

**Список літератури**

1. Щербань А.Н., Кремнев О.А., Журавленко В.Я. Руководство по регулированию теплового режима шахт. – М.: Недра, 1977. – 359 с.
2. Воропаев А.Ф. Тепловое кондиционирование рудничного воздуха в глубоких шахтах. М: Недра, 1979. – 192 с.
3. Кремнев О.А., Журавленко В.А. Тепло- и массообмен в горном массиве и подземных сооружениях. Киев: Наук. думка, 1986. – 344 с.
4. Добрянский Ю. Н. Расчёт тепловлажностных режимов подземных объектов на ЭВМ. – Киев: Наук. думка, 1991. – 112 с.

На основі теоретичних досліджень методів теплових розрахунків і аналізу нестационарних термодинамічних процесів у гірничих виробках, ускладнених дією різних джерел і стоків тепла і вологи, викладено нове обґрунтування розрахунку коефіцієнта нестационарного теплообміну між гірничим масивом і вентиляційним струменем. Виявлено, що коефіцієнт не-

стационарного теплообміну не залежить від чисел  $Bi > 5$  і визначається тільки критерієм Фур'є.

**Ключові слова:** *гірничі виробки, коефіцієнт нестационарного теплообміну, критерій Фур'є, теплові розрахунки*

On the basis of theoretical research of methods for thermal calculations and analysis of thermodynamics transients in the mining sites complicated by the action, different sources and flows of heat and moisture, the new ground for calculating the coefficient of non-stationary heat exchange between a mountain range and vent stream has been presented. It has been exposed, that the coefficient of non-stationary heat exchange does not depend on numbers  $Bi > 5$  and determined only by the criterion of Fourier.

**Keywords:** *mining site, coefficient of non-stationary heat exchange, Fourier criterion, thermal calculations*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком 01.06.10*

УДК 622.232:72.007.2:622.86

© Булат А.Ф., Шевченко В.Г., 2010

**А.Ф. Булат, В.Г. Шевченко**

**МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГОТОВНОСТІ СИСТЕМ „ГІРНИКИ – ОЧИСНИЙ КОМПЛЕКС“ ДО ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВУГЛЕВИДОБУТКУ**

**A.F. Bulat, V.G. Shevchenko**

**METHODICAL MAINTENANCE OF DEFINITION OF READINESS OF SYSTEMS COLLIERIES – LONGWALL SET OF EQUIPMENT TO INCREASE OF COAL MINING SAFETY**

Розроблено математичні моделі систем вуглевидобутку з комплексним обліком параметрів гірників і процесів вуглевидобутку; встановлено закономірності комплексного впливу параметрів систем „гірники – очисний комплекс“ на показники надійності, продуктивності і безпеки процесів; розроблено методики комплексної оцінки надійності і безпеки праці гірників, оптимізації режимів очисної виїмки вугілля.

**Ключові слова:** *системи „гірник-очисний комплекс“, безпека вуглевидобутку, моделювання, закономірності, критерії оцінки готовності, науково-технічні принципи, методичні рекомендації*

При стабільному розвитку виїмкової техніки і постійно зростаючої проектної продуктивності очисних комплексів, технологія вуглевидобутку за останні десятиліття істотно не змінилася. Невід'ємною частиною технології комплексно-механізованого вуглевидобутку залишається гірник. Безупинно зростаюча енергооснащеність, швидкість подачі і продуктивність видобувної техніки висувають нові вимоги до гірників, що повинні повною мірою забезпечувати реалізацію її проектних резервів у процесі виїмки вугілля [1–3].

Одними з параметрів властивих підсистемі „людина“ в процесі функціонування основної системи вуглевидобутку „гірники – очисний комплекс“ є біомеханічні і психофізичні характеристики гірників. Процеси відбійки вугілля, подачі очисного комбайна,

переміщення гірників по лаві й керування комбайном знаходяться в постійній взаємодії в просторі й часі, а їхні параметри (гірничотехнічні, технологічні, гірничо-геологічні, біомеханічні й психофізичні характеристики гірників) нерозривно зв'язані. Перед розробниками сучасної очисної техніки і технологій ще на етапі проектування повинні ставитися задачі обліку індивідуальних особливостей гірників та оцінки впливу біомеханічних і психофізичних параметрів на надійність і безпечність процесів видобутку, вирішення питань підготовки й професійного відбору кадрів, здатних ефективно керувати сучасними гірничими машинами і комплексами [4–9].

З погіршенням гірничо-геологічних умов розробки й підвищенням навантаження на лаву виникають позаштатні ситуації з важкими негативними наслідками, а пе-

ршими, хто зіштовхується з ними, є гірники. З розслідувань аварій, аналізу обставин і причин вибухів метану, що відбулися за останні роки, встановлено, що все рідше дають відмовлення застосовувані машини й устаткування, а все частіше домінуючим фактором (причиною) є людський фактор у різних формах і видах [10–14].

