - C_{пн}}{C_{пн}} \right|, \quad (1)$$

где $C_{iг}$ - концентрация i -го компонента взрывных газов на выходе из установки, % ; $C_{iгн}$ - нормируемое значение i -го компонента взрывных газов в атмосферном воздухе, % ; i - порядковый номер компонента взрывных газов; $C_{п}$ - концентрация пыли на выходе из установки, мг/м³ ; $C_{пн}$ - нормируемое значение концентрации пыли в атмосферном воздухе, мг/м³.

В оптимальном режиме работы установки концентрация газов и пыли на выходе должна быть не больше их нормируемых значений. В этом случае значение критерия качества подавления пылегазовых выбросов будет близко к нулю.

Значения входных регулируемых параметров оптимального режима можно определить по результатам планируемого промышленного эксперимента.

Первоначально составляют план проведения экспериментов, в каждом опыте которого входные параметры изменяются по специальным образом состав-

ленному плану. План эксперимента, в котором все факторы (входные параметры) варьируются на двух уровнях, называют планами типа 2^k , где k - число входных параметров. Затем, с учётом априорной информации об объекте исследований, необходимо определить их исходные значения (нулевые уровни) и шаги их изменения в ту или другую сторону в процессе проведения эксперимента. За исходные значения входных параметров установлены следующие их уровни:

Удельный расход жидкости	$q_0 = 5 \text{ л/м}^3$.
Длина участка орошения	$l_0 = 10 \text{ м}$.
Концентрация солевых добавок	$D_0 = 5\%$.

Эти значения в плане проведения эксперимента обозначают нулевым уровнем и в новой системе отсчёта приравнивают 0.

Шаги изменения входных параметров принимаем соответственно $\Delta q = 5 \text{ л/м}^3$, $\Delta l = 10 \text{ м}$, $\Delta D = 5\%$. При изменении уровня фактора в большую сторону в шагах варьирования это будет соответствовать +1, в меньшую сторону соответственно -1. Если изменить начало отсчёта (перенести в точку нулевого уровня) и изменить масштаб осей с натуральных значений (q, l, D) в кодированные их значения в шагах варьирования ($\bar{q}, \bar{l}, \bar{D}$), то план проведения эксперимента можно записать в виде матрицы (Таблица 1).

Таблица 1

План проведения эксперимента

№ опыта	\bar{q}	\bar{l}	\bar{D}
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 в натуральные используют зависимость перевода

$$\bar{q} \Delta q = q - q_0, \bar{l} \Delta l = l - l_0, \bar{D} \Delta D = D - D_0 \quad (2)$$

Методы планирования промышленных экспериментов позволяют получить эмпирическую зависимость критерия качества подавления пылегазовых выбросов Φ от значений входных параметров. С этой целью в каждом опыте при различных значениях входных параметров, заданных планом проведения эксперимента, измеряют концентрацию компонентов взрывных газов и пыли на выходе из установки. Затем по выражению (1) в каждом опыте вычисляют значение критерия качества подавления пылегазовых выбросов Φ . Итогом проведенных исследований является получение эмпирической зависимости критерия от значений входных параметров в виде

$$\Phi = b_0 + b_1 q + b_2 l + b_3 D + b_{12} q l + b_{13} q D + b_{23} l D + b_{123} q l D, \quad (3)$$

где b_0 -свободный член уравнения; b_1, b_2, b_3 - коэффициенты при линейных членах уравнения; $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ - коэффициенты при нелинейных членах уравнения; $q, 1, D$ - входные параметры системы.

Далее эту зависимость исследуют традиционными методами на экстремум и определяют значения входных регулируемых параметров системы $q, 1, D$, при которых критерий качества подавления пылегазовых выбросов достигает минимального значения. Этот режим работы установки и является оптимальным.

Таким образом, разработанная установка позволяет снизить пылегазовые выбросы шахт после массовых взрывов до их допустимых значений. Предложенный алгоритм управления установкой позволяет определить значения входных регулируемых параметров, при которых режим очистки пылегазовых выбросов будет оптимальным.

Литература

1. Борьба с пылью и вредными газами в железорудных шахтах. Под Общей редакцией д-ра техн. наук А.П.Янова.- М.: Недра, 1984.- 228с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. -М.: Недра.- 279с.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Зборовским А.В.
Поступила в редакцию 25.06.07*

УДК 622.333.013.3 ; 681.5 : 622.817.478

© В.А. Бойко, В.Г. Марченко, Д.М. Логунов

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ГЛУБОКИХ ШАХТ ДОНБАССА И ПУТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЙ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Предложены пути сокращения расхода электроэнергии на нормализацию тепловых условий в горных выработках глубоких шахт.

Запропоновано шляхи підвищення витрат електроенергії на нормалізацію теплових умов в гірничих виробках глибоких шахт.

Ways of reduction of the charge of the electric power on normalization of thermal conditions in mining developments of deep mines are offered.

Общеизвестно, что основной причиной роста цен на любые жизненные блага (продукты питания, коммунальные услуги, транспорт) является рост цен на энергоносители. В известной степени это действительно так, поскольку человек активно расходует имеющиеся на Земле невозобновляемые природные ресурсы – нефть, газ, уголь, отнесенные к энергоносителям, неутешительные сведения о скором исчерпании которых все чаще появляются не только в научно-технической печати, но и в средствах массовой информации. При этом публикации не слишком афишируют успехи науки и техники в области использования имеющихся на Земле запасов энергии ядерного распада и достижения в области освоения энергии ядерного синтеза. Видимо, это связано с “синдромом

Чернобыля “ - с одной стороны, и отсутствием реальных успехов в освоении энергии ядерного синтеза – с другой. Создать водородную бомбу оказалось несравнимо проще, чем энергетический источник на основе управляемого ядерного синтеза.

Не секрет, что обеспеченность Украины энергоносителями резко изменилась после обретения независимости. Ориентация на имевшиеся в избытке в Союзе запасы газа и нефти привели к тому, что разведка месторождений полезных ископаемых на территории Украины резко сократилась (а по углю сначала 60-х прекратилась вообще), новые шахты не строились, а Донбасс, достигнув рекордного максимума добычи угля 218 млн. тонн в начале 70-х, уже ко времени распада СССР снизил уровень добычи до 182 млн. тонн. За 15 лет независимости Украины добыча угля в Донбассе упала в 2.4 раза, в итоге теперь Украина добывает 71 млн. тонн каменного и 8 млн. тонн бурого угля. Последовав советам зарубежных экономистов, Украина начала интенсивно закрывать и консервировать действующие шахты, ничего не строя взамен. В итоге мы теперь имеем 256 шахт из доставшихся в наследство от СССР, лишь 135 шахт в государственной собственности и 23 приватизированных. К сожалению, за годы независимости наша энергетика и промышленность не претерпели изменений в лучшую сторону, не перешли на новые энергосберегающие технологии, и вынуждены покупать энергоносители за рубежом по все возрастающим ценам. Украина сократила потребление газа на 24 млрд. кубометров, но и теперь из 80 млрд. кубометров потребляемого газа производит 20 млрд. , а 60 млрд. кубометров покупает у России по приближающимся к мировым ценам. Сохраняя мощную горнодобывающую и металлургическую промышленность для производства на экспорт стального проката и труб, Украина вынуждена покупать ежегодно около 40 млн. тонн угля для коксохимии и металлургии. Лишь шестая часть потребляемых в стране нефтепродуктов покрывается за счет собственной добычи нефти.

Понятно, что энергетическая ситуация в стране сложная, правительству приходится с этим считаться и изыскивать способы ее улучшения. Появились признаки сокращения темпов закрытия шахт, а в мае 2007 года Кабинет министров принял решение об обеспечении шахт электроэнергией по льготным ценам (отнесение шахт к первой категории потребителей), что по сути является скрытой дотацией угольной промышленности за счет бюджета страны в размере 500-600 млн. грн. в год. Этот шаг правительства вполне оправдан как попытка остановить раскручивание и рост цен на энергоносители, влекущие за собой цепную реакцию роста стоимости производимой продукции, снижение прожиточного уровня населения и инфляцию. Но удешевление электроэнергии для шахт не может решить проблемы удешевления и обеспечения Украины энергоносителями в целом.

Существуют ставшие общепризнанными пути решения проблемы обеспечения потребности в энергоносителях:

- увеличить добычу угля на шахтах и карьерах;
- увеличить добычу нефти и природного газа;
- увеличить выработку электроэнергии на атомных электростанциях;

- использовать возобновляемые и нетрадиционные источники энергии;
- сократить энергоемкость производства продукции.

Для Украины при современном состоянии ее экономики эти направления либо неприемлемы, либо трудноосуществимы. Ни одной шахты за годы независимости не построено. Украина обладает достаточными запасами урановой руды и современной технологией и техникой ее добычи и могла бы в короткие сроки удвоить выработку электроэнергии на атомных электростанциях, догнав по этому показателю Францию. Этому, однако, препятствует отсутствие собственного производства ТВЭЛов (добытую и обогащенную урановую руду и цирконий Украина отправляла и отправляет на переработку в Россию), отсутствие средств на строительство АЭС и "синдром Чернобыля". В этом направлении ситуация может улучшиться в связи с намерением России принять долевое участие в расширении добыче урана и строительстве двух блоков реакторов АЭС в г. Хмельницком.

Нестабильная ситуация в стране является препятствием для роста зарубежных инвестиций в нашу экономику, и способствует оттоку собственных капиталов. Решать проблемы возрождения экономики Украины необходимо собственными силами и ресурсами, причем откладывать ее на длительный период нельзя, так как ухудшающаяся демографическая ситуация вскоре приведет к тому, что непреодолимым препятствием станет дефицит рабочей силы.

В опубликованных ранее работах [1,2] нами показано, что главным источником энергии для энергетики и промышленности Украины останется уголь. Старых, разведанных в первой половине прошедшего века, запасов угля на территории Украины достаточно, чтобы обеспечить потребности коксохимии, металлургии, энергетики и новых энерготехнологических способов получения из угля газа для народного хозяйства и топлива для двигателей внутреннего сгорания на 450-500 лет. По запасам угля в недрах земли на душу населения Украина обеспечена в 2.5 раза лучше, чем мировое сообщество в целом, поэтому вполне рационально решать наши энергетические проблемы на современном этапе за счет угля, а на будущее у нас остаются огромные запасы энергии атомного распада урана и возможно управляемого ядерного синтеза.

Однако извлечение имеющихся в Украине запасов угля представляет отнюдь не простую задачу. Пресса и телевидение постоянно информирует общественность об авариях на шахтах у нас и за рубежом (в основном, в России и в Китае), связанных со взрывами метана и угольной пыли, выбросами угля и породы, обрушениями горных пород, отравлениями. На Украине не сообщается о гибели шахтеров от сердечно-сосудистой недостаточности, связанной с высокими температурами в очистных и подготовительных забоях, хотя численность погибших по этой причине сравнима с таковой от аварий. Она хорошо знакома шахтерам, на собственном опыте знающим, что уже на глубине 660-700м температура горных пород на шахтах Донбасса достигает предельно допустимых по санитарным нормам 26°C. Эту глубину преодолели более половины шахт Донбасса, 37 шахт уже работают на глубинах более 1000м, а 4 шахты ведут горные работы на глубине более 1400 м, где температура горных пород достигает 45°C. В былые времена обеспечить нормальные тепловые условия труда в

глубоких шахтах помогали холодильные установки. Хотя выпускавшиеся в Казани турбокомпрессоры, составлявшие основу холодильной установки, были далеки от совершенства, тем не менее свою функцию охладить шахтный воздух в жаркое время года они выполняли. В настоящее время из имевшихся на 56 шахтах Донбасса холодильных установок только 2 шахты сохранили такие системы. Проблема кондиционирования воздуха в глубоких шахтах Донбасса осложнилась не только отсутствием валюты на приобретение холодильных машин, но и возросшей (и продолжающей возрастать) стоимостью электроэнергии. На газовых шахтах Донбасса расход электроэнергии на тонну добываемого угля достигает 150 кВт-ч, причем около 60% этой энергии израсходовано на проветривание шахт. На глубоких газовых шахтах (с учетом потребления энергии на кондиционирование) удельный расход электроэнергии на вентиляцию и кондиционирование достигает 70% от общешахтного.

В [3,4] показано, что даже при неизменной цене электроэнергии применение традиционных схем нормализации тепловых условий в шахте при подготовке и отработке угольных пластов на предельных глубинах (а в Донбассе имеются пласты угля, пригодного для коксования, на глубине 1800м, где температура горных пород достигает 72°C) оказывается неприемлемым из-за длительного срока выноса содержащегося в массиве горных пород запаса тепла, непрерывно пополняемого тепловым потоком из недр Земли за счет тепла расплавленных горных пород, находящихся на удалении от дневной поверхности всего на 45-40 км. Даже при предельных скоростях движения воздуха по стволам и максимальном диаметре ствола 8 м из-за малой теплоемкости воздуха на охлаждение массива горных пород до температуры 26°C потребуется период времени в 260 лет. Например, расходы электроэнергии на нормализацию тепловых условий за счет предварительного охлаждения пород горного массива только одной шахты предельной глубины составят величину выработки электроэнергии такой тепловой электростанции как Приднепровская ГРЭС (мощность 2.4 млн кВт) за 12 лет. Стоимость этой электроэнергии составит астрономическую сумму и ляжет тяжелым бременем на себестоимость добываемого угля. Причина этого кроется в неприемлемости для глубоких шахт ставшего традиционным для шахт средней глубины способа нормализации тепловых условий за счет подачи в шахту охлажденного воздуха и выноса им тепла, выделяющегося в горные выработки шахт. Тепло горного массива рассматривается как враг шахтера, с ним ведется дорогостоящая война, но пока еще не сделаны реальные попытки поменять тактику этой войны, снизить ее стоимость и использовать тепло горных пород на пользу обществу.

Приводимые ниже выкладки ни в коей мере не претендуют на глобальные решения и показатели, так как рассматривают лишь небольшой аспект использования тепла Земли, но их использование может дать существенный технико-экономический эффект в удешевлении нормализации тепловых условий труда в глубоких шахтах и использовании тепла горного массива как альтернативного источника тепловой энергии для нужд народного хозяйства. Достижение поставленной цели предусматривается за счет нескольких операций, благоприят-

но изменяющих характер и параметры имеющих место в шахте термодинамических процессов, именно:

- прекращения расхода энергии на компенсацию нагрева рудничного воздуха за счет адиабатического сжатия воздуха;
- извлечения и доставки на дневную поверхность тепла горного массива, окислительных процессов и тепла, выработанного при выполнении технологических процессов по добыче и транспорту полезного ископаемого за счет израсходованной для питания приводов машин и механизмов электроэнергии;
- экономии электроэнергии на проветривание сети горных выработок за счет рационального использования естественной тяги;
- экономичного по затратам энергии и приемлемого для последующей утилизации способа доставки низкопотенциального тепла на дневную поверхность.

Знакомство с некоторыми аспектами этих вопросов целесообразно начать с подачи воздуха в шахту и изменения его параметров при движении по горным выработкам. В приведенной статье рассматривается физическая природа естественной тяги и приводится аналитический аппарат ее определения, из которых следует, что этот источник энергии формируется за счет изменения температуры, плотности и в конечном итоге веса столба воздуха. Величина естественной тяги не остается постоянной во времени величиной, поскольку средние температуры воздуха поступающей и исходящих струй подвержены сезонным и суточным колебаниям температуры и атмосферного давления на дневной поверхности, влиянию дополнительных источников нагрева за счет окислительных процессов и тепловыделений работающих машин и механизмов, а также тепловыделений из горного массива в атмосферу горных выработок, которое изменяется во времени непрерывно в течение длительного промежутка времени. Однако определение этих параметров оказывается весьма сложной задачей, поскольку даже без учета изменения состава воздуха суммарное изменение средней температуры на каждой из струй происходит под действием многих факторов, проявление которых на свежей и исходящей струях происходит неодинаково. Например, если определять прирост температуры свежей струи только за счет политропического сжатия, то уже на глубине 1000 м прирост температуры воздуха составит около 10°C . На самом деле прирост температуры воздуха окажется существенно меньше, но не потому, что отсутствует сжатие воздуха, а из-за наличия в стволе капеза воды и ее испарения, забирающего значительную часть тепла политропического сжатия, а также из-за наличия теплообмена поступающего свежего воздуха с горными породами ствола, образующими вокруг него тепловыравнивающую рубашку. К началу подъема исходящей струи, даже при отсутствии уклонов, когда горные работы ведутся только выше отметки околоствольного двора, параметры перемещающегося по горизонтальным выработкам воздуха также претерпевают существенные изменения, связанные с нагревом воздуха теплом горного массива и дальнейшим ростом его влажности.

Существенную роль в интенсивности нагрева при этом играет термическое сопротивление массива охлаждаемых воздухом горных пород, величина которого зависит от времени охлаждения, а также аэродинамических параметров выработки и скорости движения воздушного потока. Математический аппарат для расчета теплофизических параметров воздуха в горных выработках в достаточной степени разработан, дает хорошую сходимость расчетных параметров с реально наблюдаемыми в природе результатами, однако он достаточно сложен и трудоемок. Поскольку, в настоящей статье речь идет об оценке потенциального альтернативного источника, то на первом этапе расчета воспользуемся упрощенной методикой расчета тепловых параметров воздушного потока шахтной вентиляции, приведенной в работах А. Н. Щербаня и его школы [5]. Оценим величину тепловой энергии, образующейся при адиабатическом сжатии воздуха при опускании его по вертикальному стволу на глубину 1000-1500 м при подаче по от 100 до 300 м³/с. Прирост тепловой энергии определится изменением температуры воздуха за счет сжатия. В соответствии с приведенными выше замечаниями не будем пока принимать во внимание влияние капеза воды в стволе и теплообмена с горными породами. По закону Ньютона тепловая энергия на нагрев протекающего по стволу воздух определится зависимостью

$$W = 86400 \cdot c_p \cdot Q \cdot \gamma \cdot \Delta t \quad \text{ккал/сутки.}$$

Здесь: c_p - теплоемкость воздуха при постоянном давлении,

Q - расход воздуха, м³/с, γ - объемный вес воздуха, кг/м³,

Δt - прирост температуры, °С

Тогда получим для расхода воздуха 100 м³/с и глубины ствола 1000 м $W_{1000} = 24.88 \cdot 10^6$ ккал/сут и для расхода 300 м³/с и глубины ствола 1500 м $W_{1500} = 93.3 \cdot 10^6$ ккал/сутки. Не рассматривая пока технологию способа компенсации нагрева, предположим, что все выделившееся за счет адиабатического сжатия воздуха тепло изъято у воздуха и к горным работам он направился от околоствольного двора с его начальной температурой, при которой попал в ствол на дневной поверхности. В зимнее время эта температура после подогрева воздуха калориферной установкой может быть принята равной +2°С. На пути к лаве воздух нагрелся за счет тепла горных пород и образовавшегося за счет тепла горного массива, энергии питания машин и механизмов, а также окислительных процессов до предельно допустимой санитарными нормами величины 26°С. Тогда окажется, что на пути до очистных забоев за сутки воздух в шахте глубиной 1000 м дополнительно получил еще дополнительно $W_{1000o} = 54.73 \cdot 10^6$ ккал/сут, а в шахте глубиной 1500м при расходе 300 м³/с $W_{1500o} = 136.84 \cdot 10^6$ ккал/сут. В том случае, если на пути следования от очистных забоев до околоствольного двора воздух не получит дополнительного тепла, суммарный суточный тепловой потенциал воздушного потока (с учетом адиабатического сжатия) составит соответственно $W_{1000o} = 79.6 \cdot 10^6$ ккал/сут и $W_{1500o} = 230 \cdot 10^6$ ккал/сут. Внушительные по величине приведенные величины тепловой энергии станут ощутимыми, если разобраться в их сути. Предположим,

мы хотим избавиться от влияния нагрева воздуха за счет адиабатического сжатия и для этого устанавливаем в околоствольном дворе на свежей струе холодильную установку, компенсирующую этот нагрев. Тогда при вполне приличном для такого типа установок холодильном коэффициенте $k_x = 2$ для компенсации $W_{1000\text{м}} = 54.73 \cdot 10^6$ ккал/сут и $W_{1500\text{м}} = 136.84 \cdot 10^6$ ккал/сут придется ежедневно расходовать соответственно 30000 и 80000 кВт-ч электроэнергии (что реально имеет место на глубоких шахтах при применении холодильных установок для нормализации тепловых условий в глубоких шахтах). Ценой нормализации в данном случае явилась стоимость израсходованной электроэнергии и амортизационные расходы по холодильной установке. Как дальше за лавой изменяются параметры воздушного потока никого не интересует, поскольку принято считать, что людей в этой зоне нет. Между тем, давление воздуха при его подъеме по стволу будет уменьшаться, а его температура за счет адиабатического расширения упадет. Пока мы еще не научились извлекать и использовать этот холод. Для обеспечения нормальной работы установленной в руддворе холодильной установки необходимо избавиться от тепла конденсации, что осуществляется его отводом шахтной или подаваемой с поверхности водой или отдачей тепла конденсации исходящей струе воздуха. Применение воды для отвода тепла конденсации имеет свои преимущества и недостатки. Поскольку вода имеет в 3200 раз большую теплоемкость чем такое же по объему количество воздуха, то понятна ее выгода - требуется сравнительно небольшая труба для циркуляции воды. Но эта труба должна будет работать под высоким давлением (в нашем примере -10 и 15 МПа соответственно), а поэтому окажется металлоемкой и дорогой. Использование откачиваемой шахтным водоотливом агрессивной и загрязненной механическими примесями воды для этих целей без ее обработки исключено из условий сохранения пропускной способности и целостности труб и насоса, а обработка воды в подземных условиях является трудноорганизуемым и дорогостоящим мероприятием, поэтому проще использовать чистую воду, подаваемую с дневной поверхности (например, из пожарного водоема или из става, подающего воду на пылеподавление). Но в том случае, когда используются мокрые теплообменники, воду из шахты придется откачивать высоконапорными насосами, что для глубокой шахты сопряжено со значительным дополнительным расходом электроэнергии. В каждом конкретном случае выбор варианта должен решаться на основании технико-экономического обоснования. Преследуя цель использования шахтного тепла, примем вариант подачи в шахту охлажденной воды для компенсации влияния тепла адиабатического сжатия с дневной поверхности и отвод по отдельной трубе, что позволит избежать необходимости применения высоконапорного насоса, поскольку геодезическая высота в подводящем и отводящем воду трубопроводах будет компенсирована. Но тепло адиабатического сжатия воздуха при опускании по стволу — лишь малая часть возможного теплопритока на горизонте руддвора. Сюда же поступит с исходящей струей тепло, полученное прошедшим по горным выработкам воздушным потоком, от нагретого горного массива, от преобразованной в тепловую энергию энергии питания машин и механизмов, от окислительных

процессов в горных выработках и притекающее к горным выработкам тепло недр Земли, то есть при центральной схеме проветривания - практически все выносимое на дневную поверхность тепло. Приведенные выше величины прироста тепловой энергии воздушного потока за счет адиабатического сжатия и за счет тепла окислительных процессов, притока тепла из недр земли и теплэквивалента работы, выполненной шахтными машинами и механизмами по добыче и транспорту полезных ископаемых и горных пород, однозначно свидетельствуют о том, что суммарный тепловой поток исходящей струи шахты несравненно больше, чем тепло от сжатия воздуха при движении по сети горных выработок. Поэтому целесообразно решать задачу комплексно – одним и тем же потоком воды осуществить компенсацию нагрева воздуха за счет адиабатического сжатия, отняв тепло у свежей струи на горизонте руддвора, после чего этот же поток подогретой воды подать на сторону исходящей струи, где осуществить дополнительный нагрев воды за счет общей исходящей струи и вывести ее по трубе на дневную поверхность.

