

З метою визначення пріоритетності завдань щодо попередження виробничого травматизму на робочих місцях працівників із інвалідністю у статті запропоновано використовувати інформаційну ентропію як показник, що характеризує невизначеність стану безпеки на робочому місці. За значенням ентропії роботодавець може приймати обґрунтовані рішення щодо пріоритетності напрямів вдосконалення охорони праці на підприємстві.

Список літератури

1. Закон України «Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні»: станом на 20 січ. 2018 р. / Верховна Рада України, <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/875-12>.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України, <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
3. Закон України «Про охорону праці»: станом на 20 січ. 2018 р., <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/875-12>.
4. **Bonaccio S.** (2019) The Participation of People with Disabilities in the Workplace Across the Employment Cycle: Employer Concerns and Research Evidence / S. Bonaccio, C. E. Connelly, I. R. Gellatly // Journal of Business and Psychology. – 2019. – Volume 34. – pp. 1-24.
5. **Breslin F. C.** Examining occupational health and safety vulnerability among Canadian workers with disabilities / F. C. Breslin, A. M. Lay, A. Jetha, P. Smith // Disability and Rehabilitation Journal. – 2018. – Volume 40, issue 18. – pp. 2138-2143.
6. Uncertainty of measurement ISO/IEC GUIDE 98-3:2008(E), <https://www.sis.se/api/document/preview/910301/>.
7. Risk management — Guidelines ISO 31000:2018, <https://pecb.com/whitepaper/iso-310002018-risk-management-guidelines>.
8. Деякі питання розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1232-2011-%D0%BF>.
9. **Данова К.В.** Функціональні обмеження осіб із інвалідністю в аспекті оцінки рівня працездатності та безпеки праці / К.В. Данова // Комунальне господарство міст. – Вип. 146. – С. 133-137.
10. Питання медико-соціальної експертизи, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1317-2009-%D0%BF/page>.

Рукопис подано до редакції 13.12.2019

УДК 622.271.33:622.12

С.О.ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц., В.Г.БЛІЗНЮКОВ, д-р техн. наук, проф.,
І.В.БАРАНОВ, канд. техн. наук
Криворізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОНТУРІВ КАР'ЄРІВ, ЩО РОЗРОБЛЯЮТЬ КРУТОСПАДНІ ЗАЛІЗОРУДНІ РОДОВИЩА

Мета. Удосконалити науково-методичну базу в області проектування і планування відкритих гірничих робіт шляхом розробки нових і коригування існуючих методів визначення границь відкритих гірничих робіт, на основі порівняння показників режимів гірничих робіт, що змінюються в часі, проектного кар'єру і діючих (базових) кар'єрів.

Методи дослідження. Економічною основою розрахункового принципу визначення перспективної глибини проектного кар'єру прийнято умову: в будь-який період розробки економічні показники виробництва і реалізації залізорудної продукції проектного підприємства повинні бути краще або рівні аналогічних показників діючого (базового для порівняння) підприємства. Реалізація цієї умови досягнута із застосуванням геометричного аналізу кар'єрних полів і порівняння режимів гірничих робіт проектного і діючого кар'єрів.

Наукова новизна. Розроблена методика відрізняється від відомих урахуванням зміни граничних коефіцієнтів розкриття в часі, а також визначенням впливу технологічних показників кар'єрів-конкурентів на кінцеву глибину кар'єру, що проектується [2].

Практична значимість. Результати виконаних досліджень можуть бути використані проектними організаціями і гірничодобувними підприємствами при визначенні перспективних контурів кар'єрів.

Результати. Приведено загальноприйнятий принцип визначення меж відкритих гірничих робіт, суть якого полягає у визначенні границь на основі порівняння допустимої собівартості видобутку руди з очікуваною за проектованим кар'єром [1]. Розроблена методика визначення границь кар'єрів, яка передбачає застосування граничного коефіцієнта розкриття як величини не постійної, а такої, що змінюється в часі, і залежить від зміни поточних коефіцієнтів розкриття на кар'єрах-конкурентах [2]. На прикладі кар'єрів, які відображають характерні особливості розробки крутоспадних родовищ України, продемонстровано вплив поточних коефіцієнтів розкриття діючих кар'єрів на граничний коефіцієнт розкриття, який служить головним критерієм при визначенні меж відкритих гірничих робіт для проектованих кар'єрів [2].