Однією з причин високого рівня аварійності й травматизму є відсутність методів розрахунку, що дозволяють враховувати, як на стадії проектування очисних комплексів, так і при їхній експлуатації, вплив параметрів, що характеризують індивідуальні особливості гірників, насамперед досвід, кваліфікацію, вмотивованість, що визначають готовність гірників до виконання технологічних операцій, вік і фізичні кондиції, що визначають здатність відновлювати сили, на безпечність процесу видобутку вугілля.

Тому, встановлення закономірностей комплексного взаємовпливу параметрів систем „гірники - очисний комплекс“ на показники надійності та безпечності процесів вуглевидобутку та розробка методів визначення готовності таких систем до підвищення безпеки є актуальною науково-прикладною проблемою, що має істотне народногосподарське і соціальне значення в галузі охорони праці для зниження рівня аварійності та травматизму на вугільних шахтах.

Мета дослідження – встановити закономірності й розробити методи визначення готовності систем „гірники – очисний комплекс“ до високопродуктивної та безпечної роботи для зниження аварійності і

травматизму на вугільних шахтах. Для досягнення мети вирішувались наступні завдання дослідження: розробити математичні моделі систем вуглевидобутку з комплексним обліком параметрів гірників; виконати експериментальні дослідження біомеханічних, психофізичних параметрів і особливостей особистості гірників; встановити закономірності комплексного впливу параметрів систем „гірники – очисний комплекс“ на показники надійності, продуктивності та безпеки процесів вуглевидобутку; розробити критерії оцінок готовності основних систем до безпечної вуглевидобутку; розробити науково-технічні принципи підвищення готовності системи „гірники – очисний комплекс“ до високопродуктивної і безпечної праці; розробити та впровадити методики і рекомендації з визначення готовності системи „гірники – очисний комплекс“ до підвищення безпеки вуглевидобутку.

Розроблено математичні моделі функціонування підсистем вуглевидобутку, що в комплексі враховують індивідуальні особливості, біомеханічні, психофізичні параметри гірників та технологічні, технічні, гірничо-геологічні, гірничотехнічні параметри:

– вперше розроблено імітаційну модель функціонування системи „ланка гірників – очисний комплекс“ в умовах високонавантаженої лави, що враховує динаміку зміни часу виконання гірниками основних технологічних операцій протягом видобувної зміни в залежності від рівня готовності гірників до виконання технологічних операцій і здатності відновлювати сили (рис. 1);



Рис. 1. Загальна схема моделювання системи „ланка ГРОВ – очисний комплекс“ у процесі виїмки вугілля

– вперше розроблено математичну модель функціонування системи „машиніст – виїмковий комбайн нового технічного рівня“ в умовах високонавантаженої лави, з урахуванням впливу біомеханічних та психофізичних параметрів гірників, інтегрального рівня їх інформованості, якісних характеристик та кількості інформації, що надходить до них, на продуктивність виїмкового комбайну та стругу;

– вперше розроблено математичну модель визначення показників надійності системи керування процесом видобутку вугілля, засновану на розходженнях у характері безперервності участі кожного з елементів системи (машиніст, кріпильник, бригадир, керівництво шахти) в процесі керування;

– вперше розроблено структурну схему-модель, що описує взаємодії основних елементів-ланок під-

систем системи керування процесом видобутку вугілля, засновану на передатних функціях системи керування процесом видобутку вугілля, її підсистем і окремих динамічних ланок (рис. 2);

– вперше розроблено модель системи нечіткого керування процесом видобутку вугілля при невизначеній інформації, засновану на функціях приналежності, що характеризують процес прийняття рішень у підсистемі „керівництво шахти – група високонавантажених лав“ та схема-модель нечіткого регулювання підсистемі „бригадир (диспетчер) – ланка гірників“ у комбайновій і струговій лаві, засновану на правилах нечіткого висновку, що характеризують надійність системи „ланка гірників – очисний комплекс“ у процесі видобутку вугілля (рис. 3).