На дневной поверхности может осуществляться любая обработка воды по дополнительному ее нагреву для использования тепла в сетях теплоснабжения, по охлаждению за счет использования в системе теплового насоса, по охлаждению в градирне и другие способы тепловой обработки. На дневной поверхности поток воды можно разорвать, выпустив его наружу, так как это не повлечет существенных затрат энергии. Установленный на трубопроводе на дневной поверхности насос должен обеспечить только небольшое давление для преодоления сопротивления трения воды при движении в трубопроводе, геодезическая высота в принятом варианте не оказывает влияния на напор насоса, но определяет прочностные параметры трубопровода. Понятно, что температура поступающей по трубопроводу из шахты воды будет несколько меньше, чем температура воздуха в лаве. Отсюда следует, что при подаче воды по трубопроводу только в руддвор действующего горизонта можно компенсировать тепло адиабатического сжатия, получить значительное количество низкопотенциального тепла исходящей струи, но дальнейшее его использование требует осуществления дополнительных мер. По мере ухода горных работ на предельные глубины окажется возможным обеспечить дополнительный подогрев воды за счет естественной температуры горных пород на этих глубинах. Например, на предельной глубине разработки разведанных запасов угля 1800 м температура горных пород составляет 72°C , а охлаждающая такой массив вода может иметь температуру 65°C , которая нормируется для сетей центрального водо- и теплоснабжения городов и населенных пунктов. Дополнительная тепловая обработка воды в этом случае не потребуется, трубы для отвода нагретой воды должны быть теплоизолированы, но потребуется устройство магистралей теплосъема в горячих породах. (Заметим, что вопрос о структуре и параметрах системы охлаждения горного массива на больших глубинах еще никем не исследовался и ждет своего решения). Созданная на такой глубине магистраль сможет служить длительный период времени, обеспечивая подачу тепла Земли на дневную поверхность после окончания работ по выемке угля, но для этого она должна быть прочной и надежно действующей.

Пока, к сожалению, таких прототипов созданных человеком гидротермальных источников нет. Но откладывать все проблемы на будущие времена не следует - без работ на перспективу наука остановится. Начинать надо с решения проблемы нормализации тепловых условий на глубоких горизонтах угольных шахт Донбасса, и тогда окажется, что уже теперь без выполнения больших и дорогостоящих работ можно решать вопросы улучшения тепловых условий труда в глубоких шахтах. Валюты для приобретения холодильных машин за рубежом у нас нет, но аммиачные холодильные машины для химической и пищевой промышленности Украина производит в достаточном ассортименте, в том числе большой холодопроизводительности. Зимой можно обойтись без холодильной машины, используя для охлаждения воды для компенсации тепла сжатия воздуха естественный холод этого времени года. В теплое и горячее время аммиачная машина обеспечит охлаждение воды на дневной поверхности, а предлагаемая система передаст холод свежему воздуху в шахте. При необходимости, если окажется необходимым более глубокое охлаждение воздуха, возможно применение рассольной системы с отрицательной температурой либо дополнительного контура с передачей холода воды из неразомкнутого трубопровода воде в теплообменнике, используемой для мокрого охлаждения воздуха. Кроме аммиачных установок получение холода для охлаждающей воды могут обеспечить абсорбционные бромисто-литиевые машины. Попытки внедрить их в шахтах, предпринятые школой акад. А. Н. Щербаня, натолкнулись на препятствия в виде необходимости спуска в шахту крупногабаритных блоков машины и подачи значительных объемов пара, обеспечивающего энергией процесс получения холода. При установке такой машины на дневной поверхности габариты машины перестают быть лимитирующим фактором, а пар обеспечит шахтная котельная, сжигая добытый в шахте некондиционный уголь или используя выбрасываемый в атмосферу метан шахтных дегазационных систем. Понятно, что охлаждение воды при такой схема потребует затрат на сооружение холодильной установки, но эксплуатационные расходы на обеспечение нормального микроклимата в горных выработках шахт окажутся несравнимо меньшими, поскольку не будет расходоваться дорогая (имеющая тенденцию возрастания цены и в дальнейшем) электроэнергия.

Опыт работы по нормализации тепловых условий в глубоких шахтах Донбасса показал, что правильно рассчитанная, спроектированная и построенная крупная система-первенец на шахте “Горловкая-глубокая” не оправдала возлагаемых на нее надежд по одной простой причине – охлажденный на дневной поверхности воздух при опускании по стволу на глубину около 1000 м нагревался на упоминавшиеся выше 10°C за счет адиабатического сжатия (нагревался он и за счет тепла рубашки горных пород вокруг ствола), а с повышенной стартовой температурой в руд дворе он оказался не в состоянии обеспечить требуемые санитарными нормами того времени 25°C в лаве. На ошибках учатся, после этого перешли на проектирование центральных схем кондиционирования в шахте с расположением холодильных установок на горизонте руд двора.

Выводы

1. Анализ обеспеченности Украины энергоносителями показывает, что энергетические проблемы страны в ближайшие 400-500 лет вполне могут решаться за счет добычи имеющихся на ее территории разведанных запасов угля и применения современных методов его энерготехнологической переработки для получения газа и синтетического топлива для двигателей внутреннего сгорания.

2. Добыча имеющихся запасов угля осложнена горно-геологическими условиями, среди которых большое горное давление, высокая газообильность угольных пластов, склонность их к выбросам угля, газа и пород и высокая температура горных пород, достигающая 72°C на предельных разведанных глубинах 1800 м.

3. Анализ возможности нормализации тепловых условий в горных выработках при разработке угля на глубоких горизонтах показывает, что применяемые в настоящее время средства и методы нормализации тепловых условий на средних глубинах исчерпали свои возможности и неприемлемы как по стоимостным параметрам, так и по сроку осуществления работ для отвода тепла горного массива и притекающего в горные выработки тепла недр Земли.

4. В качестве направления решения задачи нормализации тепловых условий труда в горных выработках предлагается использовать комплекс мероприятий, включающих отказ от использования шахтного воздуха в качестве холодоносителя для отвода тепла горных пород и замене его водой, схема компенсации нагрева воздуха за счет адиабатического сжатия на глубоком горизонте, позволяющая отвести тепло нагрева воздуха от сжатия и обеспечить подачу его в горные выработки с температурой, которую он имел на дневной поверхности.

5. Предложены пути сокращения расхода электроэнергии на нормализацию тепловых условий в горных выработках глубоких шахт и возможности использования уносимого из горных выработок тепла на дневной поверхности, а также альтернативные источники получения холода за счет использования тепловой энергии некондиционного угля и дренируемого шахтными дегазационными системами метана.

Литература

1 Boyko V. A. Ecotechnological aspects for providing Ukraine with energybearers //Труды Международного симпозиума по экологии.- Днепропетровск,1999

2. Бойко В.А. Экотехнологические аспекты обеспечения Украины энергоносителями. //Сб. науч. тр. НГУ. - Днепропетровск, 2001.- №12.- Т. 2.- С.1-6

3.Бойко В. А. Оценка теплового потенциала горного массива глубокой шахты Донбасса и возможностей типовой схемы нормализации условий труда.// //Сб. науч. тр. НГУ. - Днепропетровск, 2003.-№16, С. 113-124.

4. Бойко В. А. Энерготехнологические комплексы - будущее глубоких шахт Донбасса. //Сб. науч. тр. НГУ. - Днепропетровск, 2003.- №17.- Т. 1.- С.93-103

5.Щербань А. Н., Кремнев О. А. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. –Киев: Изд-во АН УССР, 1959-1960. -Т.1,Т.2

Рекомендована к публикации проф., д.т.н. Голинько В.И.

Поступила в редакцию 05.06.07.

© А. Я. Рыбалко, Н. П. Уланова, Л. И. Мещеряков, А.Ю. Руссу

ИНФОРМАЦИОННОЕ НАПОЛНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА “ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА”

Представлено інформаційне наповнення навчального дистанційного курсу в середовищі Lotus LearningSpace Forum.

Представлено информационное наполнение учебного дистанционного курса в среде Lotus LearningSpace Forum.

The informative filling of educational course controlled from distance in the Lotus Learning-Space Forum environment is presented.

Платформой для создания дистанционного курса явилась оболочка IBM Lotus Learning Space, являющаяся на сегодняшний день наиболее популярным программным средством для дистанционного образования в Украине [1, 2, 3]. Курс «Основы искусственного интеллекта» является одним из базовых при подготовке будущих специалистов в области компьютерных технологий. В то же время на современном этапе в Украине практически отсутствуют курсы дистанционного образования по теории и практике построения интеллектуальных систем. Ощущается также и недостаток современной литературы. Предлагаемый курс дистанционного образования предназначен для студентов высших учебных заведений, которые обучаются по направлению 0804 «Компьютерные науки» и специальностям 7.080401 «Информационные управляющие системы и технологии» и 7.080403 «Программное обеспечение автоматизированных систем».

Структура дистанционного курса «Основы искусственного интеллекта» включает в себя четыре модуля (рис. 1):

Цели и задачи исследований по искусственному интеллекту (ИИ);

Представление знаний в системах ИИ;

Теоретические основы логики предикатов;

Логика предикатов.

Каждый модуль разбит на несколько тем, объединенных логикой изложения материала и сложностью рассматриваемых вопросов, а также разбит на несколько тем, объединенных логикой изложения материала.

На рис. 2 представлен пример изложения лекционного материала.

Модуль 1 содержит такие темы:

1. *Цели и задачи исследований по ИИ.* Дано определение понятию «искусственный интеллект», выделены четыре направления исследований в области искусственного интеллекта: моделирование отдельных функций творческих процессов; внешняя интеллектуализация компьютеров; внутренняя интеллектуализация компьютеров; целенаправленное поведение роботов.

2. *Основные области приложения ИИ.* Приведены 14 основных областей приложения ИИ.

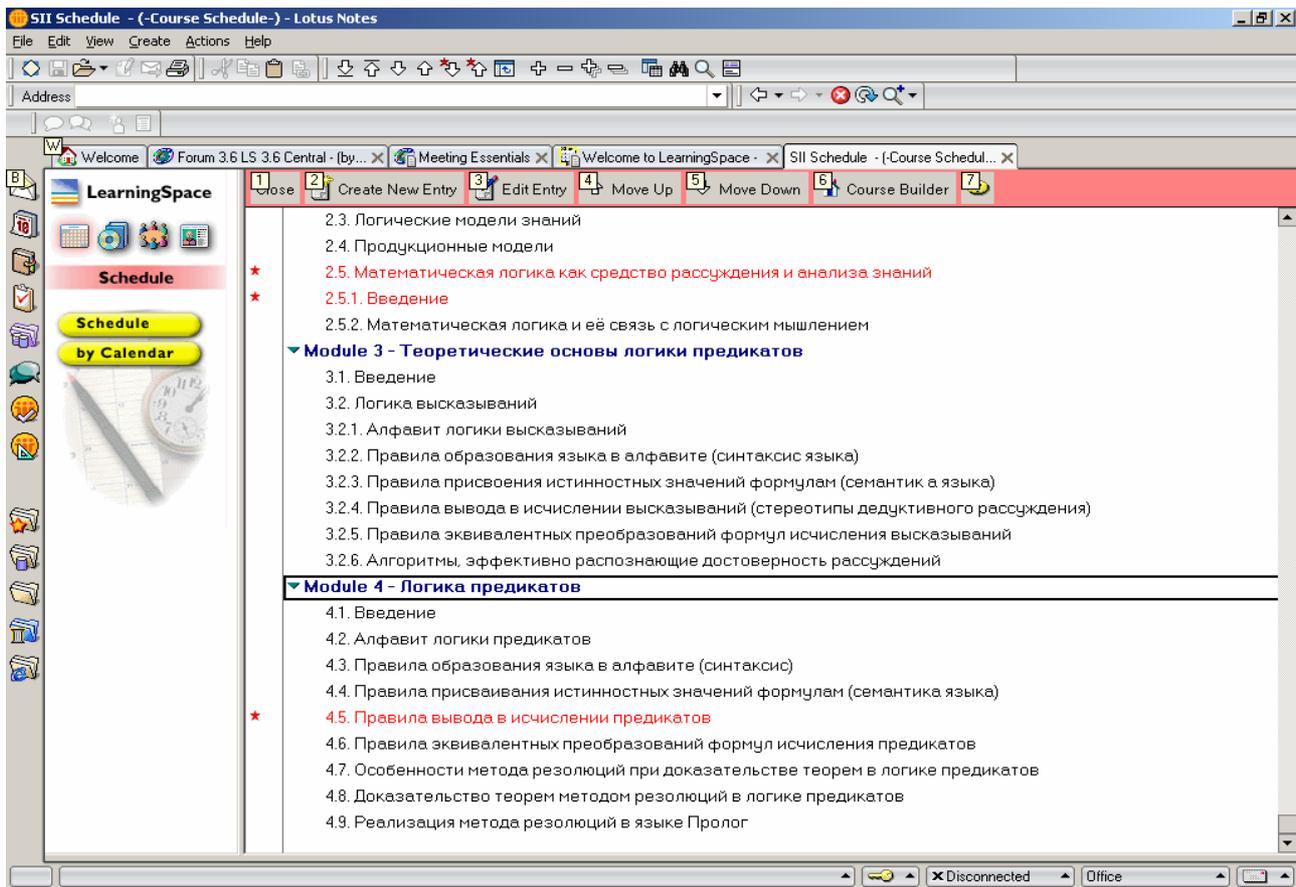


Рис.1. Содержание курса «Основы искусственного интеллекта»

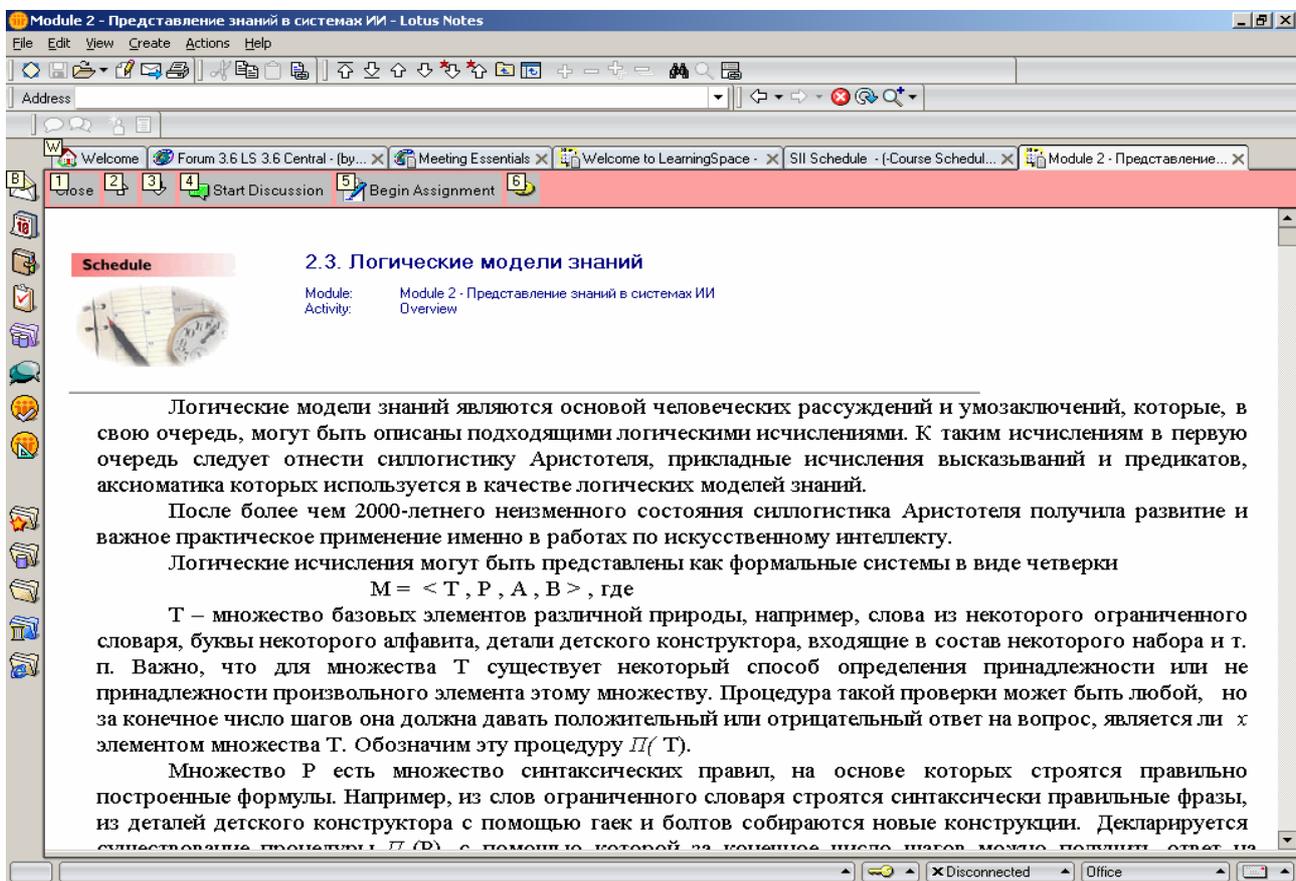


Рис. 2. Пример изложения лекционного материала.

В модуль 2 входят темы:

1. *Представление знаний в системах ИИ.* Показана эволюция представления информации в ЭВМ – поэтапный, на протяжении нескольких десятилетий, переход от данных к знаниям. В итоге, с появлением систем ИИ появилось новое понятие – «база знаний». Несомненно, что данные и структура базы данных в определенной степени отражают знания о предметной области и ее структуре. Тем не менее, имеются специфические признаки, отличающие знания от данных: внутренняя интерпретируемость; структурированность; связность; активность.

2. *Семантические сети.* В основе наиболее известной семантической модели лежит понятие сети, образованной помеченными вершинами и дугами. Вершины сети представляют некоторые сущности (объекты, события, процессы, явления), а дуги – отношения между сущностями, которые они связывают. Наложив ограничения на описания вершин и дуг, можно получить сети различного вида.

3. *Фреймовые модели.* Использование фреймов в фундаментальных науках дает возможность формирования более строгого понятийного аппарата и комплексов обычных моделей с фреймовыми формализмами. Для описательных наук фреймы – это один из немногих способов формализации, создания понятийного аппарата.