Ключові слова: відкриті гірничі роботи, перспективні контури кар'єра, кордони кар'єра, граничний коефіцієнт розкриття, глибина відкритих гірничих робіт, собівартість концентрату.

Проблема та її зв'язок з науковими й практичними задачами. На даний час верхні горизонти більшості залізородних кар'єрів підходять до своїх проектних границь. Тому робота кар'єрів буде характеризуватися досягненням найбільших експлуатаційних коефіцієнтів розкриву. Саме це призведе до того, що собівартість руди й у цілому витрати на виробництво концентрату досягнуть припустимої величини. Виходячи з цього, величина експлуатаційного коефіцієнта розкриву, що визначає кінцеві границі кар'єрів, може бути зменшена за рахунок вибору напрямку розвитку гірничих робіт і визначення раціональних контурів кар'єрів по поверхні. Зменшення експлуатаційного коефіцієнта дозволить розширити кінцеві границі кар'єрів, тим самим збільшити запас руди в контурах кар'єрів і промисловий потенціал гірничо-збагачувальних комбінатів.

Слід зазначити що, своєчасне визначення кінцевих контурів кар'єрів дозволяє планувати потребу в земельних площах під поверхневі будинки та технологічні спорудження, що забезпечують нормальну роботу гірничо-збагачувальних комбінатів на тривалий час. При цьому неможливо значення має й соціальний фактор.

Необхідність вже зараз визначити перспективні кінцеві границі кар'єру обумовлена тим, що після виходу верхніх горизонтів на кінцевий контур кар'єри будуть працювати в режимі щорічного зниження (вибуття) виробничої потужності, а для підготовки перекриття такого вибуття буде потрібно 5-7 років при будь-якому способі розробки [3]. При цьому збільшиться глибина розробки родовища, а більша частина верхніх горизонтів робочої зони буде погашена, що зажадає залучення значно більшого обсягу інвестицій на освоєння запасів за затвердженим проектним контуром кар'єру [4].

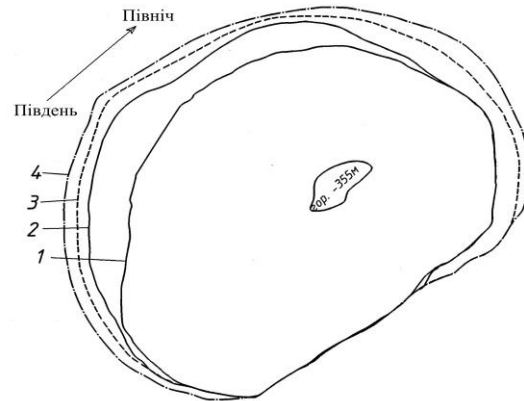
З визначенням перспективних кінцевих контурів кар'єру відбудеться зміна обсягів розкривних порід, руди та її якості, при яких необхідно встановити його виробничу потужність і період роботи комбінату [4].

Аналіз досліджень і публікацій. Питаннями визначення границь кар'єрів займалася велика кількість учених. Найбільший внесок [5-9] у теорії проектування границь відкритих гірничих робіт належать [2]. О.І. Стешенко, І.А. Кузнецову, П.І.Городецькому, О.І. Арсент'єву, В.В. Ржевському, В.С. Хохлакову, В.Г. Блізнюкову, О.К. Поліщуку. Дослідження з визначення перспективних границь відпрацювання кар'єрів проводилися Академією гірничих наук України [10] і Державним вищим навчальним закладом «Криворізький національний університет» [11]. У цих роботах в основу визначення граничного коефіцієнта розкриву було покладено порівняння показників роботи досліджуваних підприємств із показниками подібних гірничо-збагачувальних комбінатів [2]. Економічна ефективність і строк роботи підприємства, повнота використання запасів корисних копалин і обсяги інвестицій прямо залежать від границь відкритих гірничих робіт [2]. Ціна товарної руди (продукції), яка залежить від її якості, завжди визначала границі відкритих гірничих робіт. Однак на різних гірничовидобувних підприємствах товарна продукція тієї ж самої якості може мати різну ціну реалізації, що у свою чергу може внести помилку при визначенні кінцевих контурів кар'єрів. Тому запропонована методика визначення граничного коефіцієнта розкриву, який дозволяє уникнути впливу неприродних і нетехнологічних факторів на ціну концентрату [12]. На основі проведених досліджень була розроблена нова методика визначення границь кар'єрів [13], з урахуванням зміни граничного коефіцієнта розкриву в часі, яка дозволяє визначити кінцеву глибину проектного кар'єру з урахуванням можливої зміни обсягів вилучення розкривних порід і видобутку руди на базових підприємствах-конкурентах, тобто з урахуванням зміни їх поточних коефіцієнтів розкриву [2]. Це дає можливість підприємству залишатися конкурентоспроможним протягом всього строку експлуатації родовища.