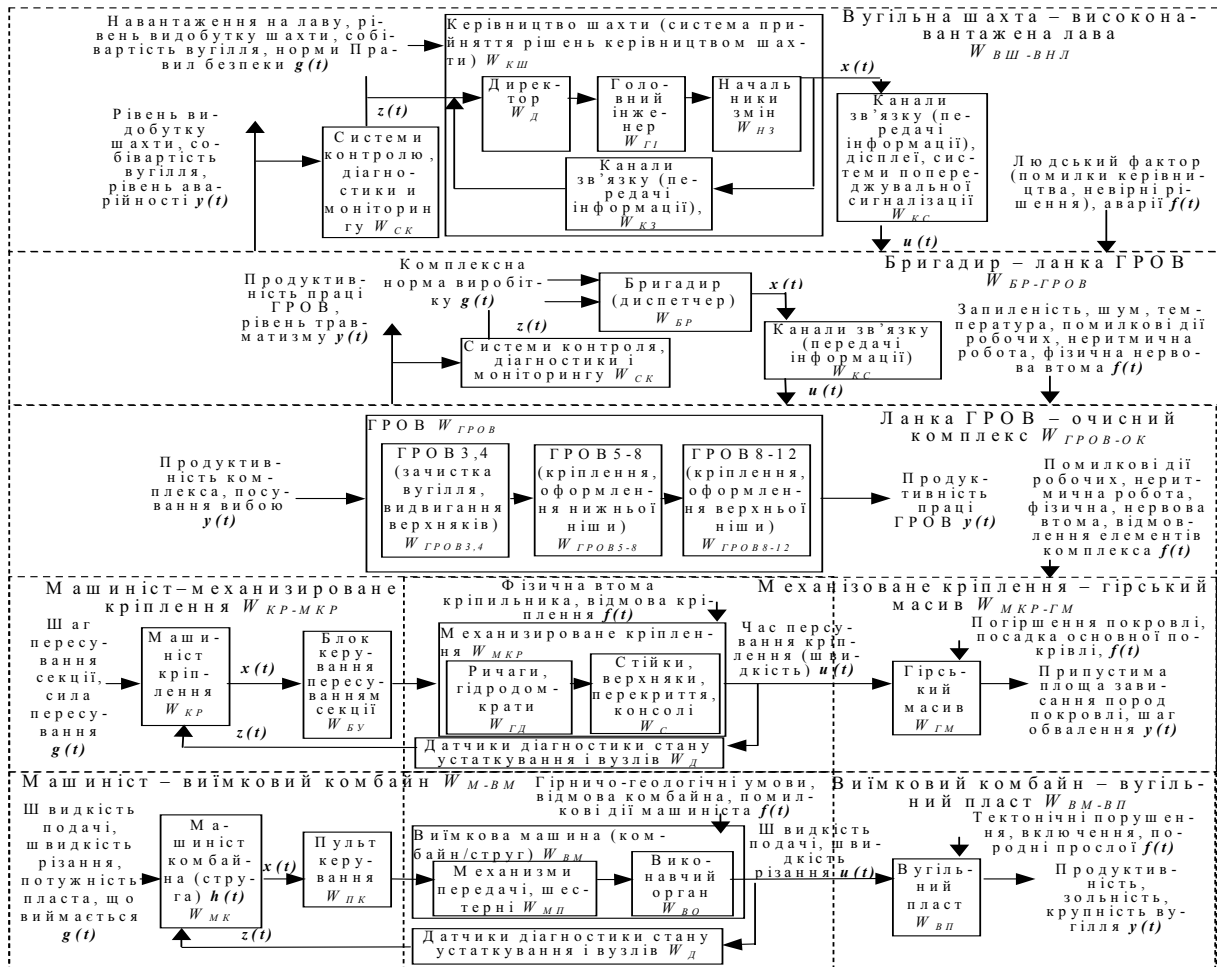


Рис. 2. Узагальнена структурна схема взаємодії основних елементів-ланок підсистем системи керування процесом видобутку вугілля

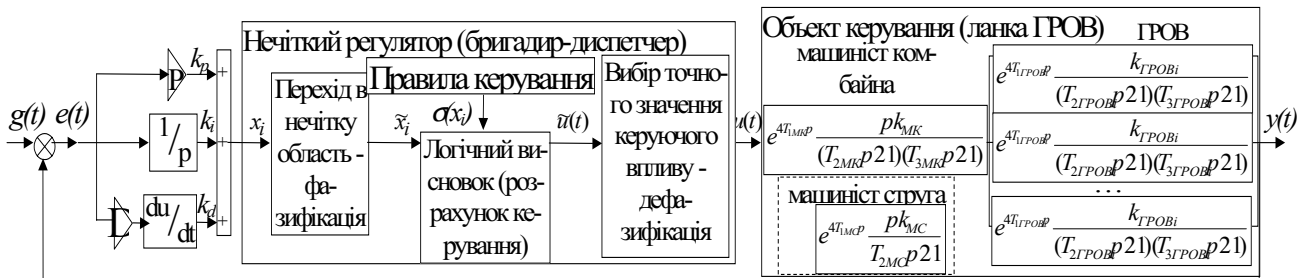


Рис. 3. Схема нечіткого регулювання ланки гірників у комбайновій/струговій лаві

Встановлено закономірності комплексного впливу параметрів систем „гірники – очисний комплекс“ на показники надійності та безпеки процесів вуглевидобутку, основні з яких полягають у наступному:

- коефіцієнт готовності системи „ланка гірників – очисний комплекс“ знаходиться в параболічній залежності від числа і тривалості перерв на відпочинок гірників, а екстремальне значення змінної продуктивності вибою обумовлюється співвідношенням інтегральних коефіцієнтів, що характеризують готовність гірників до виконання технологічних операцій і здатність відновлювати сили, відношення яких характеризує критерій раціонального підбору робітників очисного вибою. Так, для шахт Західного Донбасу, при значенні першого коефіцієнта менше  $-0,1$ , досягається межа продуктивності