4. *Логические модели знаний.* Логические модели знаний являются основой человеческих рассуждений и умозаключений, которые, в свою очередь, могут быть описаны подходящими логическими исчислениями. К таким исчислениям в первую очередь следует отнести силлогистику Аристотеля, прикладные исчисления высказываний и предикатов, аксиоматика которых используется в качестве логических моделей знаний.

5. *Продукционные модели.* В моделях этого типа используются некоторые элементы логических и сетевых моделей. Из логических моделей заимствована идея правил вывода, которые здесь называются продукциями, а из сетевых моделей – описание знаний в виде семантической сети. В результате применения правил вывода к фрагментам сетевого описания происходит трансформация семантической сети за счет смены её фрагментов, наращивания сети и исключения из неё ненужных фрагментов. Таким образом, в продукционных моделях процедурная информация явно выделена и описывается иными средствами, чем декларативная информация. Вместо логического вывода, характерного для логических моделей, в продукционных моделях появляется вывод на знаниях.

6. *Математическая логика как средство рассуждения и анализа знаний.* В интеллектуальной деятельности человека различают логическое и аналитическое мышление по определению искусственный интеллект моделирует логическое и аналитическое мышление. Логическое мышление, в свою очередь, моделирует аналитическое мышление. Следовательно, логическое мышление представляет собой универсальную модель искусственного интеллекта.

6.1. *Математическая логика и её связь с логическим мышлением.* В основаниях классической математики известно несколько логических систем, но в качестве фундамента математической логики обоснованно принята одна из них – логика предикатов. Основное преимущество использования логики предикатов для представления знаний заключается в том, что обладающий хорошо по-

натыми математическими свойствами мощный механизм вывода может быть непосредственно запрограммирован.

Модуль 3 включает в себя:

1. *Алфавит логики высказываний*. Элементами (символами) алфавита являются: высказывания, обозначаемые строчными буквами и пять логических связок (отрицание, конъюнкция, дизъюнкция, импликация, эквивалентность).

2. *Правила образования языка в алфавите (синтаксис языка)*. Для описания правил вводится понятие метасимвола. Метасимвол – это не принадлежащее языку обозначение, которое позволяет вводить понятия и свойства этого языка, а также указать порядок, в котором должны применяться правила языка.

3. *Правила присвоения истинностных значений формулам (семантика языка)* семантика языка – это полный набор правил интерпретации формул.

4. *Правила вывода в исчислении высказываний (стереотипы дедуктивного рассуждения)*. Стереотипы выработаны за многие десятки лет, а некоторые за многие сотни лет и позволяют осуществлять корректные, т.е. без нарушения отношения логического следования, переходы от одних теорем к другим с целью приведения структуры рассуждения к канонической форме (к приведенной КНФ).

5. *Правила эквивалентных преобразований формул исчисления высказываний*. Эквивалентные преобразования формул нужны для того, чтобы привести структуру целевой теоремы к канонической форме (КФ). КФ представляет собой приведенную нормальную форму с дизъюнктами вместо дизъюнктивных формул и с некоторыми другими принципиальными особенностями. Если в посылках и целевой теоремы присутствуют формулы, не соответствующие указанным требованиям, то они должны быть корректно заменены эквивалентными формулами. Это позволяет определить правила эквивалентных преобразований.

6. *Алгоритмы, эффективно распознающие достоверность рассуждений*. Наиболее известным алгоритмом называется метод резолюций (резолютивный вывод). Исходным объектом для доказательства является полное множество дизъюнктов, принадлежащих канонической форме целевой теоремы.

Модуль 4 состоит из разделов:

1. *Алфавит логики предикатов*. В языке предикатов содержится язык высказываний, так как предикат становится высказыванием после замены его предметных переменных их конкретными значениями.

2. *Правила образования языка в алфавите (синтаксис)*. Понятие «отношение». В логике предикатов предикат выражает взаимную связь отражаемых объектов со своими свойствами, характеристиками, действиями, взаимосвязь объектов, процессов, действий. Понятие «терм» – это всякая константа, предметная переменная и функция. Понятие «функция» символизирует действие, ставящее в соответствие списку констант одну определенную константу.

3. *Правила присваивания истинностных значений формулам (семантика языка)*.

4. *Правила вывода в исчислении предикатов*. Логика предикатов, также как и логика высказываний, основана на дедуктивном рассуждении. Поэтому правила вывода логики высказываний равнозначно действуют и в логике предикатов. Однако они дополняются правилами введения и удаления кванторов всеобщности и существования.

5. *Правила эквивалентных преобразований формул исчисления предикатов.*

В логике первого порядка (логике предикатов) условия эффективного применения метода резолюций для доказательства теорем такие же, как и в логике высказываний. Правила эквивалентных преобразований формул, введенные в логике высказываний, равнозначны и для логики первого порядка.

6. *Особенности метода резолюций при доказательстве теорем в логике предикатов.*

7. *Доказательство теорем методом резолюций в логике предикатов.* Не существует четких правил и рекомендаций, как представить в виде формулы логики предикатов то или иное умозаключение. Все это делается интуитивно. А интуиция находится в пропорциональной зависимости от мастерства в доказательстве теорем методом резолюций. Поэтому только через практику и навыки можно приобрести необходимую интуицию для моделирования умозаключений. Примеры доказательства теорем.

8. *Реализация метода резолюций в языке Пролог.* Пример реализации на основе задачи о родственниках отношениях.

Данный учебный дистанционный курс представляет искусственный интеллект как основу новых информационных технологий, которые умножают интеллектуальные ресурсы общества, поскольку взаимодействие пользователя с вычислительными системами на своем профессиональном языке интенсифицирует интеллект пользователя, увеличивает объем его памяти и усиливает способность к логическому выводу. И если ранее говорили об индустрии обработки данных, то сейчас в связи с использованием идей и методов искусственного интеллекта стало правомерным говорить об индустрии интеллектуальных систем.

Примеры тестов с различными вариантами ответов приведены на рис. 3, 4, 5.

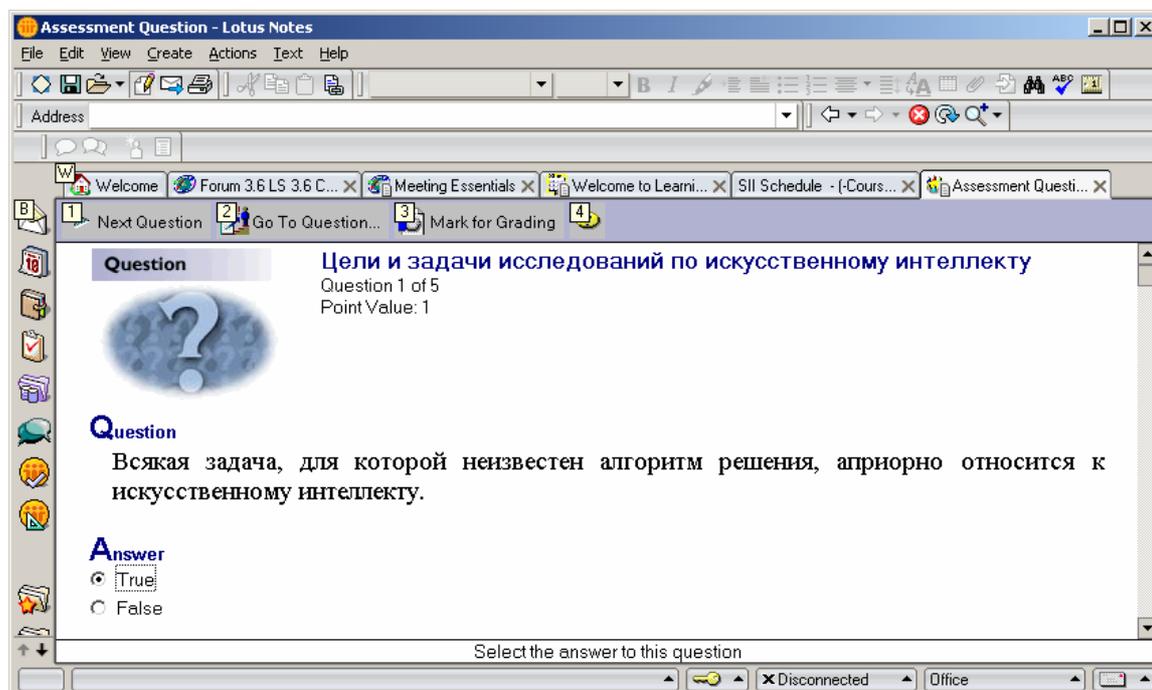


Рис. 3. Пример тестового вопроса с вариантом ответа Истина/Ложь.

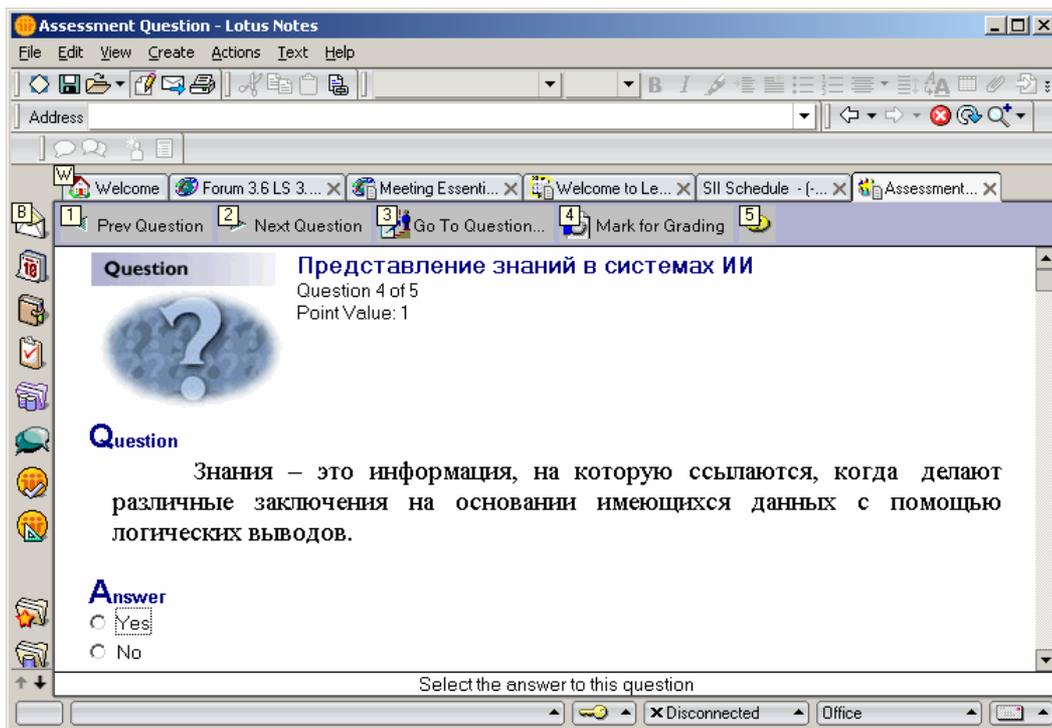


Рис. 4. Пример тестового вопроса с вариантом ответа Да/Нет.

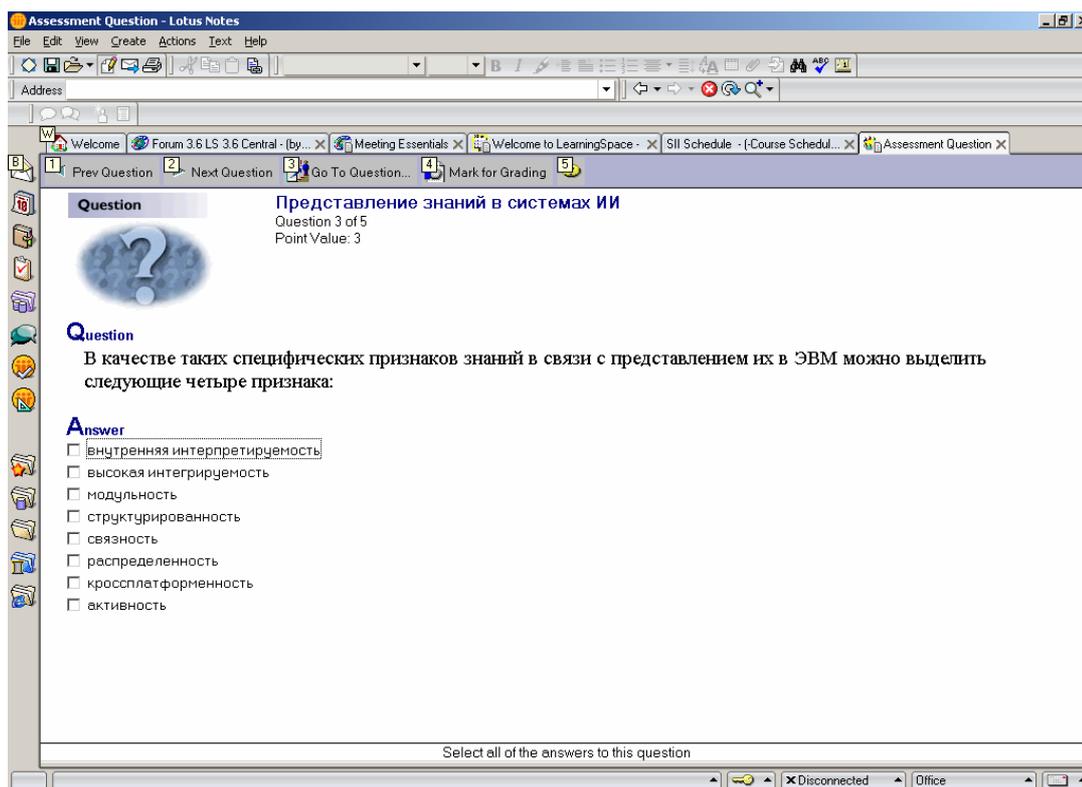


Рис. 5. Пример тестового вопроса с вариантом ответа «несколько из нескольких»

Созданный в среде Lotus LearningSpace Forum учебный дистанционный курс “Основы искусственного интеллекта” имеет качественный графический интерфейс, встроенные интерактивные тесты для проверки знаний и оценки успешности, возможность дистанционного контроля знаний, развитые способы общения студентов между собой и учебным центром.

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 проф., д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 01.06.07*

УДК621.311

© С.Н Ткаченко И.В. Шпилев

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ С ВИРТУАЛЬНЫМ WEB-СЕРВЕРОМ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Статья посвящена вопросам использования виртуальных машин и сетей в обучении. Описана методика эксперимента, по результатам которого получена зависимость суммарного трафика сервера от количества клиентов. Обоснована возможность использования учебной лаборатории для обучения администрированию на базе виртуальных машин.

Стаття присвячена питанням використання віртуальних машин та мереж в навчанні. Описано методику експерименту, за результатами якого отримано залежність сумарного трафіку сервера від кількості клієнтів. Обґрунтовано можливість використання навчальної лабораторії для навчання адмініструванню на базі віртуальних машин.

The article is devoted for questions of using virtual machines and nets for studies. The experiment method is described. The client quantity dependence for server general traffic results of experiment is defined. The possibility of using of learning laboratory for administration learning by virtual machine base is founded.

Образование в технических университетах Украины на специальностях, связанных с применением информационных технологий связано с использованием в учебном процессе не только классов, оснащенных обычными персональными компьютерами, но и специализированного сетевого оборудования. Помимо общих курсов лекций студенты должны получить навыки работы с новейшими информационными технологиями. Однако, студенты, не имеющие до поступления в ВУЗ практических навыков работы по администрированию ПК, могут как по случайности, так и по причине любопытства причинять сбои в работе системного и лабораторного оборудования. Меры, связанные с ограничением в возможностях прав пользования ресурсами ПК причиняют неудобства в обучении, так как для некоторых дисциплин требуется намного больший набор системных ресурсов и возможностей, чем практически допустимо выделить для студентов. Кроме того, не всегда имеется должная материальная база специализированного сетевого оборудования, выделенного под лабораторные и практические занятия.

Таким образом, актуальна задача более полного использования имеющейся материальной базы, состоящей в обычных компьютерных сетях учебных

лабораторий, изначально предназначенных для организации процесса управления лабораторными работами и хранения информации, а не для проведения на них лабораторных занятий.

На наш взгляд, решение этой проблемы возможно путем применения виртуальных эмуляторов рабочих станций для отработки навыков администрирования сетей. Одним из таких эмуляторов являются виртуальные машины VMWare_v4.5.2_8848 для хостов и VMware Server 1.0 для серверов. Они позволяют создать программную эмуляцию аппаратного обеспечения ПК, на который можно установить необходимую для лабораторной работы операционную систему.

Привлечение указанных выше программных средств требует проведения предварительных исследований на предмет организации доступа к виртуальному серверу некоторого количества виртуальных клиентов, распределенных по одному на реально существующие рабочие станции реальной локальной сети. Также необходимо выяснить максимальное количество таких клиентов, одновременная работа которых в сети не приводит к ухудшению удобства связи с виртуальным сервером и, как следствие комфорта выполнения лабораторных работ.

Для проведения исследований была использована следующая лабораторная установка. Было задействовано 2 персональных компьютера компьютерной сети учебной лаборатории. На одном из них был установлен виртуальный сервер Windows 2003 (web editions) с программой WEB-сервера Apache, другой использовался для имитации 8 виртуальных клиентов снабженных операционной системой Windows XP Professional (5.1, сборка 2600).

Основные технические характеристики применяемых ПК:

1. Операционная система: Windows XP Professional (5.1, сборка 2600);
2. Изготовитель компьютера: INTEL;
3. Модель компьютера: D845GVS1;
4. Процессор: Intel(r) Celeron(r) CPU 2.40GHz;
5. Оперативная память: 512 MB RAM;
6. Файл подкачки: 756-1512MB;
7. Сетевая карта: Intel(R) PRO/100 VE Network Connection.

Машина сервера к машине клиента подключалась через коммутатор 3COM Office Connect Swith 8 по топологии „звезда”.

В качестве средства передачи данных использовалась полнодуплексная сеть Ethernet со скоростью 10 Мбит/с.

На машине виртуального сервера был помещен пробный сайт с файлом загрузки объемом 170 МБайт.

Машина, несущая виртуальных клиентов была снабжена программой поддержки многопоточной загрузки данных через сеть DownloadMaster 5.2.3.1063, которая за счет динамической разбивки закачиваемой информации на загружаемые секции и оптимизации использования канала увеличивает скорость загрузки информации в 3-10 раз. В данном эксперименте указанная программа разбивала закачиваемый пробный файл на 8 секций для имитации 8 клиентов, одновременно запрашивающих доступ к серверу. Также DownloadMaster использовался как средство измерения скорости передачи информации от сервера.

Эксперимент проводился по следующей методике:

1. Подготовка лабораторной установки, включающая предварительную установку и настройку программ, пробных данных и оборудования, согласно описанию, приведенному выше;
2. Запуск и приведение к исходному состоянию виртуальных сервера и клиентов;
3. Открытие WEB-сайта на клиентском рабочем месте;
4. Проведение восьми сеансов скачиваний пробного файла web-сайта с помощью программного обеспечения DownloadMaster, пошагово изменяя максимальное количество секций разбивки от 1 до 8 с одновременным снятием усреднённых показаний скорости скачивания на каждом сеансе.

В результате проведенного эксперимента была получена следующая зависимость общего трафика сети от количества потоков, которые имитируют клиентов локальной сети. Погрешность не превысила ± 150 Кбит/с.

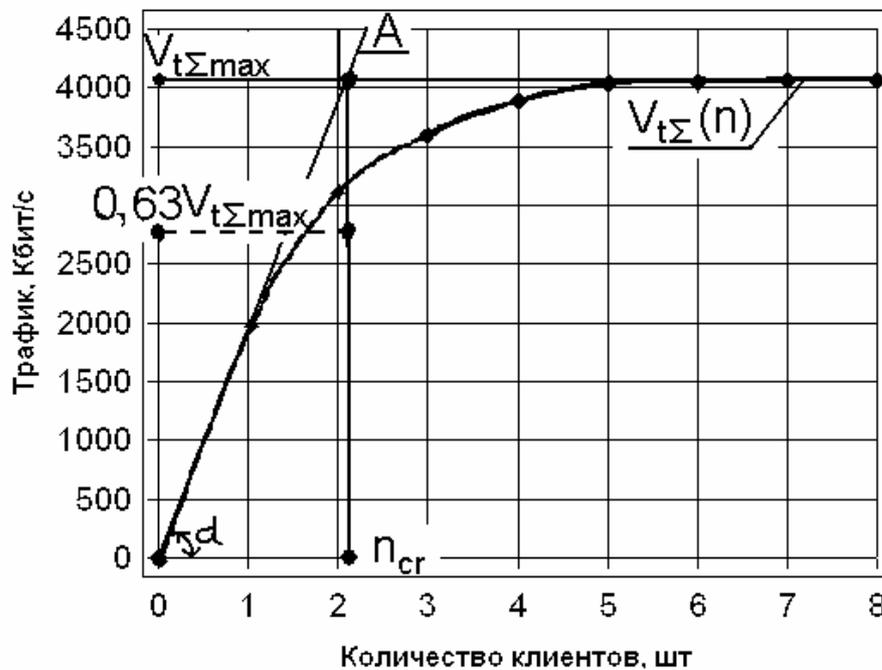


Рис. 1. Зависимость суммарного трафика в сети от количества одновременно подключенных клиентов

Из рисунка 1 видно, что зависимость суммарного трафика сети от количества одновременно подключенных абонентов подчиняется экспоненциальной зависимости. Предел возрастания скорости трафика 4050 ± 150 Кбит/с для сети в 10 Мбит/с вполне согласуется с общеизвестными наблюдениями, что наибольшая реально достижимая скорость канала сети Ethernet колеблется в пределах 30...40% от номинальной, за которую производитель принимает максимальную теоретически достижимую скорость канала без учета коллизий, борьбы за канал и шума.

