

О.О. Вусик, аспірант
А.М. Пижик, к.т.н., доц.

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Визначення раціональних умов застосування комбайнів пошарового фрезерування порід на залізородних кар'єрах

Удосконалено методику визначення ефективного застосування кар'єрних комбайнів фрезерного типу для використання безвибухової технології пошарового фрезерування гірських порід при веденні відкритої розробки залізородних покладів. Безвибухова технологія є нетрадиційною, але за наявності оптимальних технологічних параметрів фрезерних комбайнів існує можливість зменшити собівартість видобутку залізородної сировини.

У роботі використано методи теоретичного і експериментального дослідження роботи комбайнів пошарового фрезерування. Методи враховують отримані результати експлуатації даного високопродуктивного виймально-навантажувального обладнання у вітчизняних і закордонних наукових роботах.

Представлена методика підвищує ефективність застосування комбайнів пошарового фрезерування в складних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах ведення відкритої розробки, дозволяє зменшити собівартість ведення гірничих робіт за рахунок відсутності буро підричних робіт. Здійснюється оптимізація параметрів елементів системи розробки, що дозволяє фрезерному комбайну виконувати розробку масиву гірських порід з можливістю відпрацьовувати уступ значно більшої висоти порівняно з традиційним способом розробки породного масиву, а також при безпечній і значно меншій ширині робочої площадки уступу. Що дозволяє підвищити техніко-економічні показники роботи кар'єру за рахунок підвищення кутів укосів бортів кар'єру.

Використання технології пошарового фрезерування порід гірничими комбайнами значно зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, підвищує ефективність ведення гірничих робіт. При чому, фрезерні комбайни здійснюють відпрацювання породного масиву уступу з параметрами елементів системи розробки вже заданими діючою технологією ведення відкритої розробки з дотриманням всіх технологічних норм.

Ключові слова: породний масив; пошарове фрезерування; кар'єрний комбайн; оптимізація параметрів; безвибухова розробка.

Постановка проблеми. Значна кількість родовищ корисних копалин представлених напівскельними та скельними гірськими породами, зазвичай розробляється з виконанням комплексу буро підричних робіт для підготовки гірських порід масиву до виймання. Постійне зростання вартості буро-підричних робіт, посилення вимог щодо безпечності та екологічності їх проведення спричиняють необхідність пошуку нових рішень для здійснення безвибухової розробки родовищ корисних копалин [8]. Одним із можливих варіантів вирішення цього завдання є застосування технології пошарового фрезерування гірських порід кар'єрними комбайнами при розробці покладів корисних копалин. Складність застосування технології пошарового фрезерування виникає в необхідності здійснювати розробку порід при заданих параметрах елементів системи розробки родовища традиційною технологією ведення відкритої розробки крутоспадних родовищ [10].

Перехід на безвибуховий спосіб розробки родовищ корисних копалин шляхом застосування сучасних фрезерних комбайнів дозволить покращити ситуацію гірничовидобувних підприємств в умовах зростання цін на енергоносії та підвищення вартості проведення буро-підричних робіт, також покращити техніко-економічні показники роботи кар'єру [5]. На глибоких кар'єрах в умовах, коли зменшуються розміри активних робочих зон, буро підричні роботи проводяться на незначній відстані від житлових масивів і здійснюється використання морально застарілого гірничого обладнання.

Пошарове фрезерування гірських порід кар'єрними комбайнами дозволяє збільшити висоту уступу та зменшити ширину робочої площадки, отримуючи відфрезеровану поверхню породного масиву без розломів, значних тріщин і вирваних шматків породи, що характерно при реалізації буро підричних робіт.

Особливо в умовах розробки глибоких кар'єрів при застосуванні фрезерних комбайнів: зменшується вірогідність обрушень і оповзань бортів кар'єру; підвищується безпека ведення гірничих робіт; збільшується стійкість гірничих виробок; виникає можливість збільшення кутів відкосу бортів кар'єру.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для вирішення проблем, пов'язаних з раціональним використанням кар'єрних комбайнів, необхідно виконати розрахунки. Методик розрахунку є багато, серед яких потрібно обрати надійний метод розрахунку, який забезпечить максимальну ефективність отриманих результатів та їх практичного застосування [4].