за технікою та технологією, а при значенні другого більше  $0,5$  – досягається межа продуктивності за людськими можливостями. При цьому домінуючий вплив на продуктивність мають: кваліфікація, досвід, умотивованість машиністів комбайна і механізованого кріплення, в меншому ступені – продуктивність визначається віком і фізичними кондиціями гірників;

- продуктивність системи „машиніст – виїмковий комбайн нового технічного рівня“ логарифмічно знижується зі збільшенням кількості інформації, що надходить до машиніста, зростає лінійно зі збільшенням ресурсу часу реалізації рішення та показника рівня достовірності інформованості і логарифмічно збільшується зі збільшенням параметра, що характеризує навички, досвід, кваліфікацію машиніста. Так, зі збільшенням кіль-

кості інформації з 10 до 75 біт/с продуктивність зменшується з 0,6 до 0,5 т/хв, а зі зростанням ресурсу часу реалізації рішення з 5 до 15 с, що характеризує підвищення рівня розвитку системи забезпечення безпеки процесу виїмки, зростає з 0,6 до 0,85 т/хв., при цьому час сенсорного періоду реакції, в середньому, в 2–3 рази перевищують час моторного періоду реакції гірників на візуальну та звукову інформацію;

– критерієм економічності функціонування системи „машиніст – виїмковий комбайн“ є мультиплікативна функція показників економічності машиніста і комбайна, яка зростає в квадратичній залежності в 2,7 рази зі збільшенням ширини захвату комбайна з 0,63 до 1 м, а залежність цього критерію від швидкості подачі має межу, обумовлену біомеханічними характеристиками машиніста. При цьому, оптимальна швидкість переміщення машиніста по лаві (для середньостатистичної людини і „ідеальних“ умов зовнішнього середовища) складає: при потужності пласта до 0,9 м (переміщення поповзом) – 12 м/хв; при потужності 0,9–1,4 м (переміщення на колінах) – 16 м/хв; при потужності більш 1,8 м (переміщення в повний зріст) – 50 м/хв.;

– ймовірність досягнення запланованого обсягу видобутку шахти зростає зі збільшенням рівня системи керування процесом видобутку, при цьому зростає роль підсистеми „бригадир – ланка гірників очисного вибою“. Так зі збільшенням числа гірників, контрольованих бригадиром, рівень видобутку знижується в лінійній залежності, а при високому коефіцієнті готовності (завантаженості) та ймовірності безпомилкової роботи бригадира, надійність більш високих підсистем у меншому ступені залежить від чисельності комплексної бригади, так при збільшенні ймовірності безпомилкової роботи бригадира з 0,7 до 1, навантаження на вибій зростає з 920 до 1040 т/змину;

– схема керування процесом видобутку вугілля з нечітким пропорційно-інтегрально-диференціальним регулятором, бригадиром-диспетчером, забезпечує зменшення перерегулювання і знижує час зростання перехідного процесу прийняття рішень гірниками в 2 рази, час регулювання знижується в 1,7 рази для комбайнової лави та в 1,4 рази для стругової. При цьому, для схеми з нечітким регулюванням, при впливі перешкоди типу „білий шум“, середньоквадратичне відхилення часу прийняття рішення майже в 2 рази менше, ніж для схеми без нечіткого регулятора, що поліпшує якість перехідних процесів і скорочує час ухвалення рішення гірниками в процесі видобутку вугілля, а використання нечіткого регулятора дозволяє зробити процес прийняття і реалізації рішення інваріантним до застосовуваної технології (комбайнова/стругова виїмка).

Уперше розроблено й обґрунтовано комплекс критеріїв оцінок надійного та безпечного функціонування високонавантажених лав, як складних технологічних систем, з урахуванням індивідуальних особливостей, психофізичних, біомеханічних параметрів гірників та ймовірності своєчасного і безпомилкового вирішення ними задачі:

– критерій раціонального підбору робітників очисного вибою визначається співвідношенням інтегральних коефіцієнтів  $r_g$  і  $r_y$ , перший з яких характери-

зує здатність робітників відновлювати сили і залежить від віку, фізичних кондицій та інших факторів, що для кожного конкретного робітника збільшують або знижують рівень відновлення сил, другий – готовність до виконання технологічних операцій і залежить від факторів, що для кожного конкретного робітника збільшують або знижують рівень втоми (умовленість, кваліфікація, досвід, прийнята система стимулювання та ін.)