Экспоненциальная зависимость суммарного трафика от количества одновременно подключенных клиентов $V_{t\Sigma}(n)$, Кбит/с, соответствует распределению рабочего множества Деннинга [1] и имеет вид:

$$V_{t\Sigma}(n) = V_{t\Sigma \max} (1 - \exp(-tg(\alpha)n)), \quad (1)$$

где $V_{t\Sigma \max}$ – максимально достижимый в реальных условиях суммарный трафик сети, $0,3 \dots 0,4$ от номинального, Кбит/с; α – угол наклона касательной A , проведенной из начала координат к графику зависимости $V_{t\Sigma}(n)$, как показано на рисунке 1.

Тангенс α может быть получен как отношение противолежащего катета к прилежащему:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{V_{t\Sigma \max}}{n_{cr}}, \quad (2)$$

где n_{cr} – критическое количество одновременно подключенных клиентов, превышение которого приводит к снижению прироста суммарного трафика $V_{t\Sigma}$, а значит, к уменьшению индивидуального трафика на каждом клиенте при условии их равноправности, шт.

Характеристический показатель n_{cr} может быть получена как точка пересечения оси абсцисс с нормалью, проведенной с точки пересечения касательной A с асимптотой $V_{t\Sigma \max}$, как показано на рисунке 1, и составит приблизительно 2,12 шт.

Таким образом, зависимость (1) принимает вид:

$$V_{t\Sigma}(n) = V_{t\Sigma \max} \left(1 - \exp\left(-\frac{V_{t\Sigma \max}}{n_{cr}} n\right) \right). \quad (3)$$

Оптимальный суммарный трафик по сети, превышение которого приводит к снижению трафика индивидуального, определяется как точка пересечения оси ординат с перпендикуляром, проведенным из точки пересечения нормали n_{cr} и графика $V_{t\Sigma}(n)$, как показано на рисунке 1, и составит приблизительно $0,63 V_{t\Sigma \max}$. Коэффициент $0,63$ – величина, обратная золотому сечению.

Как видим, наилучшее с точки зрения быстродействия решение для учебной сети со скоростью 10 Мбит/с предполагает одновременное подключение к виртуальному серверу не более 2 клиентов, при этом трафик составит приблизительно 2550 Кбит/с или 319 Кбайт/с. Если в учебной лаборатории установлено 20 машин, а объем информации учебного сайта виртуального сервера ограничен до 300 Кбайт, то сервер вполне способен удовлетворить все запросы клиентов за 10 секунд, что вполне приемлемо для лабораторных занятий.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования виртуальных машин для лабораторного обучения студентов по предметам, посвященным вопросам настройки и администрирования сетей на базе локальной сети учебной лаборатории без допуска к администрированию реальных серверов и ПК. Предложенная зависимость (3) позволяет анализировать прирост суммарного трафика на сервере при увеличении одновременных подключений клиентов, как следствие среднее изменение индивидуального трафика клиента.

Литература

1. Э. Таненбаум. Многоуровневая организация ЭВМ. – М.: „Мир”, 1979. – 552 с.

Рекомендована к публикации д.т.н. Ткачевым В.В.

Поступила в редакцию 23.05.07

ОБҐРУНТУВАННЯ І РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Метою роботи є створення проекту, алгоритму, мобільної програми, а також комп'ютерної системи контролю знань. Унікальність і одна з відмінностей цієї системи від інших систем тестування полягає в тім, що людина, яка навчається, може одержати доступ до тестів як через комп'ютерний клієнт, так і через мобільний телефон.

Целью работы является разработка проекта, алгоритма, мобильной программы, а также компьютерной системы контроля знаний. Уникальность и одно с отличий этой системы от других систем тестирования, заключается в том, что студент может получить доступ к тестам как через обычный компьютер, так и через мобильный телефон.

The aim of the thesis is the development of the project, algorithm, mobile program and computer system of knowledge control. Originality and one of the differences of this system from other testing systems is that the student is capable of accessing the tests via ordinary computer as well as via a mobile phone.

Реформування усіх сфер суспільної діяльності, яке почалося в Україні, наближення їх до загальносвітових показників, на перший план висуває проблеми підготовки висококваліфікованих фахівців. Вирішення цих проблем неможливе без впровадження сучасних методів вимірювання та оцінювання рівня знань, які активно розвивалися й широко використовуються в Європі.

Згідно Приказу МОН України від 31.07.1998 р. створені стандарти вищої освіти майже по всім напрямкам та спеціальностям. Стандартним способом вимірювання значення показників якості вищої освіти згідно цьому приказу є критеріально – орієнтований тест. У зв'язку із вступом України у Болонський процес, тестування набуває все більшої актуальності.

Серед відомих форм діагностики знань найбільш прогресивною та об'єктивною вважається тестування. Тому державні стандарти вищої освіти передбачають введення тестування як у процесі (поточний контроль знань), так і на заключному етапі навчання.

Оцінка знань за допомогою об'єктивного тесту на комп'ютері в порівнянні з традиційним опитуванням має ряд переваг: можливість перевірки як репродуктивної так і продуктивної діяльності; об'єктивність – вірна відповідь на кожне питання тесту заздалегідь готується компетентною комісією розроблювачів тестів; перевірка знань одночасно у великої кількості тестуємих за короткий час; випадковий вибір питань з розділу дисципліни; обробка результатів тестування на персональному комп'ютері з використанням шкали оцінок.

Дистанційна освіта з кожним роком набуваю все більшої популярності. Інформатизація та комп'ютеризація суспільства потребує внесення змін до процесів освіти. Тому окрім усім відомого комп'ютерного тестування, необхідно враховувати можливість тестування через мобільний телефон. Рівень мобілізації на пострадянському просторі сприяє цьому. Враховуючи ці фактори, була розроблена "Мобільна система дистанційного тестування знань". Унікальність і одна з відмінностей цієї системи від інших систем тестування полягає в тім, що люди-

на, яка навчається, може одержати доступ до тестів, перевірити і підвищити рівень своїх знань як через комп'ютерний клієнт, так і через мобільний телефон .

Метою цієї роботи є створення проекту, алгоритму та мережної комп'ютерної, а також мобільної системи контролю знань студентів вузів і коледжів, учнів ліцеїв, гімназій і шкіл з будь-якої дисципліни.

Програмним середовищем, у якому розроблена система тестування є Delphi 7.0, J2ME, PHP, та СУБД Interbase 6.5.

Для ефективного функціонування клієнтської частини програми необхідний персональний комп'ютер, якій повинен бути не нижче модифікації PENTIUM III – 500 МГц з оперативною пам'яттю не менш 64 мб і 40 мб дискового простору для встановлення програмних засобів, а для серверної частини програми тестування – не нижче модифікацій PENTIUM III – 700 МГц з оперативною пам'яттю не менш 128 мб. Розміри бази даних визначаються обсягом вільного дискового простору комп'ютера. Для мобільного клієнта має бути мобільний телефон з підтримкою Java.

Система тестування складається з:

- бази даних запитань та відповідей;
- програми серверу;
- програми тестування (комп'ютерної версії);
- програми тестування (мобільної версії);
- програми звіту;
- програми адміністратора.

Програма сервер служить для зв'язку користувачів (адміністраторів та тестуємих) з базою даних запитань та відповідей, та захисту бази від несанкціонованих дій, резервування, та відновлення бази даних.

Програма тестування служить для безпосереднього тестування користувачів. Програма передбачає тестування по відкритій та по закритій формі. При відкритій формі питання випадково вибираються з бази даних по даному розділу в кількості, зазначеній викладачем. Відповідь тестуємих вводиться самостійно через клавіатуру. При цьому результати заносяться в базу даних і викладач сам оцінює результати тесту, читаючи відповіді.

При закритій формі тестування особі, що тестується, пропонуються готові питання, що випадковим чином вибираються з бази даних у кількості, зазначеній викладачем, та відповіді (до 8-ми відповідей на одне питання), з яких одна чи більше вірна. При цьому комп'ютер оцінює результати тесту по визначеній шкалі. У програмі передбачено два режими тестування: пробний та контрольний. Результати пробного тестування не зберігаються в базі даних, а результати контрольного - зберігаються для кожного студента.

Дисципліни в базі даних поділяються на розділи. Кожен розділ містить у собі будь-яку кількість питань, задану викладачем. На кожне питання може бути запропоновано від двох до восьми відповідей, з яких вірних повинно бути не менше одної. На кожен розділ викладачем встановлюється обмеження у часі залежно від складності тесту. До будь-якого питання можна додавати графічні об'єкти (графіки, схеми, рисунки та ін.) за бажанням викладача.

Програма звіту служить для перевірки викладачем результатів тестування, та їх друку у випадку необхідності.

Програма адміністратора служить для доповнення факультетів, кафедр, дисциплін, розділів, питань та відповідей по розділам, а також для доповнення списків груп, студентів, типів робіт (залік, контрольна, модуль та ін.), списків робіт по групам. На рис. 1 зображено вікно програми адміністратора по додаванню питань.

На рис. 2 зображено вікно для особи, що тестується за закритою формою. Для даного запитання додано рисунок. Біля вірної відповіді ставиться галочка.



Рис 1. Вікно програми адміністратора

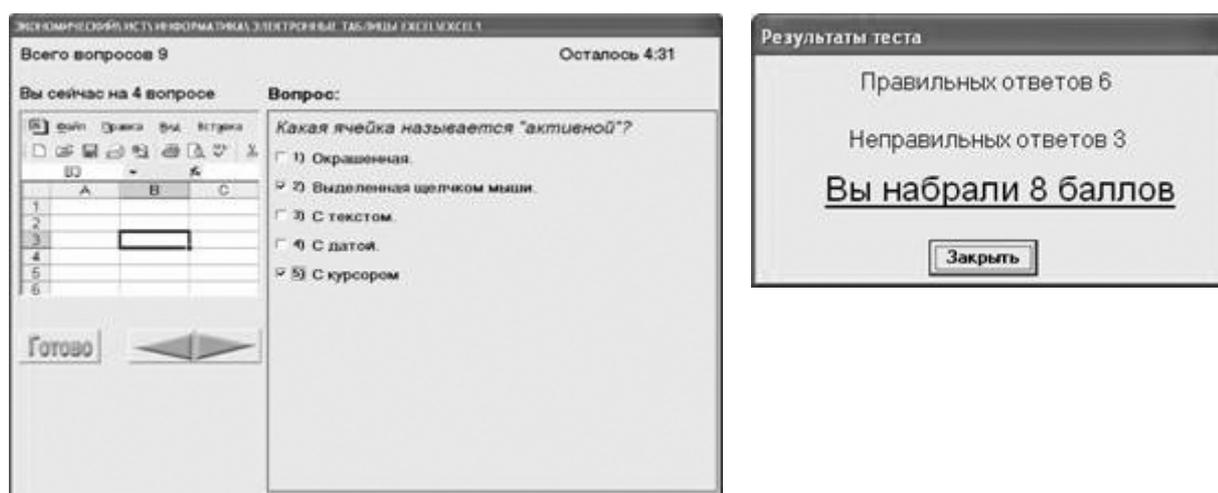


Рис 2. Вікно закритої форми тестування

Після закінчення тестування або по закінченню часу тестування з'являється вікно "Результаты теста" з оцінкою тестування по 12-ти бальній шкалі оцінок.

На рис. 3 зображено діалогове вікно особи, що тестується за відкритою формою.

Особа, що тестується набирає відповідь на запитання з клавіатури.

Максимальний обсяг відповіді на запитання по відкритій формі складає до 3500 символів що приблизно займає 1,5 сторінки тексту.

Варто відзначити що мобільний клієнт, так само як і комп'ютерний має доступ до одній і тій же базі даних. Дані завантажуються мобільним телефоном через канали зв'язку з Інтернетом (на цей момент це GPRS та EDGE).



Рис 3. Вікно відкритої форми тестування

На рис. 4, приведено діалогові вікна модуля тестування для мобільних телефонах: вікно входу в систему, вікно вибору дисципліни для тестування, вікно тестування студента. При закритому варіанті тестування, у мобільній версії, так само як і в настільній, біля правильної відповіді ставиться галочка. По закінченню часу чи примусовому закінченні тестування, виводиться результат за 12 бальній шкалою оцінки.

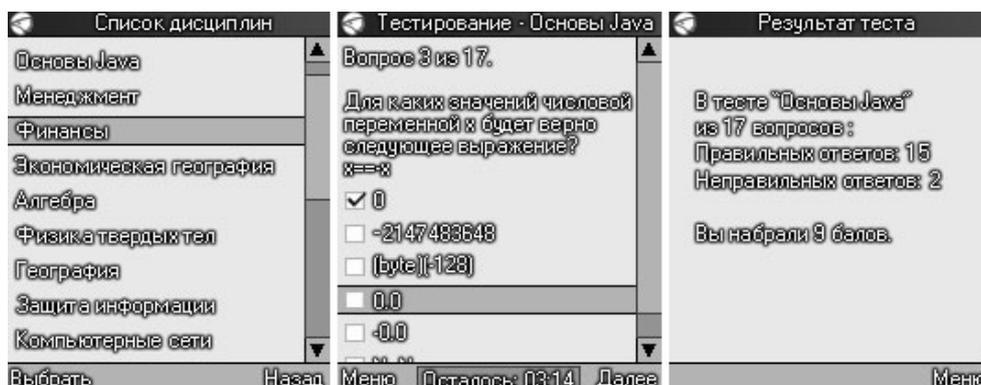


Рис. 4 Діалогові вікна модуля тестування для мобільних телефонах

До основних переваг мережної інтерактивної програми тестування, розробленої автором можна віднести наступні:

- можливість тестування за закритою та відкритою формами;
- можливість здійснення пробного та контрольного тестування;
- можливість вставки рисунків та рандомізація запитань;
- висока швидкодія системи тестування;
- перегляд у динаміці успішності як окремо обраного студента так і групи, дисциплін кафедри та факультету в цілому;
- можливість отримання довідки про роботу у кожному діалоговому вікні;
- швидкий перегляд або друк успішності студентів як по одній так і по декільком дисциплінам по будь-яким запитам викладача;
- високий рівень захисту бази даних завдяки відокремленню її від сервера тестування;
- можливість одночасного тестування багатьох студентів (учнів);
- можливість генерування, перегляду та друку звіту за бажанням викладача чи адміністратора.

На рис. 5 наведена спрощена блок-схема реляційної бази даних системи тестування, котра вміщує в себе основні таблиці, зв'язані між собою (факультет, група, кафедра, дисципліна, студенти, розділ, питання, відповідь).

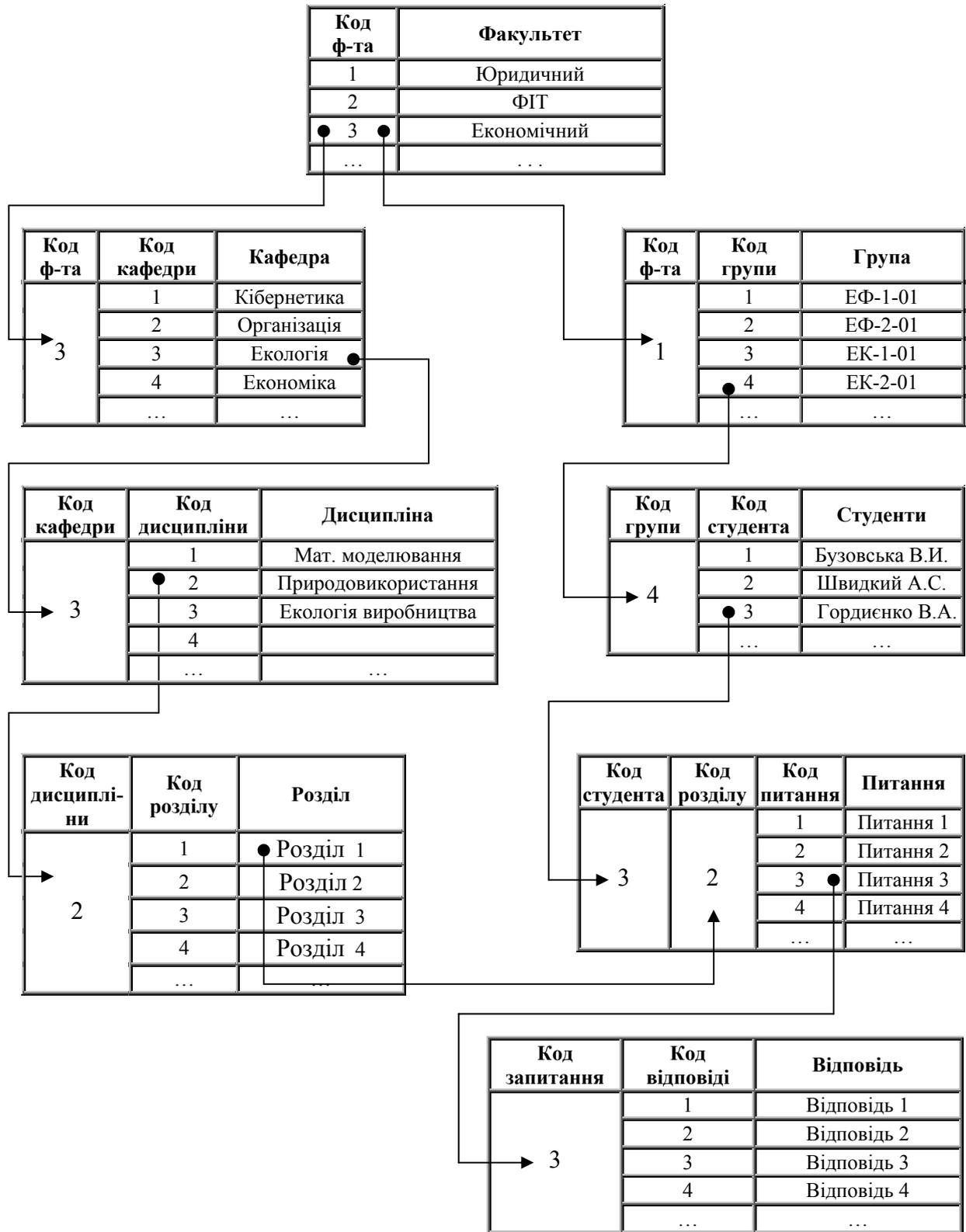


Рис. 5. Спрощена блок-схема реляційної бази даних системи дистанційного тестування

Розроблена інтерактивна система тестування знань пройшла успішну перевірку на всеукраїнській олімпіаді з ботаніки, біології, агроекології та мікробіології у 2002, 2003, 2005 роках; у 2005 – 2007 роках на цій системі склалися державні іспити на факультетах обліку і аудиту та менеджменту і маркетингу інституту економіки Дніпропетровського державного аграрного університету для бакалаврів, спеціалістів та магістрів, очного та заочного форм навчання.

По оцінці американського університету м. Фенікс, який спеціалізується на дистанційній освіті, напрямок дистанційної освіти є дуже перспективним, у 2002 р. ринок дистанційної освіти оцінювався у 10,3 мільярда доларів, у 2006 він збільшився до 83, 1, а к 2011 р. прогнозується його збільшення – до 212 мільярдів доларів.

Дана система пройшла апробацію по різним дисциплінам на юридичному факультеті НГУ, та впроваджується в загальну систему дистанційної освіти НГУ.

Література

1. Булах І.Є. Комп'ютерна діагностика навчальної успішності. К.: ЦМК МОЗ України, УДМУ.- 1995.- 221 с.
2. Харченко М.В. Мережна інтерактивна система тестування знань. //Зб. Стратегія качества в промышленности и образовании. /Научный журнал Технического университета – Варна, Болгария, 2006. – С. 213 - 216.
3. Харченко М.В. Інтерактивна система тестування знань.//Зб. Проблеми вдосконалення професійної підготовки фахівців з митної справи: Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. Дн-ськ: Академія митної служби України, 2006. – С. 27-29.

*Рекомендована к публикации проф., д.т.н. Ткачевым В.В.
Поступила в редакцию 30.05.07*

УДК 370.1

© А.С. Головченко, О.В. Литвин

ДОСЛІДЖЕННЯ СФОРМОВАНOSTІ ПРОФЕСІЙНОГО САМОВИЗНАЧЕННЯ СТАРШОКЛАСНИКІВ

В статті розглядаються питання, пов'язані з процесом формування професійного самовизначення у старшокласників, а також з роллю соціально-економічних, педагогічних та інших факторів в цьому процесі. В статті також аналізується мотивація сучасної молоді при виборі майбутньої спеціальності, виявляються ієрархія ціннісних орієнтацій і базові фактори професійного вибору. Намічені шляхи вдосконалення технології довузівської освіти в плані профорієнтації.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с процессом формирования профессионального самоопределения старшеклассников, а также с ролью социально-экономических, педагогических и других факторов в этом процессе. В статье также анализируется мотивация современной молодежи при выборе будущей специальности, выявляется иерархия ценностных ориентаций и базовые факторы профессионального выбора. Намечены пути усовершенствования технологии довузовского образования в плане профориентации.