Постановка задач. Метою даної роботи є дослідження зміни найбільшого поточного коефіцієнту розкриву залежно від збільшення проектної глибини проектного кар'єру, а також динаміки із часом поточних коефіцієнтів розкриву на гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) і гірничовидобувних підприємствах України. Таке дослідження дасть можливість розв'язати питання визначення перспективних границь проєктованих залізородних кар'єрів залежно від впливу технологічних показників кар'єрів-конкурентів. В остаточному підсумку перспективні контури повинні забезпечити мінімальне значення коефіцієнта розкриву в цілому по кар'єру [14].

Виклад матеріалів і результати. Для виконання досліджень за основу був взятий Першотравневий кар'єр ПрАТ «Північний ГЗК». Для визначення раціональної глибини Першотравневого кар'єру намітили кілька варіантів його контурів по поверхні (рис. 1).

Рис. 1. Можливі контури Першотравневого кар'єру по поверхні: 1 – сучасний стан гірничих робіт; 2 – контур кар'єру за першим варіантом; 3 – за другим варіантом; 4 – за третім варіантом



При побудові контурів кар'єру та положення гірничих робіт за мірою їх зниження прийняті значення кутів укосів бортів кар'єру до моменту їх погашення відповідно до значень представлених у роботі [15]. Кути робочих бортів кар'єру прийняті відповідно до значень, які фактично досягнуті на Першотравневому кар'єрі.

Для цих варіантів були прийняті наступні кінцеві глибини кар'єру (H_k):

I варіант – нижня відмітка дна кар'єру «-565 м», $H_k = 670$ м;

II варіант – положення дна кар'єру через 50 м, тобто нижня відмітка дна кар'єру «-615 м», $H_k = 720$ м;

III варіант – положення дна кар'єру через 120 м, тобто нижня відмітка дна кар'єру в замковій частині родовища «-665 м», $H_k = 770$ м.

Характеристика Першотравневого кар'єру по варіантах, що досліджувалися представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Експлуатаційна характеристика Першотравневого кар'єру

Показники	Варіанти кінцевої глибини кар'єру (H_k)		
	I варіант	II варіант	III варіант
Кути укосів робочих бортів (α), град.	16-20	16-20	16-20
Найбільший поточний коефіцієнт розкриву (n_m), м ³ /т	0,78	0,87	0,965
Глибина гірничих робіт з найбільшим поточним коефіцієнтом розкриву (H_r), м	-355	-400	-445

За кожним розглянутим варіантом, для визначення максимальних поточних коефіцієнтів розкриву, відбували положення гірничих робіт у момент їх виходу за рівнем денної поверхні на проектні (кінцеві) контури кар'єру. При побудові календарних планів гірничих робіт були використані рекомендації «МІ-ЦЕНТР» [15]. Посування бортів кар'єру здійснюємо в північному, південному та західному напрямках за кожним розглянутим варіантом. Посування борту в східному напрямку не доцільно, у зв'язку з наявністю на ньому фабрики. Далі за кожним варіантом здійснюємо розрахунки обсягів видобутку руди та вилучення розкривних порід з визначенням максимальних поточних коефіцієнтів розкриву.

За результатами розрахунків побудували графіки зміни найбільших поточних коефіцієнтів розкриву залежно від збільшення кінцевої глибини кар'єру $n_{m,max} = f(H_k)$ (рис. 2). Вихідним для розрахунків прийняте сучасне положення гірничих робіт.