$$k_{ppp} \mid \frac{r_g}{r_y};$$

– в якості критерію надійності роботи системи „машиніст – виїмковий комбайн сучасного технічного рівня“, з урахуванням психофізичних параметрів гірників, запропоновано використовувати ймовірність безвідмовної роботи такої системи, що визначається числом гірників комплексної бригади, показниками повноти, своєчасності і достовірності інформованості, що залежать, у свою чергу, від кількості інформації, що надходить до гірника, часу реалізації рішення, тривалості періоду від моменту початку формування рішення до моменту його закінчення, досвіду, кваліфікації (навичок) гірників, швидкості переробки інформації, емоційного стану, темпераменту особистості, індивідуальних психофізіологічних особливостей

$$P \mid \prod_{i=1}^n P_i \mid \left( 12 \frac{P_i 4 \Pi^4}{\Pi^2 2 \Pi^4} \Delta \frac{D_i 4 D^4}{D^2 4 D^4} \Delta \right) \ln \left( \frac{T_i \ln \left( 2 \frac{I_i}{R_i T_i} \right) 4 T^4 2 / T^2 4 T_{rk}}{2 / T^2 4 T^4 0} \right)$$

де  $\Pi^2$ ,  $\Pi^4$  – максимально доцільний і мінімально припустимий обсяг інформації, необхідний для ухвалення рішення;  $P_i$  – поточний обсяг інформації, отриманий гірником;  $D^2$ ,  $D^4$  – відповідно, максимальний і мінімальний, практично доцільний рівень достовірності інформованості;  $D_i$  – поточна величина достовірності інформованості гірника;  $T^4$ ,  $T^2$  – відповідно, мінімально і максимально можлива тривалість періоду формування рішення;  $R_i$  – темп надходження інформації до пам'яті (прийому інформації пам'яттю), од/с;  $I_i$  – деяка кінцева кількість інформації, що зберігається в пам'яті впродовж досить великого проміжку часу, од;  $T_i$  – постійна часу переробки інформації пам'яттю, с;  $T_{rk}$  – тривалість періоду від моменту початку формування рішення до моменту його реалізації, с;

– в якості критерію економічності переміщення машиніста в процесі виїмки вугілля запропоновано використовувати показник енерговитрат машиніста

на тонну добутої гірської маси (енергетичної вартості тонни гірської маси)

$$\frac{E}{Q} \left| \frac{E}{v_n m r v} \right| \frac{E_0}{m r v} \frac{2 b_1 2 b_2 v_n}{m r v},$$

де  $v_n$  – швидкість подачі комбайна, м/хв;  $m$  – потужність пласта, що виймається, м;  $r$  – ширина захвату комбайна, м;  $v$  – щільність гірської маси, т/м<sup>3</sup>;  $E_0$  – витрати енергії гірника в стані спокою, Вт;  $b_1, b_2$  – коефіцієнти, що характеризують лінійний та квадратичний компоненти реакції організму на навантаження, що переважає в зоні навантажень помірної й великої відносної потужності, та на навантаження, що виникає в зоні великої і субмаксимальної відносної потужності;

– критерієм ефективності процесу виїмки вугілля є показник економічності функціонування системи „машиніст – виїмковий комбайн“, що є мультиплікативною функцією показників економічності машиніста і комбайна

$$KE_{LM} \left| \frac{E}{Q} \right|^{41} H_w^{41} \left| \frac{m r v}{E_0} \frac{2 b_1 2 b_2 v}{v} \Delta \frac{v_n m r v}{60 P_{cm}} \right|,$$

де  $P_{cm}$  – стійка потужність двигунів комбайна, Вт;

– інтегральним показником (критерієм) надійності системи керування процесом видобутку вугілля є ймовірність досягнення запланованого обсягу видобутку при забезпеченні безпеки робіт, що залежить від ймовірності безвідмовної роботи (виконання задачі), коефіцієнта готовності нижніх ланок керування, ймовірності безпомилкової роботи поточної ланки, ймовірності своєчасного рішення задачі, ймовірності виправлення помилкових дій поточною ланкою керування

$$P^i \left| P_0^{i41} 2 \left| 1 4 P_0^{i41} \left( k_2^i / P_{cs}^i \right) 2 \left| 1 4 P_0^i \left( P_{sum}^i \right) \right| \right|;$$

де  $P_0^{i41}$  – ймовірність безвідмовної роботи (виконання задачі) нижньої  $i 4 1$ -ої ланки керування;  $k_2^i$  – коефіцієнт готовності  $i$ -ої ланки керування;  $P_0^i$  – ймовірність безпомилкової роботи  $i$ -ої ланки;  $P_{cs}^i$  – ймовірність своєчасного рішення задачі  $i$ -ою ланкою керування;  $P_{sum}^i$  – ймовірність виправлення помилкових дій  $i$ -ою ланкою керування.