The article deals with the level professional self-determination is formatted, and role of social-economical, pedagogical and other factors that influence the process. Drives for choosing future specialty are analyzed in the work; stable hierarchy of value orientations is defined; main factors of professional choice that facilitate or complicate it are named.

Вступ. Перед сучасною молоддю відкриті всі шляхи в житті, вибір яких визначає майбутнє людини. Завжди були, є й будуть ті, хто гідний стати інтелектуальним потенціалом нації. Саме за цим поколінням стоїть завдання зробити Україну процвітаючою. Тому проблема професійного самовизначення старшокласниками, як і раніше, залишається актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Нині профорієнтація вважається напрямом діяльності, в якому реалізується право молоді на вільний вибір професії з урахуванням її прагнень і здібностей, інтересів держави, її економічного та культурного розвитку, що може здійснюватися спільними зусиллями школи, сім'ї, різних організацій, колективами підприємств [1]. Загальним проблемам профорієнтаційної роботи з учнівською молоддю, питанням професійного самовизначення присвячено роботи Н.В. Жемери, Є.О. Клімова, М.В. Левківського, В.М. Мадзігона, Б.О. Федоришина та ін. [2 – 3].

Основна частина. Більшість молодих людей, які закінчують сьогодні школу, не мають уявлення, що їх чекає надалі. Отримавши знання з базових предметів, вони майже не володіють інформацією щодо наявності нових професій, необхідних на сучасному ринку праці, можливості їх набуття та працевлаштування. Сьогодні їм проблематично реалізувати свій професійний потенціал насамперед через те, що важко зорієнтуватись у світі професій де відбуваються швидкі зміни: поява нових, трансформація існуючих та зникнення деяких „старих” спеціальностей. Внаслідок цього молода людина стикається з проблемами вибору професії та майбутньої діяльності звичайно лише після закінчення середньої школи. Закінчення школи – хвилюючий момент в житті молодих людей. Випускники роблять спроби заглянути у майбутнє, озираючись назад, на свої шкільні роки, оцінити, наскільки школа підготувала їх до нового життя.

Спробуємо заглянути в перспективу розвитку суспільства, побачити ті пріоритетні напрямки та людські цінності, які не байдужі сьогоднішнім старшокласникам, з якими вони вирушають у самостійне, доросле життя.

Завданням нашого дослідження стало вивчення сформованості професійного самовизначення учнівської молоді Дніпропетровського регіону, а також деяких соціально-економічних, педагогічних та інших факторів, які впливають на нього.

Об'єктом дослідження обрано професійну орієнтацію старшокласників Дніпропетровської області, які одночасно навчаються й на факультеті довузівської освіти Національного гірничого університету. Для цього було розроблено відповідну анкету для майбутніх абітурієнтів.

У дослідженні методом анкетування прийняло участь 112 учнів 11-х класів декількох шкіл області та м. Дніпропетровська. З них: 54% опитаних склали учні м. Дніпропетровська, 38% - учні інших міст регіону та 8% - старшокласники, які проживають у сільській місцевості.

Як показує моніторинг дослідження (рис. 1) 70% запитаних учнів чітко визначились щодо вибору майбутньої професії, лише 1,1% опитаних мають певні сумніви щодо остаточного вибору професії. На відсутність професійних планів вказали 28,8% випускників. Ця третина старшокласників, які не зробили

свій професійний вибір і не подбали про альтернативні варіанти професії, можуть стати безробітними, залишитись без будь-якої спеціальності. Такий стан справ не змінюється на протязі вже кількох років, і ця проблема повинна стати об'єктом уваги спеціалістів з питань профорієнтації та працівників освіти. Причинами того, що третина випускників, які вчасно не роблять свій професійний вибір можуть бути як соціально-економічні процеси, що відбуваються, так і недостатня профорієнтаційна робота з молоддю.

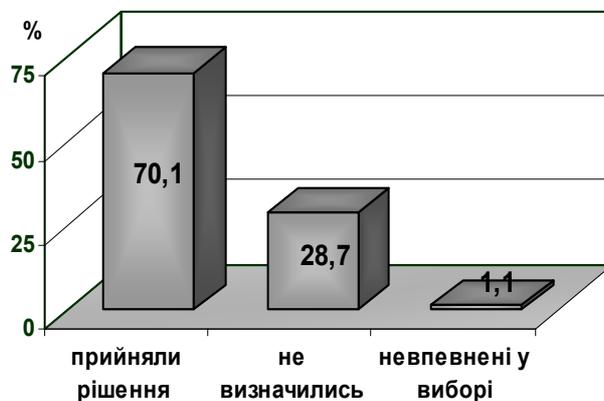


Рис. 1. Прийняття рішення старшокласниками про вибір майбутньої професії

Основними причинами, які заважають молоді зробити свій професійний вибір, є:

- погана інформованість;
- труднощі вибору із багатьох привабливих варіантів;
- невміння об'єктивно оцінити власні можливості;
- недоступність в отриманні професії, яка цікавить.

Та частина старшокласників, які визначились з майбутньою професією вказують на те, що обрали її відповідно до своїх уподобань – 63,2% (55 відповідей з 128-и). 46% респондентів (40 з 128 відповідей) – обрали її відповідно своїх здібностей, лише 27,6% (24 респондента) опитаних вказують на те, що їх майбутня професія затребувана у суспільстві (рис. 2).

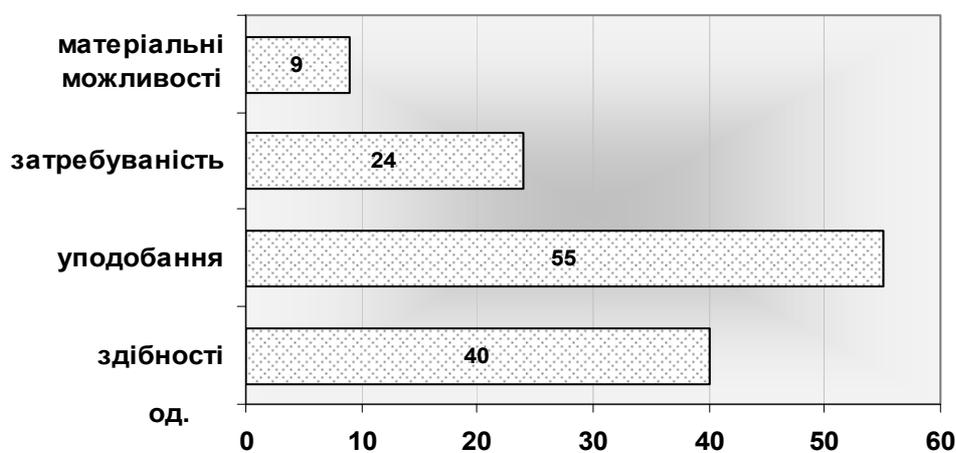


Рис. 2. Фактори вибору старшокласниками майбутньої професії

Як і декілька років тому старшокласники вважають найпрестижнішими професії фінансиста, економіста, маркетолога, менеджера, юриста, адвоката, програміста, спеціаліста із захисту інформації. Менш престижними старшокласники вважають професії еколога, перекладача, психолога, інженера-технолога, інженера-енергетика, геолога, інженера-автомеханіка. А непрестижними – діяльність, пов'язану з виробництвом та сільським господарством.

Більшість старшокласників виявляють стійку ієрархію ціннісних орієнтацій, рівень особистих та соціальних домагань є завищеним. Такий високий рівень споживацьких очікувань не підкріплюється такими ж високими професійними прагненнями. У багатьох бажання більше мати і одержувати не поєднується з готовністю до кваліфікованої та продуктивної праці. Така установка особистості соціально небезпечна і призводить до розчарувань, дезадаптації в суспільстві, як і безпідставна оптимістичність у визначенні термінів майбутніх досягнень.

Якщо проаналізувати питання про те, чим же керується сучасна молодь при виборі майбутньої спеціальності, то можна сміливо стверджувати, що на першому місці у них стоїть мотив *інтересу* до праці в певній галузі (рис. 3). З 178-и відповідей респондентів на це вказують 24,7% опитаних. Друге місце посідає *перспективність* праці – 19,7% опитаних, на третьому – *престижність* професії, це доводить 17,4% опитаних. 10,7% старшокласників вказують, що на вибір їх майбутньої професії впливає мотив *корисності* суспільству; 8,4% старшокласників надає перевагу мотиву *високої оплати праці*; 5,1% вказують мотив *покликання*, дуже незначним (3,9%) є мотив *умов праці*. Невисоким (7,9%) є рейтинг такого мотиву як *потреба у спеціалістах певного профілю* – це пов'язано з тим, що попит дуже швидко зменшується, особливо на відносно престижні спеціальності.

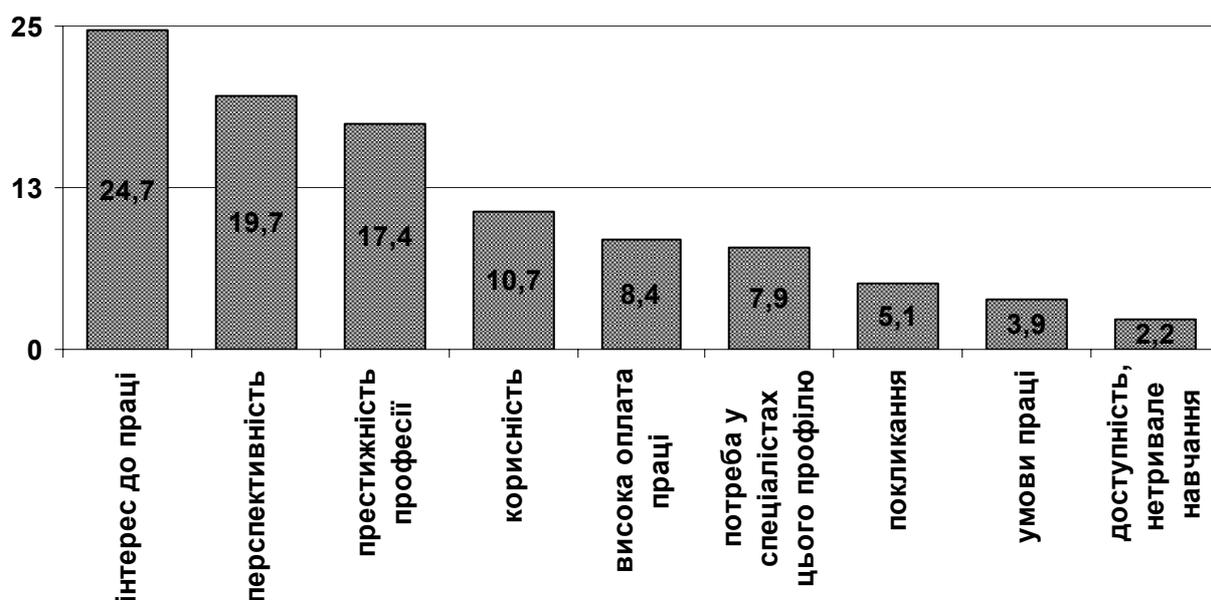


Рис.3. Керування сучасної молоді при виборі майбутньої спеціальності

Основними причинами, які ускладнюють професійний вибір є: „платіжна неспроможність” – на це вказує 36,8% учнів, трохи більше (20%) опитаних вка-

зує на відсутність знань, високий конкурс при вступі до ВНЗ, страхи перед іспитами, страхи не вступити на бюджет, проблеми зі здоров'ям, інше. І тільки 37,9% опитаних стверджує, що ніщо не ускладнює їх професійного вибору.

Ці дані вказують на те, що вирішення більшості проблем професійного вибору вимагає втручання спеціаліста з питань профорієнтації. Тут необхідна як профконсультаційна допомога, так і консультації психолога.

Останнім часом у розстановці факторів професійного самовизначення відбулись деякі зміни (рис. 4). Значна перевага надається *родинній* профорієнтації (30,8%), із значним відривом йде *спостереження* й вплив *засобів масової інформації та Інтернету* (17,5% та 14% відповідно), *розповіді друзів, товаришів та знайомих* (13,3%). Роль і *рекомендації вчителів* та *заняття в гуртках і факультативах* найменша (11,9% та 9,8% відповідно).

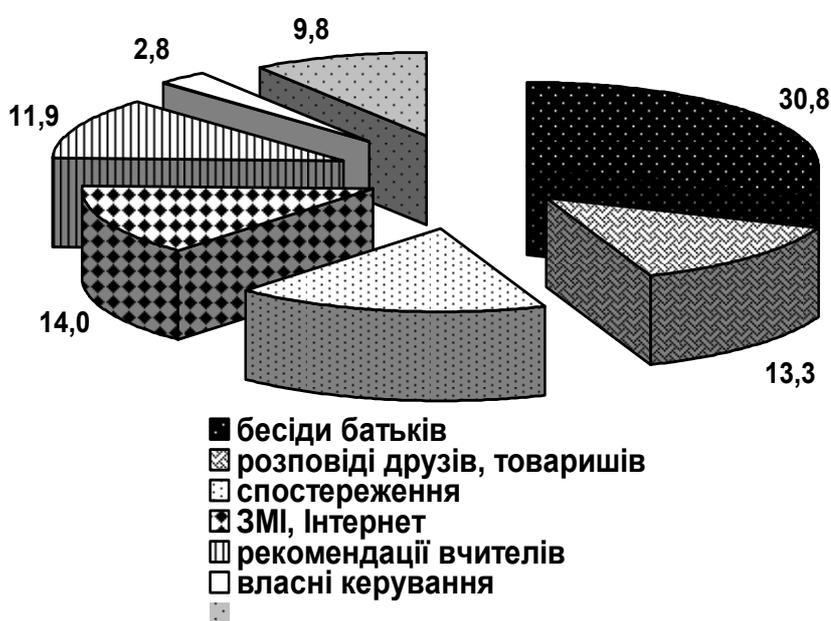


Рис. 4. Фактори професійного самовизначення старшокласників

На основі даного дослідження можна впевнено говорити, що сучасна молодь стала раніше відчувати себе дорослою, до чого її примушує саме життя, та соціально-економічні зміни в країні. Це виявляється у більш чітких планах на майбутнє, впевненості у можливості реалізації своїх намірів – 74,7%. Вони значно краще поінформовані як про професії в цілому, так і про ту, яку обирають; у них вищий рівень усвідомленості здійснюваного вибору (професійної самосвідомості). Але дивним видається нам те, які професії обирають ці учні. Здавалося б, ми з повним правом могли розраховувати на вибори професій науковців, педагогів. Насправді, результат виявився не передбачуваним. Ці старшокласники надають перевагу економічним та юридичним спеціальностям, в кращому випадку комп'ютерним спеціальностям і тільки поодинокі випадки вибору професій: конструктора, геодезиста, електромеханіка, фармацевта. Цей факт можна пояснити явищем, яке у психології має назву „уникнення невдач”, суть якого полягає у наявності підсвідомого бажання ухилитись від розчарувань, прагнень. І це природно, людина як соціальна істота має потребу почувати себе

соціально захищеною, потрібною суспільству і як професіонал фахівець своєї справи, і як громадянин, права якого захищаються суспільством.

Не впевнені у своєму виборі 23% опитаних, що може свідчити про викривлене розуміння власної ролі при виборі професії, низький рівень самостійності, критичності, активності.

Значна кількість випускників (36%) мають наміри *самостійного* працевлаштування після отримання спеціальності. Не набагато менша кількість опитаних (28,8%) мають наміри працевлаштування за *допомогою батьків чи знайомих*, а от за *направленням* – 20,7%. Працевлаштуватись через *Центр зайнятості* мають намір лише 3,6% старшокласників (рис. 5).

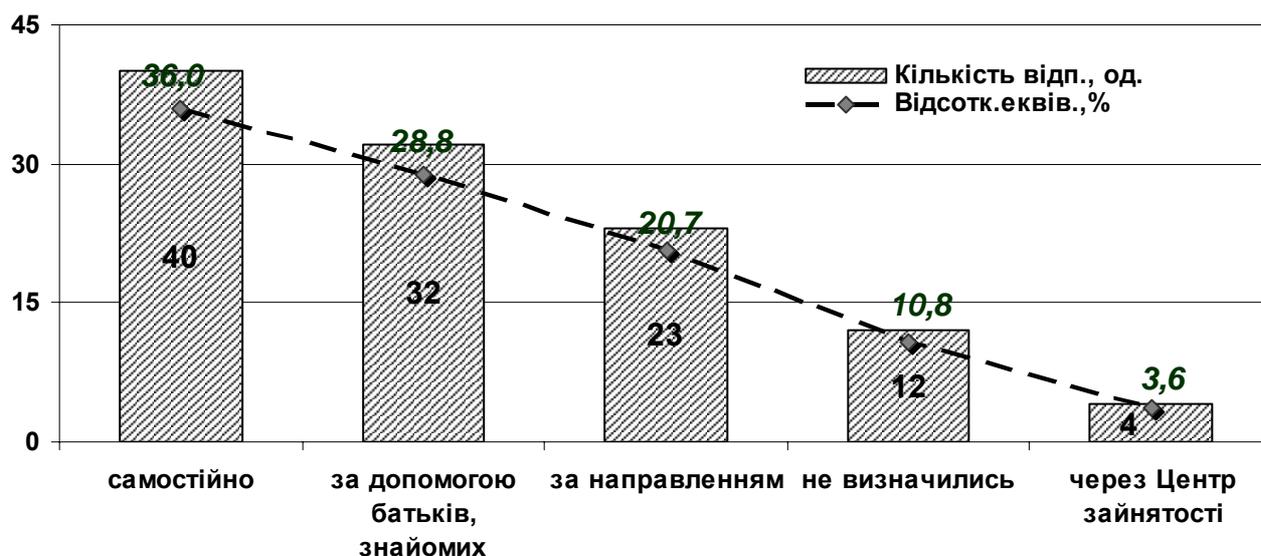


Рис. 5. Наміри щодо працевлаштування після отримання спеціальності

Що стосується форм діяльності, яким віддають перевагу випускники, то тут зберігається тенденція минулих років, а саме, більшість молоді (51,7%) орієнтується на роботу на приватних підприємствах чи підприємницьку діяльність і тільки 15% на виробництві чи роботу на державних підприємствах.

Зберігається тенденція до збільшення долі випускників, які бажають жити та працювати у великих містах – 73,6%. Викликає стурбованість той факт, що 33,3% випускників пов'язують свою подальшу професійну діяльність з можливістю виїхати за кордон, бажають жити й працювати в іншій країні. І лише 2,3% старшокласників після закінчення ВНЗ мають наміри жити та працювати у сільській місцевості (рис. 6). При чому до міграції у великі міста більше схильна сільська молодь, а за межі держави – міська. Зрозуміло, що за цими цифрами приховані причини, викликані суспільними негараздами.

Майже незмінна ситуація й з вибором майбутньої сфери діяльності по закінченню вищого навчального закладу у сучасних старшокласників. Як і раніше, більшість молодих людей має намір здійснювати підприємницьку діяльність, вірогідно як одну з престижних і матеріально привабливих, - 51,7% респондентів (рис. 7). Не радує й значний відсоток невизначених щодо сфери застосування здобутих знань – 32,2%; на виробництві бачить себе лише 14,9% опитаних.

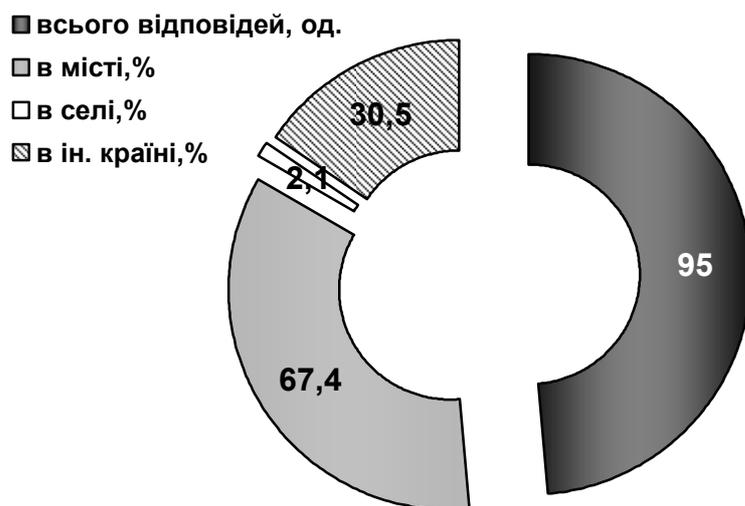


Рис. 6. Географічні вподобання старшокласників щодо працевлаштування



Рис. 7. Уподобання старшокласників щодо сфери роботи після закінчення ВNZ

За вчорашніми стереотипами ми продовжуємо вважати, що гарна школа – це та, у якій красиво, затишно, тепло в навчальних приміщеннях та у відносинах між учнями та вчителями. Це дійсно дуже важливо, але недостатньо. На передній план все частіше виступають питання підготовленості учнів, їх здатності креативно мислити, вирішувати проблеми, адаптувати знання до нових умов.

