7. **Kosenko A.V.** Ways of increasing qualitative and quantitative recovery percentages of ore in conditions of deep horizons of the mines of Krivbass / **A.V. Kosenko** // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського: Серія «Технічні науки». – 2018. – Том 29 (68). – №2. – С. 245-250.

8. **Черненко А. Р.** Подземная добыча богатых железных руд / **А. Р. Черненко, В. А. Черненко.** – М.: Недра, 1992. – 224 с.

9. **Неверов С. А.** Особенности влияния глубины горных работ на параметры выпуска руды под обрушенными породами / **С. А. Неверов, С. Ю. Васичев** // Форум гірників – 2012 : матеріали міжнар. конф., (Дніпропетровськ, 3-6 жовтня 2012 р.). – Дніпропетровськ, 2012. – Т. 1. – С. 98-103.

10. **Kosenko A.V.** Increase of efficiency of technological process of ore drawing and delivery of ore mass at development of deposits of natural-rich iron ores on large depths / **A.V. Kosenko** // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського: Серія «Технічні науки». – 2018. – Том 29 (68). – №3. – С. 101-105.

11. Проект № 148-20-11 нарезных и очистных работ в блоке 140-147 оси гор. 1220 м в п/эт. гор. 1265/1190 м зал. «Основная» п.ш. «Большевик» // ПАО «Кривбассжелезорудком» // шахта «Октябрьская» // г. Кривой Рог. – 2011 г.

12. **Кузьмин Е. В.** Современные тенденции в технологи подземной разработки рудных месторождений / **Кузьмин Е. В.** // Вестник Российской академии естественных наук. – 2015. – №4. – С. 2-4.

13. **Косенко А. В.** Дослідження технологічного процесу випуску руди на основі фізичного моделювання / А. В. Косенко, В. М. Тарасютін // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського: Серія «Технічні науки». – 2018. – Том 29 (68). – №4. – С. 73-79.

14. **Косенко А. В.** Шляхи підвищення ефективності розробки покладів природно-багатих залізних руд в умовах великих глибин / А. В. Косенко // Гірничий Вісник. – 2018. – Вип.103. – С. 70-75.

15. **Кононенко М. М.** Вибір і розрахунок систем підземної розробки рудних родовищ : навч. посіб. / **М. М. Кононенко, О. Є. Хоменко, В. Ю. Усатий**. – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – 217 с.

16. **Косенко А. В.** Удосконалення та обґрунтування проектних рішень у разі застосування самохідної навантажувально-доставочної техніки на технологічному процесі доставки рудної маси (на прикладі шахти «Октябрська» ПАТ «Кривбасзалізрудком») / **А. В. Косенко** // Молодий вчений. — 2017. — №2 (42). – С. 183-190.

Рукопис подано до редакції 08.04.2019

УДК 622.236-047.44:622.232.72

О.О. ВУСИК[·], аспірант, А.М. ПИЖИК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНОГО ТА ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗВИБУХОВОЇ РОЗРОБКИ ПОРОДНОГО МАСИВА ФРЕЗЕРНИМИМИ КОМБАЙНАМИ

Мета. Розглянути основні питання підвищення ефективності ведення відкритих гірничих робіт при застосуванні комбайнів пошарового фрезерування для розробки напівскельних і скельних гірських порід.

Методи. Теоретичний аналіз досліджень і узагальнення літературних джерел присвячених роботі комбайнів пошарового фрезерування в різних умовах розробки родовищ корисних копалин. Аналіз області застосування сучасних високопродуктивних машин пошарового фрезерування для досягнення максимальних показників їх роботи з урахуванням гірничотехнічних умов розробки порід.

Наукова новизна. Обґрунтовано можливість впровадження технології пошарового фрезерування гірських порід сучасними високопродуктивними кар'єрними комбайнами, як альтернатива діючій технології ведення відкритих гірничих робіт із підготовкою порід до виймання вибухом. Завдяки чому підвищуються техніко-економічні показники роботи гірничовидобувного підприємства і зменшується негативний вплив на навколишнє середовище.

Практична значимість. Аналіз дослідження дозволяє здійснити удосконалення технології розробки родовищ корисних копалин шляхом застосування кар'єрних комбайнів фрезерного типу, а також свідчить про достатню надійності їх роботи і необхідність впровадження їх на глибоких кар'єрах в складних гірничотехнічних і гірничо-геологічних умовах ведення гірничих робіт. Використання гірничих комбайнів в діючій технології відкритої розробки напівскельних і скельних порід витісняє технологічний процес підготовки порід до виймання вибухом. В умовах досягнення значної глибини відпрацювання порід, комбайновим способом підвищується ефективність вилучення порід розкриву та збільшується активність робочої зони.