Аналіз варіантів кінцевої глибини кар'єру показав, що розвиток контурів кар'єру по поверхні обмежується наявністю транспортних комунікацій, будинків і споруджень (за винятком відвалів на північному та південно-західному бортах кар'єру). Максимальна перспективна глибина кар'єру, при якій немає обмежень розвитку контурів по поверхні становить 770 м (суцільна лінія $n_{m,max} = f(H_k)$ на рис. 2), при цьому граничний коефіцієнт розкриву становить 0,97 м³/т (рис. 2 лінія А-В-С). При

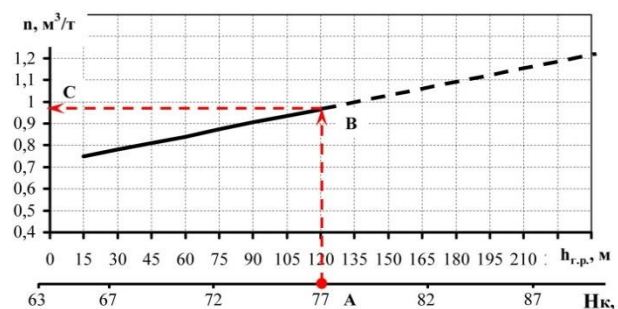


Рис. 2. Графік зміни найбільших поточних коефіцієнтів розкриву залежно від збільшення кінцевої глибини кар'єру $n_{m,max} = f(H_k)$

збільшенні перспективної глибини Першотравневого кар'єру необхідно буде виконати не тільки перенос, або ліквідацію вище зазначених відвалів, але й перенос (або знос) транспортних кому-нікацій, будинків і споруджень (пунктирна лінія $n_{m,max} = f(H_k)$ на рис. 2).

Визначення граничного коефіцієнта розкриття та кінцевої глибини кар'єру на різних ділянках родовища виконали за розробленими методиками [12, 13]. Їх сутність полягає у виключенні впливу суб'єктивних факторів на ціну товарної продукції, які роблять неточним застосування існуючих методів визначення кінцевих контурів кар'єрів. Методика визначення границь кар'єрів передбачає застосування граничного коефіцієнта розкриття як величини не постійної, а мінливої в часі, і такої, яка залежить від зміни поточних коефіцієнтів розкриття на кар'єрах-конкурентах [1]. Згідно цих методик граничний коефіцієнт розкриття для Першотравневого кар'єру визначали з урахуванням можливої зміни в часі обсягів розкритих порід і руди на базових підприємствах-конкурентах. Для цього простежили динаміку із часом поточних коефіцієнтів розкриття по ГЗК і гірничовидобувним підприємствам України (Південний ГЗК (ПівдГЗК), Центральний ГЗК (ЦГЗК), Арселор Міттал Кривий Ріг (АМКР), Полтавський ГЗК (ПГЗК), Інгулецький ГЗК (ІнГЗК), Криворізький залізорудний комбінат (КЗРК)) (рис. 3).

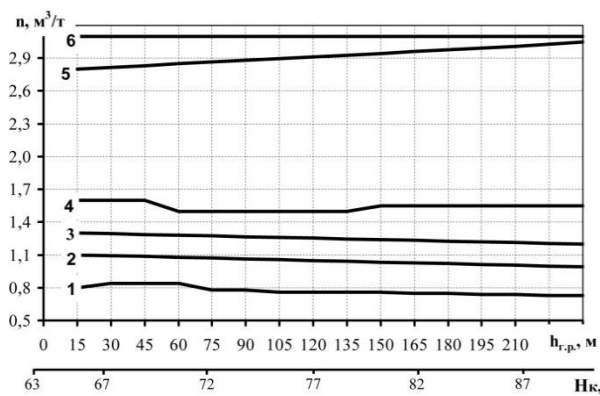


Рис. 3. Зміна в часі поточних коефіцієнтів розкриття (граничних для Першотравневого кар'єру) по кар'єрах-конкурентах $n_t = n_c = f(h_{z.p.})$: 1 – ПГЗК; 2 – ПівдГЗК; 3 – АМКР; 4 – ЦГЗК; 5 – ІнГЗК; 6 – КЗРК

Визначимо перспективні границі Першотравневого кар'єру, які забезпечать економічні показники видобутку руди та виробництва концентрату на рівні не нижче подібних економічних показників у порівнянні з кожним з вище перерахованих ГЗК.