Теоретичні та практичні результати експлуатації кар'єрних комбайнів пошарового фрезерування на гірничовидобувних підприємствах свідчать про достатній рівень ефективності застосування фрезерних комбайнів і обумовлює необхідність обґрунтувати впровадження технології пошарового фрезерування на кар'єрах [1, 3].

Пошарове фрезерування масиву гірських порід виконується кар'єрними комбайнами, при чому можна корегувати параметри елементів системи розробки залежно від досягнення необхідної продуктивності комбайна. Фрезерний комбайн знеміцнює породний масив, забезпечуючи потрібний гранулометричний склад подрібнених шматків породи, за рахунок чого покращується ефективність роботи наступних технологічних процесів гірничого виробництва [2, 9].

Виконання аналізу характеру кількісних показників роботи кар'єрних комбайнів фрезерного типу потребує статистичних даних, які можна отримати лише під час здійснення розробки масиву гірських порід фрезерним комбайном, що впливає на достовірність отримання результатів дослідження [6].

Проблематичним є отримання діючих статистичних даних під час роботи комбайнів пошарового фрезерування, що пов'язано з відсутністю можливості перевірки їх в умовах розробки залізрудних покладів та складністю отримати дані в лабораторних умовах при проведенні стенових випробувань, через відсутність фінансових ресурсів й альтернативних матеріалів, необхідних для отримання достовірних даних.

Вибір типу кар'єрного комбайна пошарового фрезерування для використання в конкретних умовах ведення розробки родовища корисних копалин можливий шляхом визначення його показників роботи, використовуючи регресивні залежності, що дадуть оцінку характеру ефективності застосування комбайнів на основі виконаного попередньо аналізу технологічних і експлуатаційних параметрів його роботи [7].

В основі всіх розрахунків параметрів уступу покладено принцип рівноваги діючих сил у масиві. Для отримання результатів з урахуванням найбільшої кількості факторів впливу на гірські породи потрібно використовувати методи, основані на плоских і криволінійних поверхнях здвигу. Оскільки в одних методах розрахунку притаманний характер досліджуваної поверхні приймається задалегідь, а в інших випадках характер поверхні дослідження представляється самим методом розрахунку.

Мета дослідження. Виконаний аналіз досліджень у напрямі підвищення ефективності застосування сучасного виймально-навантажувального обладнання свідчить, що питанню визначення оптимальних параметрів елементів системи розробки при знеміцненні гірських порід кар'єрними комбайнами приділено не достатньо уваги. Адже, розробка найбільш ефективної методики визначення раціонального використання фрезерних комбайнів має важливе значення, що являється метою даної роботи, оскільки дасть можливість виконувати експлуатацію комбайнів у конкретних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах ведення відкритої розробки.

Викладення основного матеріалу. Виконані роботи дослідників свідчать про важливість врахування характерів здвигу вертикальних і похилих уступів, які суттєво різняться.

Будь-який породний масив має можливість зберігати вертикальний укис уступу до певної висоти уступу залежно від величини сил зчеплення частинок у породі. При такій максимально допустимій висоті H_{90} в породному масиві з кутом відкосу 90° витримується рівновага діючих в ньому сил.

Визначення цієї висоти виконується за відомим методом І.А. Сімвуді і В.В. Соколовського, при якому поверхня сковзання виникає в масиві при напруженнях, що представлено формулою:

$$\sigma_1 = 2c \cdot ctg(45^\circ - \frac{\rho}{2}). \quad (1)$$

У цій формулі вважається, що породи мають незначну величину протидії відриву у порівнянні з величиною протидії зчепленню, тому можна не враховувати величину протидії відриву для визначення тривалої стійкості породного масиву. В результаті цього отримуємо наступну формулу визначення висоти уступу з вертикальним укосом уступу, м

$$H_{90} = \frac{2c}{\gamma} \cdot ctg(45^\circ - \frac{\rho}{2}). \quad (2)$$

Важливим є той факт, що на практиці для визначення вертикальних і похилих укосів уступів потрібно враховувати всі величини в тому числі і величину протидії відриву. Існують також методи, які не враховують значну частину основних діючих положень механіки гірських порід в практичних умовах, але результати розрахунків цих методів цілком відповідають перевіреним даним отриманих в практичних умовах.