У результаті вперше розроблено методи визначення готовності систем „гірники – очисний комплекс“ до підвищення безпеки вуглевидобутку та науково-технічні принципи підвищення надійності керування комплексом очисних машин у високонавантажених лавах з урахуванням фактору людини. Розроблено методики комплексної оцінки надійності та безпеки праці гірників і оптимізації режимів очисної виїмки вугілля:

– „Методика розрахунку та оцінки впливу параметрів готовності гірників до виконання технологічних операцій і здатності відновлювати сили на продуктивність очисного комплексу при розробці пологих пластів“, яка дозволяє враховувати і давати кількісну оцінку

впливу на продуктивність комплексно-механізованих очисних вибоїв при розробці заходів щодо запобігання аварій і зниження травматизму параметрів, що характеризують готовність гірників до виконання технологічних операцій і здатність відновлювати сили;

– „Методика розрахунку біомеханічних і психофізичних параметрів гірників у високонавантаженої лави“, яка дозволяє давати оцінку впливу біомеханічних і психофізичних параметрів гірників, інтегрального рівня їх інформованості, якісних характеристик і кількості інформації, що надходить до гірників, на надійність і продуктивність виїмкового комбайна та струга;

– „Методика комплексної оцінки показників надійності і якості системи керування процесом видобутку вугілля“, яка дозволяє давати оцінку показників надійності кожного рівня системи керування, порівняльну оцінку й аналіз показників організаційної структури ланки гірників при різних її варіантах: традиційна комбайнова виїмка, стругова виїмка, комбайнова з окремим гірником-бригадиром – диспетчером очисної дільниці, оцінку швидкодії, точності і стійкості системи керування та окремих її елементів-підсистем;

– „Методика розрахунку параметрів нечіткого регулювання роботи ланки гірників у комбайновій і струговій лавах, оцінки надійності системи „ланка гірників – очисний комплекс“ при нечітко заданих вихідних даних“, за допомогою якої при обліку невеликого числа нечітких параметрів і нечітких висновків-правил оцінюється надійність системи „ланка гірників – очисний комплекс“ як перед початком відпрацьовування лави з заданими нечіткими вихідними даними, так і безпосередньо в процесі видобутку вугілля.

Розроблені „Методичні рекомендації з визначення готовності гірника і ланки трудового колективу до високопродуктивної і безпечної роботи“ для застосування на етапах професійного добору гірників для керування новою технікою, вирішення питань підготовки, перестановки кадрів для підвищення продуктивності праці шахтарів та зниження рівня аварійності і травматизму на вугільних шахтах.

Розроблена „Методика комплексної оцінки особливостей особистості гірників і визначення їхньої професійної придатності“, в основу якої покладено розроблені алгоритми дослідження особливостей особистостей гірників і визначення їхньої професійної придатності з урахуванням специфіки професії, для застосування на етапі підбору нових кадрів та оперативного аналізу в процесі їхньої трудової діяльності.

Розроблено „Програму і методику досліджень біомеханічних і психофізичних параметрів працівників вугільної шахти“ та „Методику досліджень біомеханічних характеристик гірників в умовах, наближених до шахтних“.

**Висновки.** У результаті виконаних досліджень розроблено методичне забезпечення визначення готовності систем „гірники – очисний комплекс“ до підвищення безпеки вуглевидобутку.

1. Вперше розроблено математичні моделі систем вуглевидобутку „машиніст – виїмковий комбайн (струг)“, „гірники – очисний комплекс“, „бригадир (диспетчер – ланка гірників)“, „керівництво шахти – група високонавантажених лав“ з комплексним обліком біомеханічних, психофізичних параметрів, віку,

кваліфікації, навичок, особливостей особистості гірників та параметрів процесів вуглевидобутку.

2. Установлено закономірності комплексного впливу параметрів систем „гірники – очисний комплекс“ на показники надійності, продуктивності й безпеки процесів вуглевидобутку, визначена межа продуктивності за технікою, технологією і за людськими можливостями. Показано, що домінуючий вплив на продуктивність мають: кваліфікація, досвід, умотивованість машиністів комбайна і механізованого кріплення, у меншому ступені, продуктивність визначається віком і фізичними кондиціями гірників. Показано, що зі збільшенням кількості інформації з 10 до 75 біт/с продуктивність системи „машиніст – виїмковий комбайн“ зменшується з 0,6 до 0,5 т/хв, а зі зростанням ресурсу часу реалізації рішення з 5 до 15 с, що характеризує підвищення рівня розвитку системи забезпечення безпеки процесу виїмки, зростає з 0,6 до 0,85 т/хв. Показано, що час сенсорного періоду реакції в середньому в 2–3 рази перевищує час моторного періоду реакції гірників на візуальну та звукову інформацію.