Результати. Область застосування кар'єрних комбайнів визначається встановленими взаємозв'язками між технологічними параметрами роботи комбайнів фрезерного типу і параметрами елементів системи розробки родовищ корисних копалин враховуючи фізико-механічні властивості порід в діючих складних умовах відпрацювання залізорудних покладів. Обґрунтування раціональної роботи транспортного та виймально-навантажувального обладнання в якості кар'єрних фрезерних комбайнів є найважливішою умовою, котра забезпечить отримання максимальних показників роботи виймально-транспортного комплексу кар'єру при мінімальних витратах на розробку залізорудного покладу.

Ключові слова: гірська порода, пошарове фрезерування, гірничий комбайн, безвибухова розробка.

doi: 10.31721/2306-5435-2019-1-105-80-84

[·]© Вусик О.О., Пижик А.М., 2019

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В гірничовидобувній галузі спостерігається тенденція погіршення основних виробничих і фінансових показників діяльності. Тому важливим для них є своєчасно визначитися з шляхами подолання складної ситуації. Дефіцит інвестицій та підвищення вартості енергоносіїв негативно впливають на гірничовидобувні підприємства та обумовлюють пошуку нових рішень пов'язаних з покращенням їх роботи. Одним з напрямків розвитку даних підприємств є дослідження і впровадження нових технологій розробки залізорудних покладів.

Освоєння технології пошарового фрезерування напівскельних і скельних порід гірничими комбайнами на залізорудних кар'єрах дозволить відмовитись від виконання буро-підривних робіт для підготовки порід для виймально-навантажувальних робіт. Через це останнім часом цікавість до даної технології тільки зростає, адже вона відкриває цілий ряд аспектів розвитку гірничовидобувних підприємств.

Впровадження високопродуктивних комбайнів пошарового фрезерування потребує більш детального вивчення для подальшого удосконалення діючої технології ведення відкритих гірничих робіт новими технологічними рішеннями.

Актуальність проблеми визначається складною ситуацією гірничовидобувної промисловості, відсутністю комплексного освоєння розробки залізорудних покладів, низькою продуктивністю праці та ін. Виходячи з цього постає завдання обґрунтувати безвибухову технологію пошарового фрезерування гірських порід гірничими комбайнами з метою аналізу всіх аспектів притаманних технології пошарового фрезерування для подальшого застосування її в умовах роботи залізорудних кар'єрів.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблемам пов'язаним із створенням нових та удосконаленням діючих транспортних систем на глибоких кар'єрів було присвячено значна кількість досліджень в роботах таких видатних учених, як В.В. Ржевського, О.О. Кулєшова, О.О. Співаковського, В.О. Щелканова, В.Л. Яковлєва, М.В. Васильєва, В.П. Смірнова та ін.

В.В. Ржевський в своїх роботах [1,2] розробив основні вимоги до раціонального використання комплексів гірничого обладнання на глибоких кар'єрах. За результатами робіт сформовано таких два основних напрямки вирішення проблем пов'язаних з розробкою кар'єрів при досягненні значної глибини відпрацювання залізорудного покладу, як розв'язання негативних наслідків при зростанні глибини відпрацювання родовищ корисних копалин та створення рекомендацій уникнення таких наслідків за рахунок застосування нових технологій і сучасної високоефективної гірничої техніки.

На сьогоднішній час розробка залізорудних родовищ потребує переходу на безвибухову технологію пошарового фрезерування породного масиву. Це обумовлено географічним місцезнаходженням поблизу з населеними пунктами та складною конкурентоспроможністю гірничовидобувних підприємств. При традиційній технології розробки напівскельних і скельних порід потребується виконанням буро-підривних робіт, які підвищують собівартість видобутку залізорудної сировини.

Найкращим виймально-навантажувальним обладнанням для здійснення безвибухової розробки напівскельних і скельних гірських порід є комбайни пошарового фрезерування [3,4]. Безвибухова технологія розробки родовищ корисних копалин останнім часом набуває цікавості в Україні з метою її поширення на гірничовидобувних підприємствах. Вона потребує детального дослідження, враховуючи достатню кількість виконаних робіт по чьому питанню [5–10]. Вищенаведені роботи потребують систематизації та узагальнення всіх векторів дослідження даного напрямку проблеми. Область можливого та ефективного застосування гірничих комбайнів пошарового фрезерування гірських порід розширюється завдяки проведенням і реалізацією досліджень робочого органу комбайна. Це дає надію на відпрацювання скельних порід значної міцності та абразивності в близькому майбутньому, що зробить технологію ведення відкритих гірничих робіт з реальним комплексним освоєнням безвибухової розробки родовищ корисних копалин.