Визначити висоту уступу з кутом відкосу 90° можна за розрахунковою схемою (рис. 1), яку пропонує Н.А. Цитович. Вважається, що гірський масив володіє тільки величиною зчеплення при $tg \rho = 0$. А також, в верхній частині масиву вважається тиск відсутній і в нижній частині масиву тиск має максимальне значення, тому в розрахунках рекомендується приймати лише половину сил зчеплення їх середнього значення.

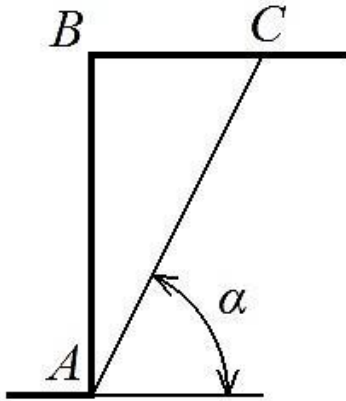


Рис. 1. Розрахункова схема вертикального укосу уступу за Н.А. Цитовичем

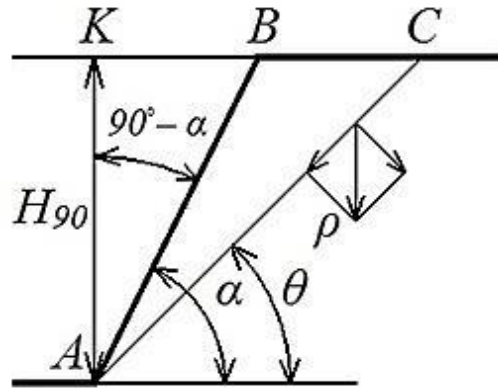


Рис. 2. Розрахункова схема визначення уступу по П.М. Цимбаревичу

На розрахунковій схемі з $\triangle ABC$ можемо визначити вагу зсувного блоку і довжину лінії сковзання за формулою:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot H_{90}^2 \cdot \gamma \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3)$$

$$AC = \frac{H_{90}}{\sin \alpha}. \quad (4)$$

Враховуючи рівність (3) і (4) складається наступне рівняння умови граничної рівноваги

$$\frac{1}{2} \cdot H_{90}^2 \cdot \gamma \cdot \operatorname{ctg} \alpha \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{H_{90}}{\sin \alpha} \cdot c, \quad (5)$$

або

$$H_{90} = \frac{c}{\gamma \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{2c}{\gamma \cdot \sin 2\alpha}. \quad (6)$$

По Н.А. Цитовичу при значенні кута $\alpha = 45^\circ$ максимально використовуються сили зчеплення, тоді маємо, м

$$H_{90} = \frac{2c}{\gamma}. \quad (7)$$

Визначаючи стійкість висоти нахилу уступу П.М. Цимбаревич рекомендує використовувати розрахункову схему (рис. 2).

З якої випливає умова рівноваги гірських порід масиву по поверхні здвигу AC та має наступний вигляд

$$Q \cdot \sin \theta = Q \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \cos \theta + l \cdot c, \quad (8)$$

де Q – вага призми ABC , т; l – довжина лінії AC , м.

Визначимо всі можливі величини

$$\begin{aligned} S_{ABC} &= \frac{1}{2} \cdot H \cdot BC = \frac{1}{2} \cdot H \cdot (KC - KB) = \\ &= \frac{1}{2} \cdot H \cdot [H \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \theta) - H \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)] = \frac{1}{2} \cdot H^2 (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha), \end{aligned} \quad (9)$$

тоді

$$Q = \gamma \cdot S_{ABC} = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha), \quad (10)$$

$$l = AC = \frac{H}{\cos(90^\circ - \alpha + \alpha - \theta)} = \frac{H}{\cos(90^\circ - \theta)} = \frac{H}{\sin \theta}. \quad (11)$$

Коли в рівняння рівноваги підставити значення величин, які в нього входять, отримаємо наступний вираз

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha) \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha) \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \cos \theta + \frac{H \cdot c}{\sin \theta}, \quad (12)$$

або

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H \cdot (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha) \cdot (\sin \theta - \cos \theta \cdot \operatorname{tg} \rho) = \frac{c}{\sin \theta}. \quad (13)$$