На запитання: „Які шкільні предмети необхідні Вам для оволодіння майбутньою професією?” старшокласники вказали на такі як:

- математика – 75,9% опитаних;
- фізика – 27,6%;
- українська мова – 70,1%;
- історія - 24,1%;
- право – 18,4%;
- іноземна мова – 17,2%.

Шкільна успішність з цих предметів у них така:

Математику знають на „відмінно” – 38,8%; „добре” – 44,9%; „задовільно” – 16,3%.

Фізику – „відмінно” – 20%; „добре” – 68%; „задовільно” – 12%.

Українську мову – „відмінно” – 15,1%; „добре” – 79,2%; „задовільно” – 5,7%.

Історію – „відмінно” – 52,4%; „добре” – 42,9%; „задовільно” – 4,8%.

Право – „відмінно” – 61,5%; „добре” – 30,8%; „задовільно” – 7,7%.

Багаторічна практика роботи зі слухачами системи довузівської освіти НГУ дозволила виробити чітко регламентовану систему викладання, яка враховує індивідуальну підготовку майбутніх абітурієнтів. Специфіка довузівської освіти полягає в тому, що, не підміняючи шкільної освіти, вона є додатковим ресурсом розвитку особистості учня, його професійного самовизначення та підготовки до навчання у вищому навчальному закладі. Слід відзначити дві важливі особливості проблеми оновлення технології довузівської освіти. Перша з них полягає в тому, що система довузівської освіти повинна забезпечити підготовку молоді до здатності не лише витримати конкурсний відбір до ВНЗ, але й отримати якісну вищу освіту, у тому числі здатність безперервно оновлювати свої знання протягом усього життя, що дало б можливість їй у подальшому успішно конкурувати на світовому ринку праці. Друга особливість проблеми оновлення технології довузівської освіти полягає в необхідності відбору та підготовки професорсько-викладацького складу ВНЗ до ефективної роботи з учнями середніх навчальних закладів.

Висновки. Якість підготовки спеціалістів вищої кваліфікації в значній мірі залежить від свідомого вибору випускниками середньої школи майбутньої професії, від їх особисто значимої зацікавленості отримати не взагалі будь-яку вищу освіту, а саме конкретну професію, про яку вони мають вірне й достатньо повне уявлення, яка відповідає життєвим установкам та психофізіологічним особливостям кожного із суб'єктів, які закінчують школу. Дослідження сформованості професійного самовизначення старшокласників показало, що рівень його залежить від ролі соціально-економічних, педагогічних та психологічних чинників в цьому процесі.

Моніторинг стану профорієнтаційної роботи сьогодні, вказує на те, що назріла необхідність переглянути та вдосконалити профінформаційну роботу, на основі якої будуватимуться інші види профорієнтаційної допомоги, надати цій роботі системного та послідовного характеру.

Література

- 1.Коваленко Н.Г. Профорієнтація в капіталістических странах // Профорієнтація молодежи. М.: Высш.шк., 1978. С. 32 – 46.
- 2.Система профориентационной работы со старшеклассниками./ Под. ред. Б.А.Федоришина – К., 1988 - стр.49.
- 3.Жемера Н.В. Сутність та особливості процесу професійного самовизначення учнів старших класів // Трудова підготовка в закладах освіти, 2001. - №4.-С.26-30.

*Рекомендовано к публикации д.т.н. Кузнецовым В.Г.
Поступила в редакцию 29.05.2007*

ОБУЧЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ПЕРЕВОДУ

Представлены особенности перевода научно-технической литературы и примеры использования полученных знаний на практике.

Надані особливості перекладу науково-технічної літератури та приклади використання отриманих знань на практиці.

Es sind die Besonderheiten bei der Übersetzung der wissenschaftlich-technischen Literatur und die Beispiele für Nutzung bekommenen Kenntnisse in der Praxis vorgestellt.

В настоящее время существует необходимость в выделении научно-технического перевода не только как особого вида переводческой деятельности, а также присвоении научно-техническому переводу статуса самостоятельной прикладной дисциплины. С точки зрения лингвистики, характерные особенности научно-технической литературы распространяются на ее стилистику, грамматику и лексику. Основная задача научно-технического перевода состоит в предельно ясном и точном доведении до читателя сообщаемой информации. Это достигается логически обоснованным изложением фактического материала, без выраженной эмоциональности. Стиль научно-технической литературы можно определить как формально-логический.

Научно-технические тексты обнаруживают целый ряд грамматических особенностей. Наиболее типичным лексическим признаком научно-технической литературы является насыщенность текста терминами и терминологическими словосочетаниями, а также наличие лексических конструкций и сокращений. В такой литературе занимают особое место тексты, ориентированные не столько на носителей определенного языка, сколько на представителей некоторой профессиональной группы с определенными экстралингвистическими знаниями.

Общей характеристикой научно-технических текстов считается наличие специальных терминов и специальной фразеологии. Важнейшим требованием адекватности перевода является требование выбора переводчиком наиболее неброских, не отвлекающих от содержания синтаксических конструкций письменной речи. Особенно важным представляется владение дифференцированной специальной фразеологией, без которой любой переводной текст должен быть признан недостаточно качественным, поскольку читателю текста перевода он будет казаться неестественным или, по меньшей мере, непрофессиональным.

Жанрово-стилистическая классификация переводов в зависимости от жанрово-стилистических особенностей оригинала обуславливает выделение двух функциональных видов перевода: художественный (литературный) перевод и информативный (специальный) перевод.

Информативный перевод представляет перевод текстов, основная функция которых заключается в сообщении каких-то сведений, опускается художественно-эстетическое воздействие на читателя. К таким текстам относятся все материалы научного, делового, общественно-политического, бытового характера.

В информативном переводе подвиды перевода выделяются на основе принадлежности переводимых текстов к различным функциональным стилям исходного языка. При этом необходимо, чтобы функционально-стилистические особенности оригиналов определяли и специфические черты перевода таких текстов. Психолингвистическая классификация переводов, учитывающая способ восприятия оригинала и создания текста перевода, подразделяет переводческую деятельность на письменный перевод и устный перевод.

Письменный перевод - вид перевода, при котором речевые произведения, объединяемые в акте межъязыкового общения (оригинал и текст перевода), выступают в процессе перевода в виде фиксированных текстов, к которым переводчик может неоднократно обращаться. Это дает возможность переводчику повторно воспринимать отрезки переводимого текста, сопоставлять их с соответствующими отрезками перевода, вносить в текст перевода любые необходимые изменения до предъявления перевода рецептору, т.е. до завершения процесса перевода. Классическим примером письменного перевода является такой перевод, когда переводчик воспринимает оригинал зрительно в виде письменного текста и создает текст перевода также в виде письменного текста.

Устный перевод актуализирует вид перевода, при котором оригинал и его перевод выступают в процессе перевода в нефиксированной форме, что предопределяет однократность восприятия переводчиком отрезков оригинала и невозможность последующего сопоставления или исправления перевода после его выполнения. Классическим примером устного перевода является такой перевод, когда переводчик воспринимает оригинал в акустической форме («на слух») и в устной форме произносит свой перевод. При устном переводе создание текста перевода может происходить либо параллельно восприятию оригинала, либо после того, как завершится восприятие оригинала. Соответственно различаются два подвида устного перевода: синхронный перевод и последовательный перевод.

В настоящее время разработан ряд специальных теорий перевода. Среди специальных теорий, связанных с жанрово-стилистической классификацией переводов, наибольшее внимание исследователей привлекают проблемы перевода научно-технических материалов, которые представляют большой теоретический и практический интерес. На протяжении нескольких десятилетий восточная часть Германии занимала ведущее место в Западной Европе по масштабам и значимости теоретических исследований в области перевода. Центром таких исследований стал Лейпцигский университет, позднее ряд работ по теории перевода (главным образом устного) был выполнен и в Берлинском университете. В Лейпцигском университете, где сложился центр по подготовке профессиональных переводчиков, исследования различных аспектов переводческой деятельности проводит большая группа лингвистов, среди которых следует в первую очередь отметить авторов фундаментальных трудов по теории перевода О.Каде, А.Нойберта и Г.Егера. К созданной ими научной школе примыкает целый ряд известных переводоведов как Э.Флайшман, Х.Шмидт, Х.-М.Залевски, В.Шаде, К.Картельери, З.Бастиан и многие другие. Нередко высказываются по проблемам перевода и крупные немецкие лингвисты - Р.Ружичка, Г.Вотьяк, М.Бирвиш и др. В Лейпциге регулярно проводятся национальные и международные конференции по проблемам перевода, выходят сборники трудов по переводоведению.

нию, ежеквартальный журнал «Fremdsprachen», приложения к журналу, содержащие солидные монографии общетеоретического характера. Труды переводоведов Восточной Германии пользуются широкой известностью во всем мире. Другая характерная черта этой переводоведческой школы заключается в широком диапазоне направлений и объектов исследования. Большое внимание уделяется общетеоретическим проблемам - обоснованию теоретических основ переводоведения, разработке объективных методов исследования, изучению социальной роли перевода, его прагматических функций и т.п. Рассматривается специфика устного и письменного перевода, собственно перевода и иных видов языкового посредничества, связанного с переработкой содержания иноязычного текста. Большое внимание уделяется использованию в теории перевода новейших направлений современного языкознания - лингвистики текста, коммуникативной лингвистики и др. Теоретические исследования тесно увязываются с изучением практических аспектов переводческой деятельности, с задачами подготовки будущих переводчиков. Все эти особенности развития переводоведения в Восточной Германии нашли наиболее полное отражение в работах О.Каде, А. Нойберта и Г.Егера.

Основные классификации текстов и методы перевода

Перед началом работы переводчик с помощью анализа текста должен установить, какой из видов текста ему предстоит переводить. Точно также и при оценке перевода, прежде всего, необходимо получить ясное представление о том, к какому типу текстов относится оригинал, чтобы избежать опасности оценки перевода по неверным критериям.

Выделяют три типа текстов: 1) технические тексты и тексты естественных наук, характеризующиеся тем, что в них знание предмета является более важным, чем знание языка, которое, в свою очередь, прежде всего должно распространяться на знание специальных терминов; 2) философские тексты, в которых, кроме знания специальной терминологии, от переводчика требуется способность следовать за ходом мыслей автора; 3) литературные тексты, в которых, кроме содержания, выявлению подлежит и художественная форма, которая должна быть воссоздана в языке перевода. В основе классификации также лежат различия в характере переводимого материала: 1) информационные тексты, документальные тексты (торгового и делового характера) и научные тексты; 2) общественно-политические тексты (в том числе работы классиков марксизма, передовые статьи и речи); 3) (художественно) литературные тексты.

Общей характеристикой первой группы текстов считается наличие специальных терминов и специальной фразеологии. Важнейшим требованием адекватности перевода является требование выбора переводчиком наиболее неброских, не отвлекающих от содержания синтаксических конструкций письменной речи. Когда стиль автора высказывания не существенен, тогда учитывается лишь предмет сообщения, а не способ изложения. Особенно важным представляется, однако, не встречающееся нигде более указание на необходимость владения дифференцированной специальной фразеологией, без которой любой переводной текст должен быть признан недостаточно качественным, поскольку читателю текста перевода он будет казаться неестественным или, по меньшей мере, непрофессиональным.

Лексические и грамматические особенности перевода научно-технических текстов

Характерными особенностями научно-технического стиля являются его информативность (содержательность), логичность (строгая последовательность, четкая связь между основной идеей и деталями), точность и объективность, ясность и понятность. Тексты, принадлежащие к данному стилю, могут обладать указанными чертами в большей или меньшей степени, у всех таких текстов обнаруживается преимущественное использование языковых средств, которые способствуют удовлетворению потребностей данной сферы общения. В области лексики это, предполагает использование научно-технической терминологии и специальной лексики.

Под термином понимается эмоционально-нейтральное слово (словосочетание), передающее название точно определенного понятия, относящегося к той или иной области науки или техники. Терминологическая лексика дает возможность наиболее точно, четко и экономно излагать содержание данного предмета и обеспечивает правильное понимание существа трактуемого вопроса. В специальной литературе термины несут основную семантическую нагрузку, занимая главное место среди прочих общелитературных и служебных слов.

По своей синтаксической структуре тексты на иностранных языках научно-технического содержания отличаются своей конструктивной сложностью. Они богаты причастными, инфинитивными и герундиальными оборотами, а также некоторыми другими чисто книжными конструкциями, которые подчас затрудняют понимание текста и ставят перед переводчиком дополнительные задачи.

Исследование терминологии в научно-техническом стиле. Насыщенность терминами является одной из определяющих характеристик научно-технического текста. В научно-техническом тексте доля терминологической лексики составляет не более 25%, а основную часть лексики составляют общенаучные, общетехнические и общеупотребительные слова. Поэтому научно-техническую лексику можно разделить на терминологическую и нетерминологическую, к которой относят общенаучную, общетехническую и общеупотребительную лексику. Это деление и классификация в известной степени условны из-за подвижности лексики, процесса постоянного ее пополнения новыми единицами, а также из-за многозначности слов, дающей им возможность функционировать в различных слоях лексического состава языка.

В выражении и назывании терминов и терминов (процесса, явления, предмета) термин характеризуется: наличием определения (дефиниции); точностью семантики; независимостью; стилистической нейтральностью (отсутствие экспрессии); краткостью, а также легкостью функционирования в различных словоформах и способностью сочетаться с языковым окружением (иногда эту характеристику термина называют его системностью). За пределами своей терминологической системы термин лишается этих характеристик.

Один и тот же термин в разных подъязыках может выражать разные понятия. Термин "der Hahn" обозначает кран, кран в теплотехнике, клапан в моторостроении, приборостроении, гидравлике, "die Speicherung" запоминающее устройство или память, в других сферах активно функционирует как склад, храни-

лице, накопитель, аккумуляция. Технический термин "der Rahmen" обозначает: раму в любом устройстве, станину в станках, каркас в строительстве, кадр в кино и телевидении. Следовательно, термин, функционируя в различных сферах, может оказываться многозначным.

Термины могут обладать свойством синонимии: одно и то же понятие (или предмет) может иногда обозначаться разными словами: die Havarie - die Beschädigung – der Bruch – die Panne – die Störung (авария). Такие явления - многозначность и синонимия противоречат природе функционирования и предназначению термина. Однако при описании конкретной предметной ситуации, конкретной научно-технической сферы, термины не допускают неверного их толкования.

Кроме терминов, в научно-техническом тексте присутствуют общенаучные (общетехнические) и общеупотребительные слова. В отличие от терминов эта лексика характеризуется тем, что она не обладает свойством обозначать понятия и объекты определенной сферы науки и техники, а от общеупотребительной лексики ее отличает то, что она функционирует исключительно в научно-технической сфере и вместе с терминами определяет специфику научно-технического стиля. Общенаучная и общетехническая лексика состоит из слов, словосочетаний, обособленных образований, специальных оборотов и клише, употребляемых для выражения связей и отношений между терминованными понятиями и объектами, а также для выражения качественных, количественных и иных оценочных характеристик при дифференциации и классификации общенаучных и общетехнических понятий. Общетехнические или общенаучные слова, употребляемые в определенных сферах для описания различных процессов и явлений: die Angaben anführen (приводить данные); das Experiment durchführen (проводить опыты, отыскивать данные); der Strom aufrichten (выпрямлять ток); unter der Spannung stehen (находиться под напряжением).

Существует обширный пласт научно-технической лексики, который в научно-технической речи отличается сравнительно высокой частотностью встречаемости в виде отдельных слов, словосочетаний, "словесных блоков", оборотов и, нередко, предложений. Эта лексика употребляется для образования текстов, оценочных целей, характеристики отношения лица к предмету рассмотрения: die Bedeutung haben (иметь значение), Aufmerksamkeit auf etw. lenken (обращать внимание на...), Massnahmen treffen (принимать меры ...).

В лингвистике способность слова вступать в словосочетания с другими словами называется валентностью. В научно-технической лексике выделяется обширный перечень сочетаний слов: das Problem (проблема), die Information (информация), das Verfahren, die Methode (метод), die Forschung, die Untersuchung (исследование), die Ergebnisse, die Angaben (данные) которые в научно-технических речевых произведениях образуют своеобразные микро-контексты с различными уровнями внутренней организованности. Вот несколько примеров со словом "das Problem": (bestimmte, komplizierte, schwere etc.).

Раскрытие значения языковой единицы в научно-технической терминологии, проходит через умение переводчика разобраться в переводимом тексте, составить общее представление о системе терминологии и осуществить на ос-

нове собственных знаний и с использованием соответствующей справочной литературы структурно-смысловой и синтаксический анализ незнакомой терминологической единицы.

Термины должны обеспечивать четкое и точное указание на реальные объекты и явления, устанавливая однозначное понимание специалистами передаваемой информации. Поэтому к этому типу слов предъявляются особые требования. Прежде всего, термин должен быть точным, иметь строго определенное значение, которое может быть раскрыто путем логического определения, устанавливающего место обозначенного термином понятия в системе понятий данной области науки или техники. Если какая-то деталь прибора именуется - светоизлучающий диод, светодиод, то этот термин должен обозначать только эту деталь, выполняющую определенные функции.

В значительной степени способствует взаимопониманию специалистов и широкое употребление специальной общетехнической лексики, которая также составляет одну из специфических черт научно-технического стиля. Это слова и сочетания, не обладающие свойством термина идентифицировать понятия и объекты в определенной области, но употребляемые почти исключительно в данной сфере общения, отобранные узким кругом специалистов, привычные для них, позволяющие им не задумываться над способом выражения мысли, а сосредоточиваться на сути дела. Такая лексика обычно не фиксируется в терминологических словарях, ее значения не задаются научными определениями, но она не в меньшей степени характерна для научно-технического стиля, чем термины. Соблюдение норм употребления специальной лексики ставит перед переводчиком особые задачи при создании текста перевода.

Структурно немецкие терминологические единицы можно разделить на: 1. Однословные (однокомпонентные): простые, или производные (однокорневые): die Kette (цепь, схема, контур), der Fehler (ошибка, дефект). Производные, образованные от однокорневых слов и аффиксов: der Leser (читающее устройство), die Einrichtung (оборудование). Сложные, имеющие в своем составе не менее двух корней (die Arbeitsweise (режим работы), die Bandanlage (ленточный конвейер); 2. Многословные (многокомпонентные или составные) die Luftnachrichtenstele (пост воздушной связи), das Bunkerentleerungsgerät (бункерный разгрузатель).

Анализ терминов с учетом приведенных выше их видов и подвидов, а также отношений между компонентами многословных терминов, связан с языковой мотивировкой значения термина в аспекте связи последнего с источником появления новых терминов и способом их образования. Основным источником для терминования новых научно-технических понятий и предметов является общенациональный язык. Путь перехода слова из общеязыкового словаря в терминологию довольно сложен и не всегда удастся проследить его. Однако в большинстве случаев эти связи просматриваются либо непосредственно, либо выводятся из совокупности всех возможных значений общеупотребительного слова. Проникая в научно-техническую лексику и становясь термином, значение общеупотребительного слова специализируется и ограничивается в зависимости от терминологической

системы, в которую оно попадает; слово получает конкретное значение, теряет "старое" языковое окружение и приобретает новое.

Следующий источник пополнения терминов - заимствования из других языков. Заимствование новых слов и новых терминологических единиц закономерно для любого языка. Из английского (по современным отраслям науки и техники - как непосредственные заимствования, например, "компьютер", "принтер", "интерфейс", "бартер", так и в виде калек типа "гибкая производственная система", "эхопечать". Заимствованием считается слово или термин, который переходит в другой язык со своим понятием (computer - компьютер).

Сокращенное употребление длинных однословных и многословных терминов есть результат действия тенденции, приводящей к созданию удобных для произношения, чтения и восприятия терминов-сокращений.

По структуре научно-технические сокращения можно разделить на: буквенные, слоговые и усеченные слова.

Необходимо отметить, что сокращения характеризуются высокой омонимичностью, и чем меньше число знаков, тем она выше. Новые термины в научно-технических текстах могут быть образованы по именам авторов новых теорий, открытий. Такие термины-собственные имена вначале "сильно" связаны с конкретным именем и, естественно, пишутся с заглавной буквы, но затем многие из них становятся полноправными членами терминологической системы, приобретают грамматическую оформленность нарицательного имени и нередко пишутся со строчной буквы.

В русском языке употребляется "абсолютный ампер", "вольт-амперная характеристика", "ампер-часы", "ампер-метр" слова "ампер" и "вольт" не связывают с именами французского физика Андре Мари Ампера и итальянца Алессандро Вольты.