Для цього на графіку зміни найбільших поточних коефіцієнтів розкриття залежно від зміни кінцевої глибини Першотравневого кар'єру ($n_t = f(H_k)$) відобразимо криву обраного граничного коефіцієнта розкриття. Потім визначаємо точку перетину кривої, що відображує зміну найбільших поточних коефіцієнтів розкриття з лініями граничних коефіцієнтів розкриття. Від точок перетину проводимо вертикальні лінії до осі абсцис і визначаємо перспективну глибину кар'єру в порівнянні з кожним з вище перерахованих ГЗК.

Як приклад, розглянемо визначення глибини Першотравневого кар'єру в порівнянні з економічними показниками роботи ПГЗК та ПівдГЗК (рис. 4а, б).

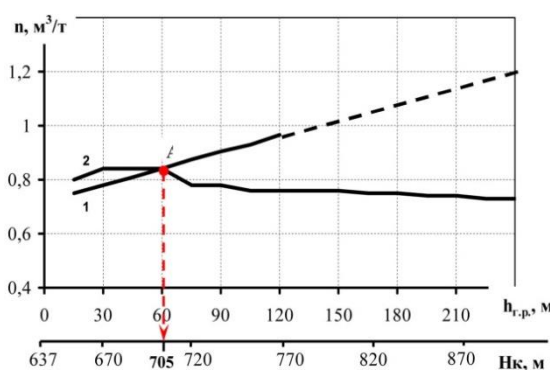


Рис. 4а. Графічне визначення глибини Першотравневого кар'єру: 1 – зміна поточних коефіцієнтів розкриття від кінцевої глибини Першотравневого кар'єру ($n_t = f(H_k)$); 2 – зміна поточних коефіцієнтів розкриття від глибини гірничих робіт ($n_t = f(h_{z.p.})$) на ПГЗК

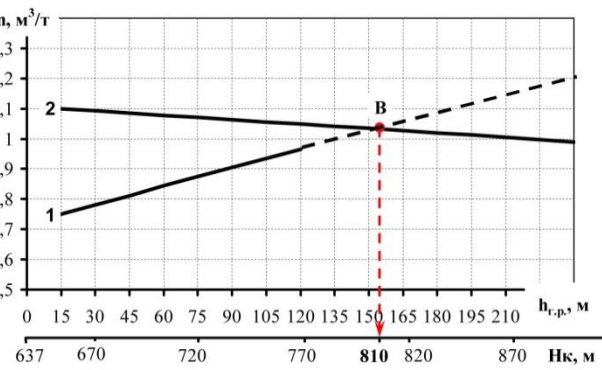


Рис. 4б. Графічне визначення глибини Першотравневого кар'єру: 1 – зміна поточних коефіцієнтів розкриття від кінцевої глибини Першотравневого кар'єру ($n_t = f(H_k)$); 2 – зміна поточних коефіцієнтів розкриття від глибини гірничих робіт ($n_t = f(h_{z.p.})$) на ПівдГЗК

Якщо визначати глибину Першотравневого кар'єру в порівнянні з економічними показниками роботи Полтавського ГЗК, то на графіку, який відображено на рис. 4а, відзначаємо точку перетину лінії, що відображує зміну найбільших поточних коефіцієнтів розкриття з лінією, що

відображає зміну граничних коефіцієнтів розкриву (точка *A*). В цій точці перетину значення граничного коефіцієнту розкриву становить $0,84 \text{ м}^3/\text{т}$.

Після цього з точки *A* проводимо вертикальну лінію на вісь абсцис і визначаємо перспективну глибину Першотравневого кар'єру. У порівнянні з економічними показниками роботи Полтавського ГЗК ця глибина буде становити 705 м.

Якщо визначати глибину Першотравневого кар'єру в порівнянні з економічними показниками роботи Південного ГЗК, то на графіку, який відображено на рис. 4б, відзначаємо точку перетину лінії, що відображає зміну найбільших поточних коефіцієнтів розкриву з лінією, що відображає зміну граничних коефіцієнтів розкриву (точка *B*). В цій точці перетину значення граничного коефіцієнту розкриву становить $1,03 \text{ м}^3/\text{т}$.