Виконаємо наступне перетворення

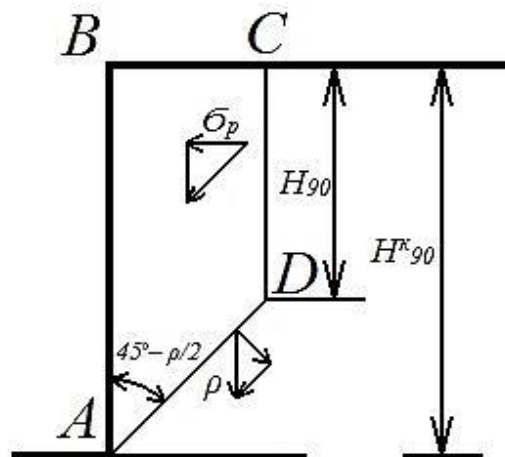


Рис. 3. Розрахункова схема визначення критичної тимчасової стійкості висоти уступу вертикального оголення масиву

$$\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha = \frac{\sin(\alpha - \theta)}{\sin \theta \cdot \sin \alpha}, \quad (14)$$

$$\sin \theta - \cos \theta \cdot \operatorname{tg} \rho = \cos \theta \cdot (\operatorname{tg} \theta - \operatorname{tg} \rho) = \cos \theta \cdot \frac{\sin(\theta - \rho)}{\cos \theta \cdot \cos \rho}. \quad (15)$$

Враховуючи ці перетворення отримаємо рівняння рівноваги, яке має такий вигляд

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H \cdot \frac{\sin(\alpha - \theta)}{\sin \alpha \cdot \sin \theta} \cdot \frac{\sin(\theta - \rho)}{\cos \rho} = \frac{c}{\sin \theta}. \quad (16)$$

Розв'язавши це рівняння відносно H , отримаємо наступне, м

$$H = \frac{2c}{\gamma} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \cos \rho}{\sin(\alpha - \theta) \cdot \sin(\theta - \rho)}, \quad (17)$$

або

$$H = \frac{2c}{\gamma} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \cos \rho}{\sin^2\left(\frac{\alpha - \rho}{2}\right)}. \quad (18)$$

Коли визначаємо висоту вертикального укосу уступу при $\alpha = 90^\circ$, маємо наступне, м

$$H_{90} = \frac{2c}{\gamma} \cdot \frac{\cos \rho}{\sin^2\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right)}. \quad (19)$$

Залежності (2), (7), (19) визначені за умови, що величина протидії порід відриву (розриву) дорівнює нулю. При тривалому часі перебування уступу з вертикальним укосом під дією сил розтягнення поступово утворюються вертикальні тріщини, тоді це припущення є вірним.

Досвід ведення відкритої розробки підтверджує той факт, що при нетривалому оголенні масиву, протидія гірських порід відриву суттєво впливає на стійкість уступів з вертикальним укосом. Потрібно при визначенні критичної стійкості уступу з вертикальним укосом H_{90}^k , врахувати протидію гірських порід відриву.

З урахуванням законів механіки масиву гірських порід спостерігається поява площадки ковзання починаючи від висоти H_{90} . При чому утворюється кут $45^\circ - \rho/2$ між вертикальним укосом, який збігається з напрямком σ_1 і площадкою ковзання (рис. 3). По ломаній лінії ADC діють сили, що чинять опір здвигу уступу, а саме по лінії DC діє протидія гірських порід відриву, а по AD діють протидії порід тертю і зчепленню.

Визначаємо вагу можливого блоку обрушення і довжину ломаної лінії AD за такими формулами

$$Q = \gamma \cdot \frac{(H_{90}^k + H_{90})}{2} \cdot (H_{90}^k - H_{90}) \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right), \quad (20)$$

$$AD = \frac{(H_{90}^k - H_{90})}{\cos\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right)}. \quad (21)$$

Далі складається рівняння граничної рівноваги на основі формул (20, 21), яке має вигляд

$$\begin{aligned} & \gamma \cdot \frac{(H_{90}^k)^2 - H_{90}^2}{2} \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\rho}{2}) \cdot \cos(45^\circ - \frac{\rho}{2}) = \\ & = \gamma \cdot \frac{(H_{90}^k)^2 - H_{90}^2}{2} \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\rho}{2}) \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \sin(45^\circ - \frac{\rho}{2}) + \\ & + \frac{H_{90}^k - H_{90}}{\cos(45^\circ - \frac{\rho}{2})} \cdot c + \frac{\sigma_p \cdot H_{90}}{\sin(45^\circ - \frac{\rho}{2})} = 0. \end{aligned} \quad (22)$$