В виде новых терминов в технических текстах появляются фирменные названия изделий, предметов и материалов, которые вышеуказанными способами образуются из названий фирм, названий базовых материалов или имен изобретателей. Новые термины (фирменные названия) в большинстве случаев пишутся с заглавной буквы: материал "плексиглас" это фирменное наименование этого материала Plexiglass (от латинского plexus - гибкое сплетение + glass).

В научно-техническую лексику приходят элементы разговорной речи, жаргонизмы, функционирующие в ограниченных сферах техники и технологии - жаргон язык определенной профессиональной или общественной группы, характеризующейся наличием в нем видоизмененных и иных элементов, применяемых с целью языкового обособления. (в) сленг - это слова и выражения, употребляемые представителями определенных профессий или прослоек общества.

Существует обширная группа слов и терминов, получивших название "ложные друзья переводчика", перевод которых приводит к искажениям смысла переводимого текста. В качестве терминов могут использоваться как слова, употребляемые почти исключительно в рамках данного стиля, так и специальные значения общеупотребительных слов.

Немецкие научно-технические материалы обнаруживают и целый ряд грамматических особенностей. Какой-либо "научно-технической грамматики"

не разработано. В научно-технической речи используются те же самые синтаксические структуры и морфологические формы, как и в других функциональных стилях. Однако ряд грамматических явлений отмечается в данном стиле чаще, чем в других, некоторые явления, напротив, встречаются в нем сравнительно редко. Общие свойства научно-технического изложения, не могут не отражаться на синтаксической структуре высказывания. Для подобных материалов особенно характерны определения понятий и описание реальных объектов путем указания на их свойства. Скрытыми определениями являются и многочисленные атрибутивные группы, которые в большом количестве используются в научно-технических материалах. Ведь назвать прибор (механически установленное реле) - это все равно, что определить его как (реле, которое установлено механически). Подобные свернутые определения дают возможность указать на самые различные признаки объекта или явления. Число определений в таких сочетаниях может быть весьма значительным.

В научно-технических текстах отмечается широкое употребление таких глаголов, как *erfüllen* (выполнить), *erhalten* (получить), *besorgen* (обеспечить), *geben* (дать), *einziehen* (вовлечь), значение и перевод которых всецело зависит от существительных, несущих основную смысловую нагрузку в предложении.

Можно также отметить многочисленные случаи опущения в научно-технических материалах артикля, особенно определенного, там, где в текстах другого типа его употребление считается абсолютно обязательным. Артикль часто отсутствует перед названиями конкретных деталей в технических описаниях и инструкциях.

Отмеченные лексико-грамматические особенности научно-технических материалов оказывают непосредственное влияние на коммуникативный характер таких материалов, который должен быть воспроизведен при переводе. Ход и результат переводческого процесса во многом определяется тем, какими общими и отличительными языковыми чертами обладают аналогичные виды материалов исходного языка и переводимого языка.

Заключение

В результате синтаксического и стилистического анализа научно-технического текста можно сделать вывод что, основной стилистической чертой такого текста является точное и четкое изложение материала при полном отсутствии выразительных элементов, которые придают речи эмоциональную насыщенность. В научной литературе почти не встречаются метафоры, метонимические транспозиции и другие стилистические фигуры, широко используемые в художественных произведениях.

При всей своей стилистической отдаленности от живого разговорного языка, научно-технический текст включает в себя некоторое количество более или менее нейтральных по окраске фразеологических сочетаний технического характера. Основными требованиями, которым должен отвечать научно-технический перевод, являются: точность - все положения, трактуемые в оригинале, должны быть изложены в переводе; сжатость - все положения оригинала должны быть изложены, сжато и лаконично; ясность - сжатость и лаконичность языка перевода не должны мешать изложению лексики, ее пониманию; литературность - текст перевода должен удовлетворять общепринятым нормам литературного языка, без употребления синтаксических конструкций языка оригинала.

Перевод научно-технического текста должен верно передавать смысл оригинала в форме, по возможности близкой к форме оригинала. Отступления должны быть оправданы особенностями русского языка, требованиями стиля. Перевод в целом не должен быть ни буквальным, ни вольным пересказом оригинала, хотя элементы того и другого обязательно присутствуют. Важно не допускать потери существенной информации оригинала.

Литература

1. Бархударов Л.С. Контекстное значение слова и перевод // Сб. научн. тр./ Моск. пед. ин-т иностр. языков. – 1984. – Вып.238. – С. 14-18.
2. Виноградов В.С. Введение в переводоведение. – М., 2001. – 240 с.
3. Ермолович Д. И. Основы профессионального перевода. – М.: 2002.- 320 с.

*Рекомендовано к публикации д.т.н. Пиловым П.И.
Поступила в редакцию 31.05.2007*

УДК 378.147.007.2

© В. А. Новодранова, Н. А. Новодранова

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД СОСТАВЛЕНИЯ ТЕСТОВ СЛОЖНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН

Данная работа посвящена разработке общей методики составления тестов при изучении таких сложных компьютерных дисциплин как «Сетевые операционные системы», «Теория операционных систем», «Системное программирование и операционные системы».

Дана робота присвячена розробці загальної методики складання тестів при вивченні таких складних комп'ютерних дисциплін як «Мережні операційні системи», «Теорія операційних систем», «Системне програмування і операційні системи».

The given work is devoted to development of the general technique of drawing up of tests at studying such difficult computer disciplines as « Network operational systems », «The Theory of operational systems », « System programming and operational systems ».

В настоящее время продолжается процесс внедрения новейших педагогических технологий и научно-методических достижений в учебно-воспитательный процесс. Информационное обеспечение образования предполагает наличие методических разработок для каждой дисциплины по следующим направлениям:

- а) методическое обеспечение лекционно-лабораторного курса;
- б) методическое обеспечение самостоятельной работы студентов;
- в) методическое обеспечение текущего и модульного контроля знаний студентов.

Самым традиционно полным по объему и наполнению является методическое обеспечение лекционно-лабораторного курса. Многие преподаватели при постановке курса для любой дисциплины начинают именно с составления конспекта лекций, разработки справочников и методических указаний к выполнению лабораторных работ.

Самостоятельной работе студентов уделяется, как правило, меньше внимания. Обычно при составлении материалов для самостоятельной работы наблюдается две крайности: либо дается очень много информации никак при этом не систематизированной, либо информация недостаточна для самостоятельной проработки наиболее сложных тем курса.

Использование тестов при текущем и модульном контроле знаний студентов - идея далеко не новая. Однако в настоящее время с развитием информационных технологий тестовый контроль становится одним из приоритетных направлений обучения. Тестовый контроль знаний является неотъемлемой частью курсов дистанционного образования.

Интенсификация процесса обучения связана с теми достижениями технического прогресса, которые вторгаются в жизнь каждого человека и требуют знаний и навыков работы с современными компьютерами.

Дисциплины «Сетевые операционные системы», «Теория операционных систем», «Системное программирование и операционные системы» входят в программу подготовки 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».

Предлагаемая в данной работе методика составления тестов основана с одной стороны на знаниях, полученных при изучении различных языков программирования, с другой стороны – на знании технологии компонентной модели объектов (Component Object Model, COM). COM – это архитектура, где используются процессы, потоки, механизмы управления памятью, динамически подключаемые библиотеки, локальная память потоков, Unicode и многое другое.

Система оценки знаний по тестам базируется на комплексных заданиях, рассчитанных на суммарный объем 60 баллов. Каждая задача в задании может быть оценена от 1 до 5 баллов.

Критерии оценки отдельных задач определяются в зависимости от возможных вариантов оценивания задачи.

Для перевода результатов экзамена в четырехбалльную систему оценок используется следующая шкала:

- 0-30 баллов – неудовлетворительно,
- 31-40 баллов – удовлетворительно,
- 41-50 баллов – хорошо,
- 51-60 баллов – отлично.

Любая современная операционная система (ОС) представляет собой сложный многофункциональный комплекс задач. Изучение ОС необходимо начинать с самого низкого уровня, с целью получения четкого представления о базовых сервисах операционной системы.

В данной работе изложена лишь незначительная часть тем, связанных с особенностями построения и функционировании операционных систем. При разработке тестов весь материал был разделен на отдельные темы, такие как назначение и функции операционной системы, архитектура операционной системы, процессы и потоки, управление памятью, ввод-вывод и файловая система, сетевые службы, сетевая безопасность.

Внутри каждой темы выделены основополагающие понятия, вопросы к ним образовали нижний уровень тестов. Более углубленной проработке темы соответствует средний уровень тестов. Самые сложные вопросы, например синхронизация процессов и потоков (тема «Процессы и потоки») или кэширование данных (тема «Управление памятью») образовали верхний уровень тестов.

Оценка в баллах подбиралась таким образом: нижнему уровню тестов соответствует 1-2 балла, среднему – 3-4 балла, верхний уровень представлен 5-тибалльными тестами.

В некоторые темы включены задачи, оценка которых составляет 3 – 4 балла. При решении задач предполагается не только получение численного результата, но и обоснование выбранного метода решения задачи.

Примеры тестов нижнего уровня:

Вопрос: функции ОС по управлению памятью.

Функции операционной системы обычно группируются либо в соответствии с типами локальных ресурсов, которыми управляет ОС, либо в соответствии со специфическими задачами, применимыми ко всем ресурсам.

ТЕСТ: Какие из перечисленных функций выполняет подсистема управления памятью?

Ответы:

- 1) Выделение памяти процессам;
- 2) Создание и уничтожение процессов;
- 3) Отслеживание свободной и занятой памяти;
- 4) Преобразование символьных имен файлов в физические адреса данных на диске.

Вопрос: структурная организация ОС.

Функциональная сложность операционной системы неизбежно приводит к сложности ее архитектуры, под которой понимают структурную организацию ОС на основе различных программных модулей.

ТЕСТ: Операционная система состоит из иерархии слоев. Определить последовательность слоев ядра ОС, начиная с наиболее низкого.

Варианты ответов:

- 1) менеджеры ресурсов;
- 2) базовые механизмы ядра;
- 3) средства аппаратной поддержки ОС;
- 4) интерфейс системных вызовов;
- 5) машинно-зависимые компоненты ОС.

Вопрос: страничная реализация виртуальной памяти.

Виртуальное адресное пространство каждого процесса и вся оперативная память делятся на части одинакового размера, называемые страницами. Размер страницы выбирается равным степени двойки, что позволяет упростить механизм преобразования адресов.

ТЕСТ: Размер страницы оперативной памяти выбирается кратным:?

Варианты ответов:

- 1) десяти;
- 2) шестнадцати;
- 3) степени двойки;
- 4) ста.

Примеры тестов среднего уровня:

Вопрос: типы адресов

Как правило, в современных операционных системах коды и данные процессов загружаются в оперативную память такими, какими они получаются после компиляции и компоновки программ. При этом для идентификации переменных и команд на разных этапах жизненного цикла программы используются различные типы адресов, различие между которыми показано в следующем тесте:

ТЕСТ: Дайте определение для разных типов адресов.

Варианты ответов:

- 1) Символьные адреса (имена);
- 2) Виртуальные адреса ;
- 3) Физические адреса;
- a) математические или логические адреса, которые вырабатывает транслятор, который переводит программу на машинный язык;
- b) адреса, которые отвечают номерам дорожек и секторов дисковой памяти, где в действительности расположены или будут расположенные сменные и команды;
- c) адреса, которые отвечают номерам ячеек оперативной памяти, где в действительности расположены или будут расположенные сменные и команды;
- d) имена, которые присваивает пользователь при написании программы на языке программирования;

Вопрос: структура таблиц страниц, разделов, сегментов.

Для каждого процесса ОС создает таблицу страниц, а при сегментно-страничной реализации – еще и таблицу сегментов, содержимое которых отражено в следующем тесте:

ТЕСТ: Какие характеристики содержит таблица сегментов и таблица страниц при сегментно-страничной организации памяти?

Варианты ответов:

1. таблица страниц
2. таблица сегментов
- a) номер физической страницы;
- b) базовый физический адрес сегмента;
- c) размер сегмента;
- d) базовый виртуальный адрес сегмента;
- e) правила доступа;
- f) признаки модификации, присутствия и обращения.

Вопрос: режим работы ядра ОС.

Микроядерная архитектура является альтернативой классическому способу построения ОС. При этом часть модулей ОС работает в пользовательском режиме, что улучшает расширяемость системы, ее переносимость и надежность.

ТЕСТ: Поставьте в соответствие тип архитектуры операционной системы и модули, которые работают в привилегированном режиме.

Варианты ответов:

- 1) классическая архитектура ;
- 2) микроядерная архитектура.
 - a) обработчики прерываний;
 - b) менеджер файловой системы;
 - c) утилиты;

- d) диспетчеры процессов;
- e) компиляторы;
- f) менеджер виртуальной памяти;
- g) библиотеки математических функций;
- h) текстовые и графические редакторы;
- i) менеджер ввода-вывода;
- j) менеджер безопасности.

Примеры тестов верхнего уровня:

Вопрос: свопинг и виртуальная память.

Суммарный объем памяти, занимаемый одновременно выполняющимися процессами, может существенно превосходить имеющийся объем оперативной памяти. Однако, в любой момент времени активным является только один процесс, коды которого выполняются процессором. Остальные процессы либо приостановлены в ожидании завершения ввода-вывода или освобождения ресурсов, либо находятся в состоянии готовности и стоят в очереди к процессору. Образы таких неактивных процессов могут быть временно, до следующего цикла активности, выгружены на диск. Такая подмена оперативной памяти дисковой носит название виртуальной памяти.

ТЕСТ: *Краткое содержание:*

Влияние на уровень мультипрограммирования, образы процессов, подкачка с диска.

Вопрос: оптимизация времени на преобразование адресов.

Память является важнейшим ресурсом, требующим тщательного управления со стороны мультипрограммной операционной системы. Память распределяется как между модулями прикладных программ, так и между модулями самой ОС. Коды и данные процессов загружаются в оперативную память такими, какими они получаются после компиляции и компоновки программ, что требует трансляции адресов во время выполнения программы. Оптимизация времени трансляции адресов достигается как аппаратными, так и программными способами.

ТЕСТ: *Краткое содержание:*

Аппаратное преобразование с использованием сдвига и конкатенации, частота страничных прерываний, кэширование таблицы страниц.

Вопрос: алгоритмы планирования процессов и потоков.

Подсистема управления процессами и потоками занимается их созданием и уничтожением, поддерживает взаимодействие между ними, а также распределяет процессорное время между несколькими одновременно существующими в системе процессами и потоками. На протяжении существования процесса выполнение его потоков может быть многократно прервано и продолжено. Переход от выполнения одного потока к другому осуществляется в результате планирования с использованием различных алгоритмов.

ТЕСТ: *Краткое содержание:*

Вытесняющие и невытесняющие алгоритмы, влияние на надежность ОС, достоинства и недостатки разных классов алгоритмов.

Пример задачи:

Вопрос: схема преобразования виртуального адреса в физический.

Виртуальный адрес при страничной реализации может быть представлен в виде пары (p,s) где p – порядковый номер виртуальной страницы процесса, а s – смещение в пределах виртуальной страницы. Физический адрес также может быть представлен в виде пары (n,s) где n – порядковый номер физической страницы, а s – смещение в пределах физической страницы. Смещения в виртуальной и физической страницах равны между собой. Так как размер страницы выбирается равным степени двойки, смещение s может быть получено простым отделением k младших разрядов в двоичной записи адреса. Оставшиеся старшие разряды адреса представляют собой двоичную запись номера страницы – виртуальной или физической.

Пусть в некоторой программе, работающей со страничной организацией памяти, произошло обращение по виртуальному адресу 032856. преобразуйте этот адрес в физический, учитывая, что размер страницы равен 4096 байтов и что таблица страниц данного процесса содержит следующий фрагмент:

Номер виртуальной страницы	Номер физической страницы
0000	0101
0001	0010
0010	0011
0100	0111

Выводы

1. С развитием информационных технологий тестовый контроль становится одним из приоритетных направлений обучения. Тестовый контроль знаний является неотъемлемой частью курсов дистанционного образования.

2. Разработанный подход составления тестов для таких сложных компьютерных дисциплин как «Сетевые операционные системы», «Теория операционных систем», «Системное программирование и операционные системы» был опробован на кафедре программного обеспечения компьютерных систем НГУ при оценке знаний бакалавров по направлению 0804 «Компьютерные науки», что позволяет рекомендовать его для более широкого внедрения в учебный процесс.

3. Для включения разработанных тестов в дистанционные курсы на платформе Learning Space необходимо продумать форму и критерии оценки для пятибалльных тестов и задач.

Литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А.. Сетевые операционные системы. - СПб.: Питер, 2001.
2. Рихтер Дж. Windows для профессионалов: создание эффективных Win-32 приложений с учетом специфики 64-разрядной версии Windows. Пер. с англ. – 4-е изд. – СПб: Питер; М: Издательско-торговый дом «Русская редакция», 2001.
3. Фельдман С.К. Системное программирование. М: Издательский дом «Альянс-пресс», 2003.

*Рекомендована к публикации д.т.н. Слесаревым В.В.
Поступила в редакцию 25.06.07*

ПЛАНИРОВАНИЕ ОСТАНОВКИ ЛИНИИ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХРАНЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ШТРЕКОВ

Приведены результаты анализа напряженно-деформированного состояния породного массива охранного угольного целика при различном расположении линии остановки очистного забоя относительно охраняемой горной выработки.

Наведено результати аналізу напружено-деформованого стану породного масиву охоронного вугільного цілику при різному розміщенні відносно лінії зупинки очисного вибою щодо гірничої виробки, що охороняється.

The results of the analysis tool for study of laws of evolution of intense-deformed condition rock of a file, containing coal whole at crossing by its mountain mine working are given.

Необходимой и важной информацией для технологической службы шахты при проектировании места заложения выработок является сведения о напряженно-деформированном состоянии (НДС) вмещающих пород, включающие данные о параметрах пересекаемых зон повышенного горного давления (ПГД). Область породного массива, подверженная влиянию опорного давления приурочена к приграничной зоне краевых частей разрабатываемого угольного пласта. Эти зоны формируются вдоль контура очистных работ.

Целики, оставляемые по технологическим или геологическим причинам характеризуются концентрацией ещё более высоких напряжений. При их пересечении горными выработками эти качества проявляются в виде значительных вертикальных смещений крепи.

На шахтах Западного Донбасса существует актуальная проблема, связанная с охраной магистральных выработок, которые располагаются и поддерживаются в сложных и постоянно изменяющихся горно-геологических условиях. Эти условия характеризуются тремя ключевыми формами геомеханического состояния породного массива, которые эволюционируют в следующем порядке: «не тронутый горными работами породный массив – краевая часть – целик». Каждой форме соответствует напряженное состояние, которое по оценкам различных исследователей согласно гравитационной гипотезы оцениваются величинами:

$$\gamma \cdot H \rightarrow 2-5 \gamma \cdot H \rightarrow 7-20 \gamma \cdot H$$

При проектировании выработок следует принимать во внимание указанную последовательность эволюции НДС пород вмещающего массива, учитывая, что охранный целик формируется не сразу, а в течение определенного времени в соответствии с календарным планом ведения очистных работ.

Принято считать, что оставление предохранительных целиков у выработок главного направления является наиболее простым и достаточно эффективным средством защиты выработок от влияния очистных работ [2]. Ширина целика в основном зависит от горно-геологических условий и технологических параметров очистных работ.

В настоящее время накоплен значительный опыт определения ширины целиков в зависимости от глубины разработки и крепости пород [3, 4, 5], но как показывает практика, с увеличением глубины их защитная функция существенно снижается. Актуальность охраны выработок главного направления возрастает с уменьшением крепости пород и увеличением глубины ведения работ. Для условий глубоких шахт им. Героев Космоса и "Западно-Донбасская" ОАО "Павлоградуголь", где крепость вмещающих пород составляет 10-30 МПа, а глубина работ более 300м ширина охранных целиков должна достигать 100-150м. Только для охраны выработок главного направления необходимо отнести в потери 25-35% запасов угля. При этом увеличение размеров охранных целиков до 150м ожидаемого эффекта фактически не дало.

Поэтому вопрос защиты выработок при оставлении оптимальных размеров охранных целиков является весьма актуальным. В настоящей работе выполнена оценка суммарных вертикальных деформаций породного массива, которые накопились после окончания очистных работ на смежных пластах C_{10}^B и C_{11} шахты им. «Героев Космоса» ОАО ГП «Павлоградуголь». Эта информация позволила оценить исходное НДС пород в районе проектируемой линии остановки очистных работ 951-й лавы и найти обоснованное инженерное решение для определению размеров охранных целика на пл. C_9 при сооружении 2-го Восточного магистрального откаточного штрека по пл. C_{10}^B гор. 370м, в районе влияния обрабатываемой 951-й лавы (рис. 1).