Аналіз залежності продуктивності комбайна від показника міцності порід на одноосьове стиснення (рис. 1), свідчить про недостатнє дослідження цього взаємозв'язку, через відсутність врахування всіх факторів впливу. Тому, що від оптимального вибору показників роботи комбайна залежить ефективність його застосування.

Здійснений аналіз сучасного стану і розвитку гірничовидобувної промисловості України за останні роки свідчить про те, що її показники роботи значно нижчі у порівнянні показниками роботи закордонних гірничовидобувних підприємств. Одним з напрямків підвищення економічних показників даної промисловості є її комплексна модернізація, яка включає в себе технологічне переоснащення та впровадження нових технологічних рішень спрямованих на зниження собівартості видобутку корисних копалин.

Безвибухова технологія пошарового фрезерування гірських порід кар'єрними комбайнами з кожним роком розширює свою область застосування, завдяки відсутності буро-підривних робіт. Важливим моментом є те, що кар'єрні комбайни мають можливість відпрацьовувати породний масив складений з порід значної міцності, що дає підстави для дослідження і впровадження даної технології на глибоких залізорудних кар'єрах. І завдяки комбайновому способі відпрацювання порід підвищується чистота ведення відкритої розробки родовищ корисних копалин та зменшується собівартість видобутку залізорудної сировини.

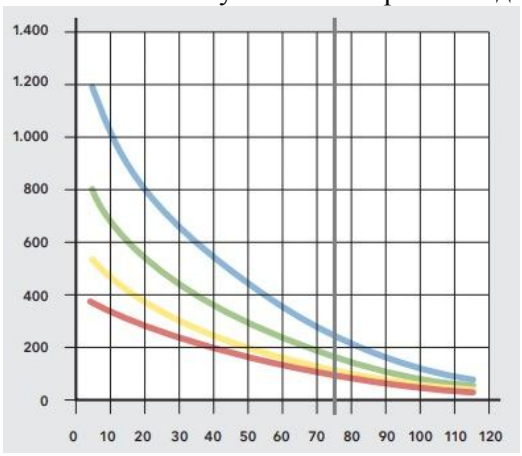

Рис. 1. Графік залежності продуктивності комбайна – вісь ординат від показника міцності породи на одноосьове стиснення – вісь абсцис (за матеріалами Wirtgen) де синя лінія – розпушені гірські породи, зелена лінія – мілко зернисті гірські породи, жовта лінія крупнозернисті гірські породи, червона лінія – скельні гірські породи

З виконаних досліджень випливає те, що для здійснення безвибухової розробки залізорудних покладів гірничовидобувним підприємствам потрібно застосовувати комбайновий спосіб розробки порід породного масиву.

Постановка задачі. Виконаний аналіз літературних джерел свідчить про необхідність підвищення ефективності ведення розробки залізорудних покладів і одним з варіантів вирішення даного питання є застосування технології пошарового фрезерування, але на даний немає достатнього вивчення і обґрунтування можливості її використання на залізорудних кар'єрах при відпрацюванні напівскельних і скельних гірських порід, чому власне і присвячена робота.

Дослідити і проаналізувати нові технологічні рішення стосовно застосування сучасної високопродуктивної техніки, які направлені на удосконалення ведення розробки глибоких кар'єрів з метою розширення області застосування технології пошарового фрезерування і в свою чергу покращити техніко-економічні показники гірничодобувного підприємства із зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище.

Викладання матеріалу та результатів. Для вирішення поставлених завдань використовується комплексний метод, котрий враховує теоретичні узагальнення практичного досвіду традиційної та безвибухової розробки породного масиву, проведені в цьому напрямку численні моделювання на основі методу кінцевих елементів, а також техніко-економічний аналіз отриманих результатів виконаних досліджень.

Кар'єрні комбайни експлуатуються при веденні відкритих гірничих робіт так, як має хороші технічні показники (табл.1) та низку різних технологічних переваг. До таких переваг відноситься маневреність, мобільність, можливість швидкого реагування на зміни гірничотехнічних умов ведення гірничих робіт, простота обслуговування агрегатів і вузлів фрезерного комбайна, незалежність його роботи від іншого гірничого обладнання.