3. Проведено експериментальні дослідження біомеханічних, психофізичних параметрів і особливостей особистості гірників. Одержано залежності зміни в часі швидкості та енерговитрат гірника при переміщенні по лаві носять, відповідно, логарифмічний і степеневий характер, зміна загальних і питомих енерговитрат від швидкості подачі носить, відповідно, квадратичний і гіперболічний характер. Одержання такого роду залежностей дозволяє обґрунтовано підбирати оптимальні режими для кожного з гірників і раціоналізувати хід їхньої роботи в залежності від віку, величин фізичних навантажень й інших характеристик. Показано, що завжди більше часу витрачається на прийом інформації, її переробку, формування й ухвалення рішення, ніж на реалізацію робочого руху, що є одним з обмежуючих продуктивність очисних комплексів факторів. Показано, що невизначеність початкових даних є основним фактором складності і непевності при ухваленні технічного рішення. У ситуації обмеженого часового параметра технічні рішення можна розглядати як оперативні рішення, що являють собою динамічний нестационарний процес, і кожне рішення - це вибір альтернативи, виходячи з максимальної користі в даний момент.

4. Розроблено критерії оцінки готовності основних систем до безпечного вуглевидобутку: критерій економічності функціонування системи „машиніст – виїмковий комбайн“ є мультиплікативною функцією показників економічності машиніста і комбайна, інтегральний показник (критерій) надійності системи управління процесом видобутку вугілля – ймовірність досягнення запланованого обсягу видобутку при забезпеченні безпечності робіт, що залежить від ймовірності безвідмовної роботи (виконання завдання), коефіцієнта готовності нижчих ланок управління; ймовірності безпомилкової роботи поточної ланки; ймовірності своєчасного рішення завдання; ймовірності виправлення помилкових дій поточною ланкою управління.

5. Розроблено науково-технічні принципи підвищення готовності системи „гірники – очисний комплекс“ до високопродуктивної і безпечної праці: науковообґрунтований підбір і розстановка кадрів за до-

помогою сучасної комп'ютеризованої системи кількісної оцінки схильності кожного з робітників до виконання вузькоспеціалізованої операції та його здатності до спільної праці в колективі; забезпечення кожного гірника засобами індивідуального контролю біомеханічних характеристик (вимір енерговитрат у процесі вуглевидобутку) з передачею даних на пульта керування і прийняття керівником ланки рішення щодо оптимального режиму роботи системи „ланка гірників – очисний комплекс“; централізований збір, зберігання в єдиній базі даних та обробка інформації про стан, психофізичні та біомеханічні параметри гірників, технологічні, гірничотехнічні, технічні та гірничо-геологічні параметри; реалізація нелінійного керування керівником ланки гірників, що засновано на обробці нечітких вихідних даних про стан устаткування, гірничо-геологічних умов, параметрах самих гірників та забезпечення раціональних співвідношень між необхідною і достатньою кількістю і якістю інформації, що надходить до гірників, їх індивідуальними психофізичними особливостями, віком, фізичними кондиціями та ін.; організація автоматизованого робочого місця машиніста, який одноосібно керує очисним комплексом.

6. Розроблено методики комплексної оцінки надійності та безпеки праці гірників і оптимізації режимів очисної виїмки вугілля та „Методичні рекомендації з визначення готовності гірника і ланки трудового колективу до високопродуктивної і безпечної роботи“ для застосування на етапах підбору кадрів, професійного добору гірників для керування новою технікою, вирішення питань підготовки, перестановки кадрів для підвищення продуктивності праці шахтарів та зниження рівня аварійності й травматизму на вугільних шахтах.

7. Методики та методичні рекомендації затверджені в Департаменті охорони праці та надзвичайних ситуацій Міністерства вугільної промисловості України, передані ДП „Дондівуглемаш“, рекомендовані для підготовки практичних рекомендацій при розробці підрозділами ДП „ДонВУГІ“ технологічних схем очисного виїмання пологих пластів і схем механізованого кріплення комбайнових лав, впроваджені у ВАТ „Краснодонвугілля“, ВАТ „Павлоградвугілля“. Фактичний економічний ефект від впровадження методик та рекомендацій склав 960 тис. грн, очікуваний економічний ефект склав більше 11 млн. грн на рік.

#### Список літератури

1. Федченко Ю.А. Влияние природного, технологического и человеческого факторов на безопасность высокопроизводительных очистных забоев / Ю.А. Федченко // Уголь. – 2006. – №7. – С. 26–28.
2. Бондаренко В.И. О современной концепции безопасности эксплуатации высоконагруженных лав / В.И. Бондаренко, С.К. Мещанинов // Уголь Украины. – 2005. – №12. – С. 29–32.
3. Бойко Н.Г. Пути достижения большой нагрузки на лаву при выемке тонких пологих пластов / Н.Г. Бойко, М.П. Зборщик // Уголь Украины. – 2010. – №1. – С. 14–18.
4. Брюханов А.М. Научная основа программы повышения безопасности труда на угольных шахтах Украины / А.М. Брюханов // Уголь Украины. – 2004. – №2. – С. 27–29.