Після цього з точки *B* проводимо вертикальну лінію на вісь абсцис і визначаємо перспективну глибину Першотравневого кар'єру. У порівнянні з економічними показниками роботи Південного ГЗК ця глибина буде становити 810 м.

За вище наведеним алгоритмом визначення перспективної глибини Першотравневого кар'єру ПраТ «Північний ГЗК» були визначені його перспективні границі, які забезпечать економічні показники видобутку руди та виробництва концентрату на рівні не нижче подібних економічних показників у порівнянні з ГЗК та гірничовидобувними підприємствами України [3] (ПівдГЗК, ЦГЗК, АМКР, ПГЗК, ІнГЗК та КЗРК). Показники перспективної глибини Першотравневого кар'єру представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Перспективна глибина Першотравневого кар'єру (H_k) та її приріст

Показники	Підприємства-конкуренти					
	ПГЗК	ПівдГЗК	АМКР	ЦГЗК	ІнГЗК	КЗРК
Глибина кар'єру (H_k), м	705	810	890	>890	>890	>890
Приріст глибини кар'єру (ΔH_k), м	35	140	220	>220	>220	>220

З таблиці видно, що при збільшенні кінцевої глибини Першотравневого кар'єру мінімум до 705 м (приріст глибини щодо діючого проекту складе 35м) економічні показники видобутку та виробництва концентрату будуть не гірше чим на Полтавському ГЗК. Із цього випливає, що в порівнянні з іншими ГЗК України ці показники тим більше будуть не гірше.

У випадку встановлення перспективної глибини кар'єру за економічними показниками базових підприємств-конкурентів перспективна кінцева глибина Першотравневого кар'єру, що забезпечує конкурентоспроможність його товарної продукції, складатиме мінімум 810 м (приріст глибини щодо діючого проекту складає 140м).

Однак при даній глибині кар'єру контури по поверхні вимагають переносу частини Північного автовідвалу та транспортних комунікацій практично по всьому периметру кар'єру.

Максимальна перспективна глибина кар'єру, при якій немає обмежень розвитку контурів по поверхні становить 770 м (приріст глибини щодо діючого проекту складе 100 м). Тобто, при глибині розробки родовища 770 м забезпечується конкурентоспроможність товарної залізорудної продукції Першотравневого кар'єру на внутрішньому ринку України. Тому, у якості перспективної кінцевої глибини Першотравневого кар'єру рекомендується глибина 770 м.

Висновки. Підраховані погоризонтні обсяги видобутку руди та розкривних порід у перспективному контурі відпрацювання кар'єру. Приріст запасів руди в цьому контурі становить більш 130 млн. т [4]. При цьому додатковий обсяг розкривних робіт складатиме у розмірі 260 млн. м^3 [4]. Коефіцієнт розкриву в затверженому проектному контурі кар'єру становить $0,6 \text{ м}^3/\text{т}$. При розробці родовища в перспективному контурі коефіцієнт розкриву буде становити $0,81 \text{ м}^3/\text{т}$, а строк його експлуатації може бути продовжений до 43 років проти 37 при роботі в затверженому контурі відпрацювання [4].

Список літератури

1. Близнюков В.Г. Совершенствование методов определения границ карьеров / В.Г.Близнюков, И.В.Баранов, С.А. Луценко. - Гірничий вісник. – Кривий Ріг, 2015. - Вип. 99. – С. 8-13.
2. Луценко С.О. Развитие методологии определения границ карьеров / С.О.Луценко, В.Г.Близнюков, И.В.Баранов // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2018. – №142. – С. 59-67.