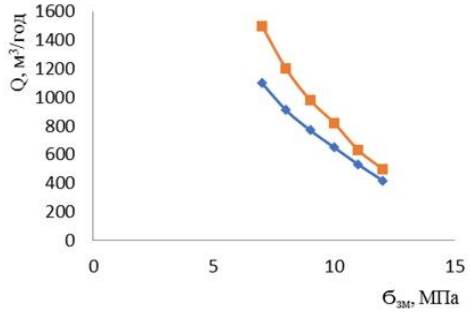

Рис. 2. Графік залежності продуктивності комбайна (Q, м^3/год) від показника міцності породи на одноосьове стиснення ($\sigma_{зм}$, Мпа)

Практика застосування кар'єрних комбайнів свідчить про необхідність розробки нових або удосконалення діючих технологічних схем ведення розробки породного масиву, щоб даний вид виймально-навантажувального обладнання мав незалежність від іншого гірничотранспортного обладнання (рис. 2). За рахунок цього комбайн пошарового фрезерування досягає своїх максимальних показників своєї роботи.

До основних недоліків застосування кар'єрних

комбайнів фрезерного типу слід віднести:

незначна довжина фронту робіт, що знижує його продуктивність;

необхідність виконання значної кількості холостих ходів, через обмеженість відпрацьованого простору кар'єра;

простої на очікування подачі автотранспорту.

В складних гірничотехнічних і гірничо-геологічних умовах розробка породного масиву при традиційній технології відзначається підвищенням витрат на виконання гірничих робіт. Комбайнами пошарового фрезерування здійснюється без попередньої підготовки порід до вимання вибухом, завдяки достатньо потужним енергосиловим показникам комбайнів, вони здатні відпрацьовувати напівскельні і скельні гірські породи і тим самим зменшувати вартість проведення розробки породного масиву.

Таблиця 1

Технічна характеристика комбайна Wirtgen 2600 SM

Характеристика фрезерного барабана	
Максимальна ширина фрезерування	2600 мм
Глибина фрезерування	0÷0,6 мм
Діаметр барабана враховуючи різці	1500 мм
Кількість різців	Залежить від умов роботи
Характеристика двигун	
Виробник двигуна	CUMMINS
Тип двигуна	QST 30
Охолодження двигуна	Водяне
Кількість циліндрів	12
Номінальна потужність двигуна	783 кВт / 1065 к.с. по стандарту DIN
Розхід палива при повному навантаженні	192 л/год.
Експлуатаційний розхід палива	96 л/год.
Стандарт токсичності викидів для США/Канади	Tier 2
Стандарт токсичності для інших країн	Tier 1
Електрична система	
Подача живлення	24 V
Заправна ємність	
Паливний бак	2400 л
Бак гідравлічного масла	500 л
Водяний бак	2800 л
Характеристика ходової	
Робоча швидкість	до 25 м/хв.
Розхід різців	
В умовах розробки порід середньої міцності	3÷18 шт / 1000т

Розробка гірських порід кар'єрними комбайнами є пріоритетною альтернативою традиційній буро-підривній розробці порід значної міцності. Завдяки цьому пояснюється її широке розповсюдження, так як розробка комбайновим способом характеризується підвищенням ефективності та економічності ведення відкритої розробки родовищ корисних копалині.

Висновки. З отриманих результатів дослідження можна зробити висновок, що застосування безвибухової технології пошарового фрезерування потребує детального вивчення раціонального вибору співвідношення між технологічними параметрами фрезерних комбайнів і технологічними параметрами іншого гірничого обладнання з врахуванням параметрів елементів системи розробки корисних копалин. При чому повинна забезпечуватись мінімальна вартість виконання виймально-навантажувальних робіт. Аналіз дослідницьких робіт свідчить про відсутність одного погляду, щодо переходу на безвибухову технологію пошарового фрезерування напівскельних і скельних порід і на основі цього виникає необхідність скомпонувати різні точки зору в один напрямок дослідження для отримання максимально достовірних результатів.

Отримані результати дозволяють стверджувати про ефективне застосування гірничих комбайнів, які покращуються показники роботи кар'єру та зменшує вартість розробки породного масиву в складних гірничотехнічних умовах глибоких залізорудних кар'єрах.

Надалі будуть розглядатись більш детально всі взаємозв'язки технологічних параметрів комбайнів з іншим гірничотранспортним обладнанням з метою удосконалення технологічних схем розробки порід фрезерними комбайнами та розробкою рекомендацій застосування технології пошарового фрезерування.