5. Тополов В.С. Охрана труда и человеческий фактор в угольной промышленности Украины / В.С. Тополов, В.М. Ивашин, А.А. Ануфриенко // Уголь Украины. – 2005. – №2. – С. 29–32.
6. Коркин Т.А. Концептуальные положения инвестирования в человеческий капитал угледобывающего предприятия / Т.А. Коркин // Горный журнал. – 2009. – №6. – С. 23–29.
7. Галкин А.В. К вопросам повышения надежности персонала горного предприятия в обеспечении безопасности производства / А.В. Галкин // Горный информационно аналитический бюллетень. – 2007. – №12. – С. 47–50.
8. Гершгорин В.С. Проблемы безопасности угольных шахт: новые подходы в мировой практике / В.С. Гершгорин, Л.П. Петухова // Горный информационно аналитический бюллетень. – 2008. – №2. – С. 15–25.
9. Толченкин Ю.А. Роль переподготовки руководителей и специалистов в повышении промышленной безопасности на шахтах отрасли / Ю.А. Толченкин, Ф.А. Чакветадзе, Н.Л. Разумняк // Уголь. – 2007. – №10. – С. 41–44.
10. Марко Тин Причину трагедії з'ясовано / Марко Тин // Урядовий кур'єр. – 2009. – №127. – С. 4.
11. Мартовицький В. Правда про вугільну катастрофу / В. Мартовицький // Урядовий кур'єр. – 2008. – №9. – С. 6–7.
12. Иванова Н. Что произошло на „Южнодонбасской“ №3 / Н. Иванова // Сбойка. – 2010. – №1 (153). – С. 20–21.
13. Шахта „Новодзержинская“: аварийный постскрипtum // Сбойка. – 2009. – №4. – С. 5.
14. Пашковський П.С. Аварія на шахті „Степова“: причини та висновки / П.С. Пашковський, В.В. Мамаєв // Уголь Украины. – 2009. – №3. – С. 26–30.

Разработаны математические модели систем угледобычи с комплексным учетом параметров горнорабочих и процессов угледобычи; установлены закономерности комплексного влияния параметров систем „горнорабочие – очистной комплекс“ на показатели надежности, производительности и безопасности процессов; разработаны методики комплексной оценки надежности и безопасности труда горнорабочих, оптимизации режимов очистной выемки угля.

**Ключевые слова:** системы „горнорабочие-очистной комплекс“, безопасность угледобычи, моделирование, закономерности, критерии оценки готовности, научно-технические принципы, методические рекомендации

The mathematical models of coal mining systems with the complex allowance of colliers parameters and processes of coal mining has been designed; the regularities of complex influencing of parameters of systems “the colliers – winning complex”, on parameters of reliability, productivity and safety of processes has been established; the methodic of complex estimation of reliability both operational safety of the colliers and optimization of regimes of refining coal mining has been designed.

**Keywords:** systems “colliers – winning complex”, safety of a coal mining, simulation, regularity, criteria of an estimation of readiness, technological principles, methodical recommendations

Рекомендовано до публікації д.т.н. Ю.І. Кіяшом 19.06.10.

## Національний гірничий університет пропонує інноваційний проект

### ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ РУДНИКОВОГО ПОВІТРЯ ТА СУЧАСНІ СПОСОБИ І ЗАСОБИ БОРОТЬБИ З ВИСОКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ В ШАХТАХ І РУДНИКАХ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН

**Автори:** Алексеенко С.О., канд. техн. наук, доц., Шайхлісламова І.А., канд. техн. наук, доц., Муравейник В.І., канд. техн. наук, доц.

**Сутність проекту:** розробка документації на технологію, проектування, дослідження і будівництво систем кондиціонування повітря та установок для рятування шахтарів при аваріях. Введення розроблених установок у багатоступеневу систему рятування робітників при пожежах, вибухах тощо. Розробки містять новий підхід щодо проблем поліпшення кліматичних(теплових) умов у підземних гірничих виробках, комплексного забезпечення нормалізації атмосферних умов у лаві по газовому, пиловому й тепловому факторах, а також захисту робітників від перегрівання в підземних гірничих виробках і порятунку шахтарів при пожежах, вибухах, обрушеннях у гірничих виробках вугільних шахт.

**Патентна готовність:** патенти України: №53467 – Спосіб кондиціонування рудникового повітря та установка для його здійснення; №70653 – Установка для захисту робітників від перегрівання; №78735 – Спосіб нормалізації атмосферних умов у лаві.

**Рівень готовності:** розроблені технічні рішення, новітня технологія отримання холоду без застосування холодильних машин. Розроблені робочі креслення теплообмінних апаратів, систем кондиціонування повітря та установки для теплової релаксації робітників.

**Економічна ефективність:** строк окупності проекту 2–3 роки в залежності від потужності систем кондиціонування повітря. Крім цього, запропоновані розробки дадуть соціальний ефект, зменшать травматизм та профзахворювання на гірничовидобувних підприємствах.

**Вартість проекту:** 1–2 млн грн. залежно від потужності установок і систем кондиціонування повітря. Вартість проектування 300–500 тис. грн.

**Контакти:** тел.:(0562) 47-23-41, e-mail: alekseenkos@nmu.org.ua