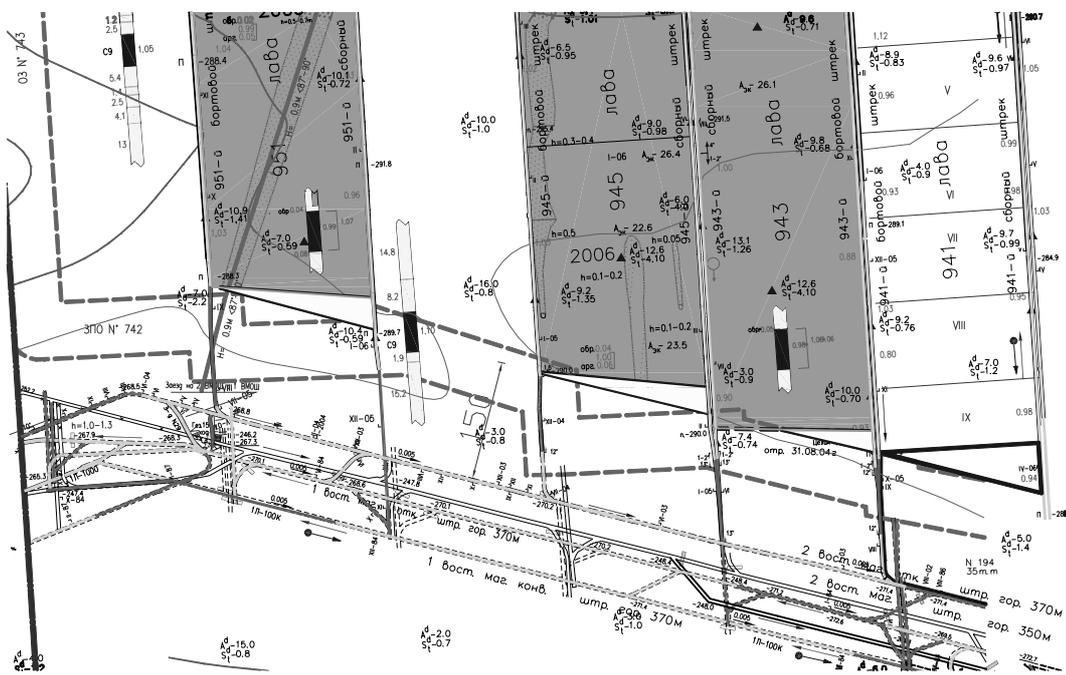


Рис. 1. Выкопировка с плана горных работ пл. C_9 , шах. им. Героев Космоса

В настоящее время на шахте им. «Героев Космоса» обрабатываются пласты C_{10}^B и C_{11} в уклонном и бремсберговом полях одновременно и пласт C_9 в бремсберговом поле восточного крыла блока №1.

Для подготовки пластов в середине шахтного поля от квершлагов горизонтов 350 и 370 м были пройдены соответственно магистральные вентиляционный (по пласту C_{11}), откаточный и конвейерный (по пласту C_{10}^B) штреки. Указанные выработки разделили шахтное поле на уклонную и бремсберговую части.

Полное представление о распределении суммарных вертикальных деформаций от трех пластов получено в результате прогнозной оценки распределения суммарной величины вертикальных деформаций в приграничной зоне краевой части пласта C_9 , с учетом влияния охранного целика и краевой части разрабатываемых угольных пластов C_{10}^B и C_{11} , соответственно.

Оценка выполнена по методике, разработанной в [5]. На рис. 2. показаны диаграммы распределения вертикальных относительных деформаций в зоне опорного давления на разрабатываемых пластах C_9 , C_{10}^B и C_{11} :

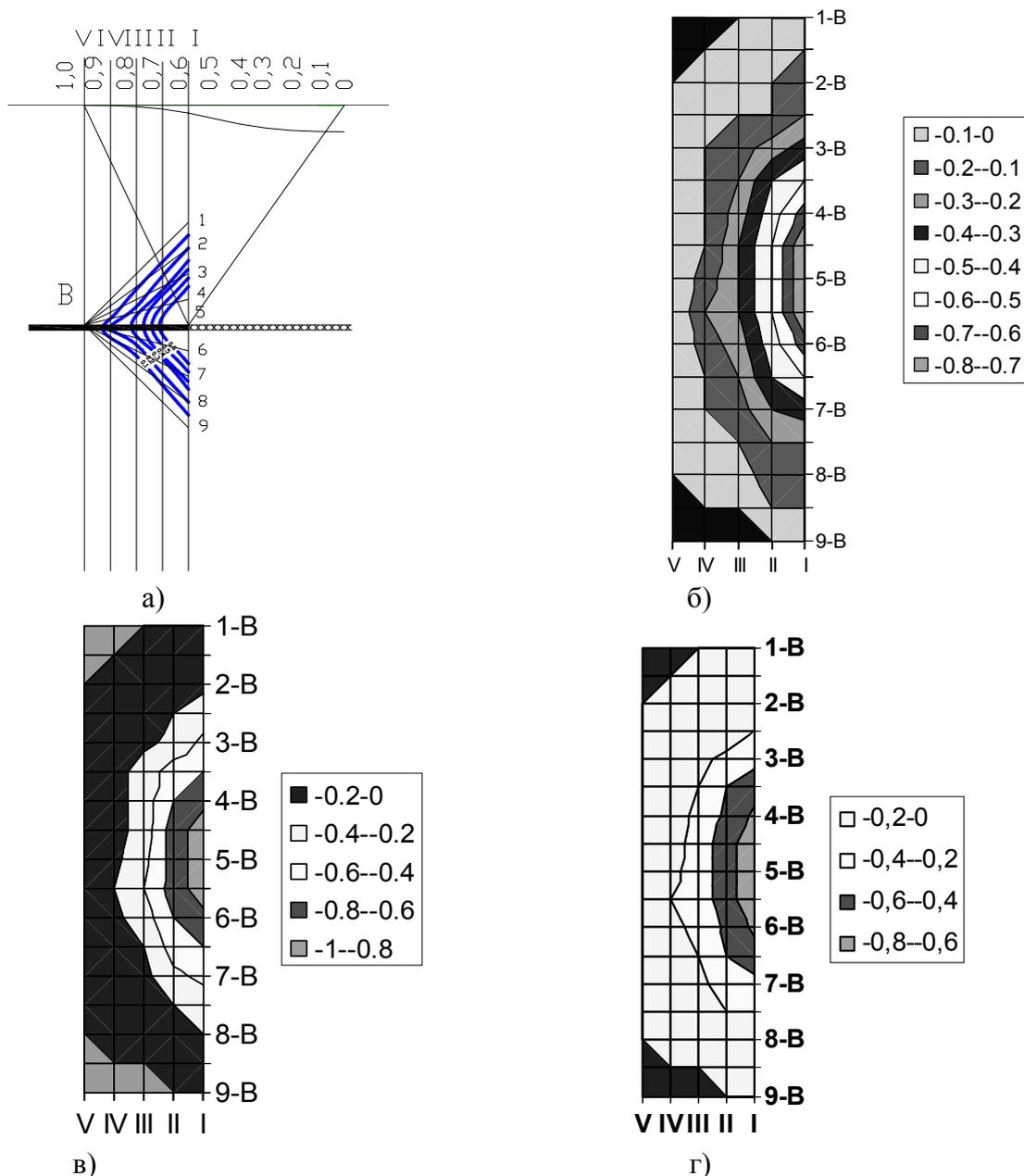


Рис. 2. Диаграммы распределения вертикальных относительных деформаций в зоне опорного давления на разрабатываемых пластах:
а) схема расчета; б) пласт C_9 ; в) пласт C_{10}^B ; г) пласт C_{11} .

Геометризация распределения вертикальных деформаций по каждому пласту позволила получить количественную характеристику участков породного массива в районе размещения 2-го Восточного магистрального откаточного штрека по пл. С₁₀^В гор. 370м и визуальное представление о складывающейся геомеханической ситуации при различной удаленности проектируемой линии остановки очистного забоя 951-й лавы. Проведенные исследования позволили инженерной службе шахты принять обоснованное решение о месте остановки 951-й лавы.

Литература

1. Khalimendik Yu., Begichev S. About necessity of a complete mining of coal reserves with maintenance of mine workings. 8-th National Mine Surveying Conference. Sunny Beach, Bulgaria. 2001. – Pg. 125-132.
2. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Метод. указания. КД 12.01.01.201-98. – К., 1998. Руководящий нормативный документ Министерства угольной промышленности Украины. "Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах". Методические указания. КД 12.01.01.201 – 98. Издание официальное. Минуглепром Украины. Киев, 1998.
3. Руководящий нормативный документ Государственного департамента угольной промышленности Министерства топлива и энергетики Украины. "Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35". Руководство КД 12.01.01.503 – 2001. Издание официальное. Минтопэнерго Украины. Киев, 2002.
4. Инструкция по поддержанию горных выработок на шахтах Западного Донбасса. ВНИМИ. Санкт-Петербург-Павлоград, 1984г.
5. Бегичев С.В., Крамарь Н.А. Геометризация распределения прогнозных вертикальных деформаций в зоне опорного давления. Віснике КТУ. Кр. Ріг, №14, 2006

*Рекомендована к публикации д.т.н. Роечко А.М.
Поступила в редакцию 25.06.07*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексеев Александр Михайлович – аспирант кафедры системного анализа и управления НГУ, г. Днепропетровск

Андрейчук Сергей Владимирович – студент НГУ, г. Днепропетровск

Ахметшин Александр Мубаркович – доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры АСОИ ДНУ, г. Днепропетровск

Ахметшина Людмила Георгиевна – кандидат техн. наук, доцент кафедры ЭВМ ДНУ, г. Днепропетровск

Бабенко Татьяна Васильевна – кандидат техн. наук, директор информационного компьютерного комплекса НГУ, г. Днепропетровск

Баранов Юрий Дмитриевич – горный инженер, генеральный директор Вольногорского ГМК, г. Вольногорск

Бегичев Сергей Викторович – кандидат техн. наук, доцент кафедры маркшейдерии НГУ, г. Днепропетровск

Бескровный Всеволод Иванович – кандидат техн. наук, доцент кафедры аэрологии и охраны труда НГУ, г. Днепропетровск

Бойко Владимир Александрович – доктор техн. наук, профессор кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Бойко Олег Александрович – ассистент кафедры автоматизации и компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Вагонова Александра Григорьевна – доктор эконом. наук, профессор кафедры прикладной экономики НГУ, г. Днепропетровск

Головченко Анатолий Семенович – кандидат техн. наук, доцент, декан факультету довузівської освіти МІБО НГУ, м. Дніпропетровськ

Дмитриев Валерий Иванович – старший препод. кафедры системного анализа и управления НГУ, г. Днепропетровск

Евдокименко Николай Федорович – старший научный сотрудник лаборатории промышленной экологии ГП «НИИБТГ», г. Кривой Рог

Егоров Артем Александрович – старший препод. кафедры АСОИ ДНУ, г. Днепропетровск

Жиленко Микола Иванович – кандидат с.-г. наук, доцент Дніпропетровського державного аграрного університету

Зберовский Александр Владиславович – доктор техн. наук, руководитель учебно-научного Центра горных информационных технологий НГУ, г. Днепропетровск

Иконников Максим Юрьевич – аспирант кафедры аэрологии и охраны труда НГУ, г. Днепропетровск

Ишков Валерий Валерьевич – кандидат геол.-мин. наук, зав. каф. минералогии и петрографии НГУ, г. Днепропетровск

Кабаченко Ирина Леонидовна – доцент кафедры психологии менеджмента и языковой подготовки НГУ, г. Днепропетровск

Климова Татьяна Владимировна - старший препод. кафедры управления проектами Национальная Metallургическая академия Украины, г. Днепропетровск

Коваленко Александр Николаевич – кандидат техн. наук, доцент кафедры системного анализа и управления НГУ, г. Днепропетровск

Кожемяко Сергей Васильевич – горный инженер, главный маркшейдер ш. им. Героев Космоса

Козакевич Олег Петрович – младший научный сотрудник учебно-научного Центра горных информационных технологий НГУ, г. Днепропетровск

Козырь Светлана Васильевна – ассистент кафедры системного анализа и управления НГУ, г. Днепропетровск

Комиссаров Валерий Федорович – кандидат техн. наук, доцент кафедры менеджмента НГУ, г. Днепропетровск

Котляров Александр Константинович – кандидат техн. наук, председатель правления-директор ОАО "Красный металлист", г. Конотоп

Крамарь Наталья Александровна – студентка НГУ, г. Днепропетровск

Кременчуцкий Николай Феофанович – доктор техн. наук, профессор кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Литвин Олена Вікторівна – завідувача підготовчим відділенням факультету довузівської освіти МІБО НГУ, м. Дніпропетровськ

Литвиненко Анатолий Арсентьевич – кандидат техн. наук, доцент кафедры аэрологии и охраны труда НГУ, г. Днепропетровск

Логунов Даниил Михайлович – заведующий лабораторией кафедры геодезии НГУ, г. Днепропетровск

Лысенко Владимир Геннадиевич – горный инженер, начальник цеха горно-технологического транспорта Вольногорского ГМК, г. Вольногорск

Марченко Владимир Григорьевич - ассистент кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Марченко Вячеслав Владимирович – студент НГУ, г. Днепропетровск

Мацюк Ирина Михайловна – ассистент кафедры программного обеспечения ЭВМ НГУ, г. Днепропетровск

Мещеряков Леонид Иванович – кандидат техн. наук, доцент кафедры программного обеспечения компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Мішак Тарас Васильович – аспірант кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва Інституту економіки і менеджменту Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів

Новодранова Виктория Анатольевна – старший препод. кафедры программного обеспечения компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Новодранова Наталья Александровна – ассистент кафедры программного обеспечения компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Орловский Евгений Сергеевич – студент НГУ, г. Днепропетровск

Пикар Сергей Николаевич – кандидат техн. наук, доцент кафедры высшей математики НГУ, г. Днепропетровск

Пушкарь Михаил Семенович – кандидат техн. наук, доцент кафедры АКС НГУ, г. Днепропетровск

Руссу Андрей Юрьевич – аспирант кафедры программного обеспечения компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Рыбалко Анатолий Яковлевич – кандидат технических наук, профессор кафедры систем электроснабжения НГУ, г. Днепропетровск

Рыженко Анна Сергеевна – студентка НГУ, г. Днепропетровск

Саволей Ирина Петровна – ассистент кафедры системного анализа и управления НГУ, г. Днепропетровск

Свірська Оксана Богданівна – старший викладач кафедри маркетингу Інституту підприємництва та перспективних технологій при Національному університеті «Львівська політехніка», м. Львів

Синчук Юлия Алексеевна – студентка НГУ, г. Днепропетровск

Слесарев Владимир Викторович – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой системного анализа и управления НГУ, г. Днепропетровск

Собко Борис Ефимович – кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник учебно-научного Центра горных информационных технологий НГУ, г. Днепропетровск

Столбченко Елена Владимировна – ассистент кафедры АОТ НГУ, г. Днепропетровск

Сурин Станислав Алексеевич – студент кафедры АКС НГУ, г. Днепропетровск

Ткаченко Сергей Николаевич - кандидат техн. наук, доцент кафедры автоматизации и компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Тыщук Владимир Юрьевич – кандидат техн. наук, заведующий лабораторией промышленной экологии ГП «НИИБТГ», г. Кривой Рог

Уланова Наталья Петровна – кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры высшей математики НГУ, г. Днепропетровск

Харитонов Микола Миколайович – кандидат с.-г. наук, доцент Дніпропетровського державного аграрного університету

Харченко Николай Владимирович – студент НГУ, г. Днепропетровск

Шаруда Владимир Гаврилович – кандидат техн. наук, профессор кафедры автоматизации и компьютерных систем НГУ, г. Днепропетровск

Швачич Геннадий Григорьевич – кандидат техн. наук, заведующий кафедрой Национальной металлургической академии Украины, г. Днепропетровск

Шмукин Александр Александрович – кандидат физ.-мат. наук, доцент Национальной металлургической академии Украины, г. Днепропетровск

Шпилев Игорь Владимирович – студент НГУ, г. Днепропетровск

Юрченко Аннета Анатольевна – ассистент кафедры экологии НГУ, г. Днепропетровск

Яшина Елена Сергеевна - кандидат техн. наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Национальный аэрокосмический университет, г. Харьков

СОДЕРЖАНИЕ

1.	В.В. Ишков Особенности распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в основных угольных пластах по разрезу Красноармейского геолого-промышленного района Донбасса.....	5
2.	В.И. Дмитриев Исследования динамических характеристик спирали классификатора для задач автоматического контроля.....	14
3.	Т.В. Бабенко Синтез моделей для прогнозування браку керамічних напівфабрикатів.....	25
4.	Л.И. Мещеряков, Е.С. Орловский, Ю.А. Синчук, С.В. Андрейчук Технологии XML при генерации и представлении структурных данных в Интернет-ресурсах	29
5.	Т.В. Мішак, О.Б. Свірська Використання методів DATA MINING при проведенні маркетингових досліджень	32
6.	Е.С. Яшина, Т.В. Климова Математические модели формирования портфеля проектов, имеющих длительный жизненный цикл, для предприятий машиностроения.....	39
7.	С.В. Козырь Подсистема принятия решений системы связанного управления непрерывными технологическими объектами	48
8.	А.В. Зберовский, Б.Е. Собко, О.П. Козакевич, Ю.Д. Баранов, В.Г. Лысенко, В.В. Марченко Разработка информационной подсистемы мониторинга работы горного производства Вольногорского ГМК	56
9.	Л.И. Мещеряков, В.В. Марченко, С.Н. Пикар, В.И. Бескровный, В.Ф. Комиссаров Основные подходы к разработке программного обеспечения для расчета аномальных ошибок фазовых измерений в спутниковых навигационных системах	62
10.	В.В. Слесарев, А.Н. Коваленко, А.М. Алексеев Система интеллектуальной поддержки принятия решений при ликвидации последствий аварий на шахтах.....	67
11.	Г.Г. Швачич, А.А. Шмукин К вопросу конструирования и моделирования алгоритмов построения граничных условий в задачах тепло- и массообмена для неограниченных областей	75
12.	Н.Ф. Кременчуцкий, Е.В. Столбченко К вопросу расчета параметров вентиляционных систем местного проветривания	85
13.	А.К. Котляров Особенности формирования взрывоопасной среды в горных выработках шахт	91
14.	Л.Г. Ахметшина, А.М. Ахметшин, И.М. Мацюк Метод автосегментации низко контрастных изображений как задача синтеза цифрового гребенчатого фильтра с запаздывающей обратной связью	99
15.	А.А. Егоров Динамическое сжатие и преобразование функции принадлежности в алгоритмах нечеткой кластеризации	104
16.	А.Г.Вагонова К вопросу о выборе рациональной формы воспроизводства в угольной промышленности.....	111

17.	М.М. Харитонов, М.І. Жиленко Ефективність тришарової моделі рекультивациі для стримування вертикальної міграції солей з шахтних відвалів	121
18.	М.С. Пушкарь, С.А. Сурин Использование механоэлектрических методов для прогноза выбросоопасных ситуаций в горных выработках.....	126
19.	И.П. Саволей, А.Н. Коваленко Математическая модель и алгоритмы управления воздухораспределением в вентиляционных системах шахт посредством пассивных регуляторов	134
20.	В.Г. Шаруда, М.Ю. Иконников Математическая модель управления проветриванием добычного участка угольной шахты	143
21.	В.А. Бойко, О.А. Бойко Графоаналитический способ определения величины естественной тяги в глубоких шахтах Донбасса	150
22.	В.Ю. Тыщук, Н.Ф. Евдокименко Определение удельных выбросов загрязняющих веществ при производстве массовых взрывов в карьерах .	158
23.	А.А. Юрченко, А.А. Литвиненко Защита атмосферного воздуха от пылегазовых выбросов железорудных шахт после массовых взрывов.....	164
24.	В.А. Бойко, В.Г. Марченко, Д.М. Логунов Альтернативные источники энергии глубоких шахт Донбасса и пути их использования для нормализации тепловых условий в горных выработках.....	168
25.	А.Я. Рыбалко, Н.П. Уланова, Л.И. Мещеряков, А.Ю. Руссу Информационное наполнение дистанционного курса “Основы искусственного интеллекта”	178
26.	С.Н. Ткаченко И.В. Шпилев Применение виртуальных машин для построения сети с виртуальным WEB-сервером в локальной сети учебной лаборатории	184
27.	М.В. Харченко Обґрунтування і розробка ефективної моделі системи дистанційного навчання	188
28.	А.С. Головченко, О.В. Литвин Дослідження сформованості професійного самовизначення старшокласників	193
29.	И.Л. Кабаченко Обучение научно-техническому переводу	201
30.	В.А. Новодранова, Н.А. Новодранова Системный подход составления тестов сложных компьютерных дисциплин.....	209
31.	С.В. Бегичев, С.В. Кожемяка, Н.А. Крамарь, А.С. Рыженко Планирование останковки линии очистных забоев для повышения эффективности охраны магистральных штреков.....	215
32.	Сведения об авторах	219

**Збірник наукових праць
Національного гірничого університету
№ 28**

Підготовлено до видання і відруковано в
редакційно-видавничому комплексі НГУ:
49005, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19
Підписано до друку 06.07.05 р. Формат 60x84/16
Умов.друк.арк. 11,2. Ум.-вид. арк. 11,2.
Тираж 100 екз. Замовлення № 995