Список літератури

1. **Ржевский В.В.** Технология и комплексная механизация открытых горных работ / **В.В. Ржевский**. – М.: Недра, 1980. – 631 с.

2. **Ржевский В.В.** Комплексы оборудования и вскрытие рабочих горизонтов мощных глубоких карьеров / **В.В. Ржевский, В.В. Истомин, В.И. Супрун** // Горный журнал. – 1982. – №11. – С. 27-30.

3. . **Пихлер М.** и др. Ввод в эксплуатацию карьерного комбайна Wirtgen 2200 SM на карьере Дубовецкого месторождения известняка ОАО «Ивано-Франковскцемент». // Горная промышленность. 2012. №2. С. 107-110.

4. **Фризен А.П.** Vermeer серии T1255 – универсальные машины для выполнения вскрышных и добычных работ в карьерах. // Горная промышленность. 2012. №3. С. 56-57.

5**. Шапар А.Г.** й ін. Ресурсозберігаючі технології видобутку корисних копалин на кар'єрах України. – К.: Наукова думка, 1998.

6. **Виницкий К.Е.** О ресурсосберегающих технологиях и комплексном освоении недр / Горные науки, промышленность. – М.: Недра, 1989.

7. **Мининг С.Э., Мининг С.С.** Об оценке стоимости запасов твердых полезных ископаемых // Горный журнал, 2002. – № 9. – С. 6–8.

8. **Яковлев В.Л.** Проблемы и перспективы развития открытых горных разработок // Проблемы геотехнологии и недроведения (Мельниковские чтения): Докл. международной конференции, 6-10 июля 1998 г. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – Т. 2.

9. **Воловик В.П., Голярчук Н.И., Бельченко Е.Н.** Современное состояние горно-обогатительных комбинатов Кривбасса и перспективы их развития / Металлургическая и горнорудная промышленность, 2000. – № 4. – С. 59–61. – № 5. – С. 80–83.

10. **Куделя А.Д.** Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горнообогатительных комбинатов. – К.: Наукова думка, 1984

Рукопис подано до редакції 09.04.2019

УДК 681.5:621.311.1

О.О. ГРАММ[·], аспірант, О. І. САВИЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ПРЕДИКТИВНА ОЦІНКА НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМБІНОВАНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯМ

Мета. Метою даної роботи є розробка алгоритмічного забезпечення підсистеми прогнозування рівня споживання електричної енергії промисловими об'єктами з використанням комбінованих інтелектуальних методів на основі механізмів нечіткої логіки та оптимізації її функціонування за рахунок використання генетичного алгоритму для зменшення витрат на енергопостачання, підвищення надійності енергетичної мережі і досягнення максимальної енергоефективності підприємства в умовах енергетичної біржі.

Методи дослідження. Для вирішення поставленої задачі у роботі використовуються методи теорії систем автоматичного керування виробництвом, методи оптимізації систем автоматичного керування, методи нечіткої логіки і генетичного алгоритму і проведено аналіз доцільності використання методів комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна. У роботі удосконалено алгоритм прогнозування навантаження заснований на системі нечіткої логіки шляхом його оптимізації засобами генетичного алгоритму, що відрізняється від відомих врахуванням погодних умов і тривалості світлового дня, що має забезпечити зменшення відносної помилки прогнозування на 0,2 – 0,4% у порівнянні з відомими методами прогнозування рівня споживання.

Практична значимість. Практичне значення роботи полягає у розробці алгоритму предиктивної оцінки навантаження заснованого на комбінації механізмів нечіткої логіки і засобах генетичного алгоритму, використання якого дозволить зменшити фінансові втрати пов'язані з надмірними та недостатніми об'ємами замовлення електричної енергії в умовах єдиного енергетичного ринку, дозволить скоротити кількість випадків перевищення обмежень на споживання електричної енергії.

Результати. Результатом виконаної роботи є розроблені алгоритмічні та принципові схеми системи прогнозування рівня споживання електричної енергії, які дозволяють оптимізувати у реальному часі роботу нечіткої системи прогнозування навантаження шляхом оптимізації вагових коефіцієнтів її правил за допомогою засобів генетичного алгоритму, що являється основою для створення інтелектуальної системи автоматичного керування енергопостачанням підприємства.

Ключові слова: автоматизація, нечітка логіка, генетичний алгоритм, прогнозування, попит, електроенергія, енергетична біржа, енергетичні мережі.

doi: 10.31721/2306-5435-2019-1-105-84-88

· © Грамм О.О., Савицький О. І., 2019