3. Луценко С.А. Определение перспективных контуров карьеров разрабатывающих крутопадающие железорудные месторождения / В.Г.Близнюков, С.А.Луценко, И.В.Баранов // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць, вип. 41. – Кривой Рог, 2016. – С. 147-152.
4. Близнюков В.Г. Определение перспективных контуров карьеров разрабатывающих крутопадающие железорудные месторождения / В.Г.Близнюков, С.А.Луценко, И.В.Баранов. - Гірничий вісник. – Кривой Рог, 2016. – Вип. 101. – С. 18-24.
5. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров / А.И.Арсентьев. – 2-е издание переработанное и дополненное. – М.: Недра, 1970. – 319 с.
6. Арсентьев А.И. Развитие методов определения границ карьеров / А.И.Арсентьев, А.К.Полищук. - Л.: Наука, 1967.
7. Ржевский В.В. Проектирование контуров карьеров / В.В.Ржевский. – Москва: Металлургиздат, 1956.
8. Хохряков В.С. Проектирование карьеров / В.С.Хохряков – М.:Недра, 1980.
9. Близнюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды / В.Г.Близнюков – М.: Недра, 1978. – 151 с.
10. Определение перспективных границ и производительности Первомайского карьера ПАО «СевГОК»: Отчет о НИР (заключит. Том I) // Академия горных наук Украины. № ГР 0115U002577. – Кривой Рог, 2014. – 93 с.
11. Определение перспективных границ карьера, обеспечивающих конкурентоспособность железорудной продукции Полтавского ГОКа: Отчет о НИР (заключит.) // Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет». № ГР 011U003099. – Кривой Рог, 2014. – 115 с.
12. Близнюков В.Г. Исключение субъективных факторов при определении конечных контуров железорудных карьеров в составе ГОКов / В.Г.Близнюков, И.В.Баранов, А.В.Савицкий // Вісник Криворізького національного університету: Зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 31. – С.3-6.
13. Луценко С. А. Определение границ карьеров, отрабатывающих мощные крутопадающие залежи / С.А.Луценко // Изв. Вузов. Горн. Журнал. – №4. – 2016. – С. 10-18.
14. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки месторождений полезных ископаемых, К.: - Министерство промышленной политики Украины, 2007.
15. Научно-исследовательская работа «Определение рациональной стратегии развития транспортной схемы Первомайского карьера ПАО «СЕВГОК». – «МИ-ЦЕНТР». – Кривой Рог, 2013.

Рукопис подано до редакції 26.06.2019

УДК 004.896

Д.І. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доцент
Криворізький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ SMART GRID МЕРЕЖ

Мета. Метою роботи є розробка інформаційної системи для визначення поточного стану та ідентифікації будь-якого енергетичного обладнання головним елементом якого є асинхронний двигун, зокрема визначення несправностей та підвищеного енергоспоживання в енергетичних мережах типу Smart Grid. З метою реалізації поставлених задач запропоновано використання модульної структури Smart Vox діагностуючих пристроїв. Зокрема, представлено модель модульної інформаційної кіберфізичної системи із застосуванням Smart Vox пристрою для ранньої технічної діагностики електрообладнання та його інформаційні потоки.

Методи дослідження. У даній статті автором запропоновано структуру інформаційної системи для ранньої діагностики промислового та приватного електрообладнання на основі використання підходів та стандартів Industry 4.0, зокрема концепції Internet of Things у межах енергетичних мереж типу Smart Grid.

Наукова новизна. Розв'язання даної задачі складає актуальність роботи. Запропоновані методи є актуальними адже дозволяють у якості обчислювального ядра Smart Vox пристрою використовувати структуру нейро-нечіткої мережі, яка складається з 5 шарів. Особливістю даної системи є можливість зміни кількості термів вхідних змінних з метою підвищення якості ідентифікації асинхронних двигунів.

Практична значимість. Завдяки виконанню автоматизації на основі запропонованого підходу можливо розподілювати усі технологічні об'єкти підприємства на окремі структурні одиниці, які можуть бути частиною інформаційного кластеру. Це дозволяє зменшити час реакції в кластерній системі до 35 %, у порівнянні зі звичайною. Також, використання даного типу системи дозволяє зменшити кількість спеціалізованого обладнання у межах використання однотипного енергетичного обладнання.

Результати. Отримані результати дослідження у вигляді моделі модульної інформаційної системи можливо використовувати при побудові апаратно-програмних модулів для діагностики технологічного та побутового електрообладнання. У свою чергу, дані модулі можуть об'єднуватися у загальну глобальну мережу IoT в межах енергетичної системи типу Smart Grid.

Ключові слова: інформаційна система, Industry 4.0, рання діагностика, кіберфізична система, асинхронний двигун, Smart Grid.