Коли виконати перетворення рівняння (22) та розв'язати його відносно H_{90}^k , впливе така формула, м

$$H_{90}^k = H_{90} + 2 \operatorname{ctg}(45^\circ - \frac{\rho}{2}) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_p \cdot H_{90}}{\gamma}}. \quad (23)$$

Фісенко Г.Л. рекомендує визначати висоту H_{90}^k за формулою, м

$$H_{90}^k = H_{90} \cdot (1 + \sqrt{\frac{\sigma_p}{c} \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + \frac{\rho}{2})}). \quad (24)$$

З аналізу порівняння результатів розрахунку граничної висоти уступу з вертикальним укосом, отриманих різними методами, можна зробити висновок, що із врахуванням протидії гірських порід відриву можна отримати більшу граничну висоту за формулою (23). При тривалому стоянні вертикального укосу масиву рекомендується визначати його висоту H_{90} за методом І.А. Сімвуді і В.В. Соколовського, оскільки отримуємо найменші значення.

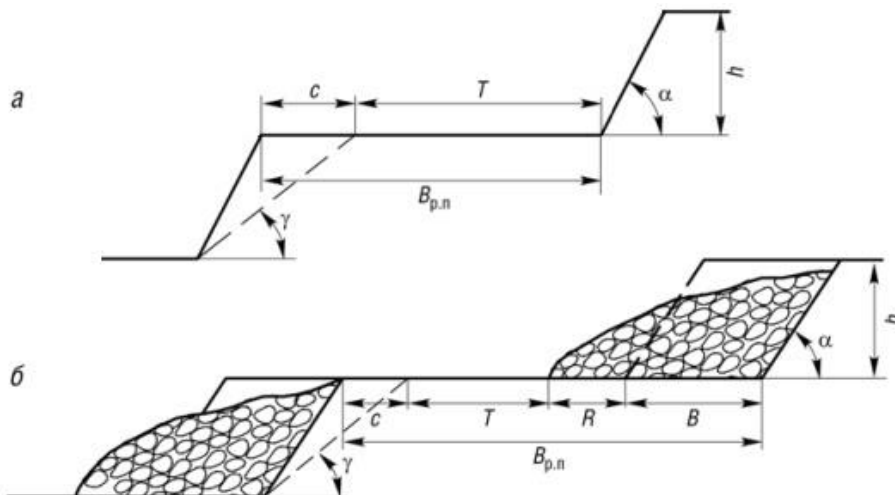


Рис. 4. Ширина робочої площадки в системі розробки з автотранспортом із застосуванням фрезерних комбайнів (а) і при застосуванні буро-підривних робіт (б)

Застосування технології пошарового фрезерування масиву гірських порід кар'єрними комбайнами дозволяє за необхідності суттєво зменшити ширину робочої площадки (рис. 4). Ширина робочої площадки є важливим технологічним параметром елементів системи розробки, оптимізація якого дозволить покращити ефективність застосування фрезерних комбайнів при відпрацюванні залізородних покладів.

Ширина робочої площадки при застосуванні комбайнів пошарового фрезерування в системі розробки з використанням автотранспорту визначається за формулою, м

$$B_{p,n} = B + T + c, \quad (25)$$

де B – заходка комбайна по цілику, м;

T – двостороння транспортна полоса автосамоскиду, м;

c – ширина призми можливого обвалення уступу і визначається за формулою, м

$$c = h \cdot (\operatorname{ctg} \gamma - \operatorname{ctg} \alpha). \quad (26)$$

Ширина робочої площадки при виконанні комплексу буро підривних робіт в системі розробки з використанням автотранспортних засобів визначається за формулою, м

$$B_{p,n} = B + R + T + c, \quad (27)$$

де B – екскаваторна заходка, м;

R – розвал гірської маси після здійснення вибуху, м;

h – висота уступу, м;

γ і α – відповідно кут внутрішнього тертя гірської породи, і кут укосу уступу, градус.

Висновки. В результаті виконаного дослідження удосконалено методику визначення оптимальних параметрів елементів системи розробки родовища для підвищення ефективності раціонального використання кар'єрних комбайнів. Підвищення ефективної роботи фрезерних комбайнів залежить від оптимізації взаємозв'язку між параметрами елементів системи розробки і технологічними параметрами комбайнів. Зазначена методика розрахунку висоти уступу і ширини робочої площадки, саме сприяє підвищенню показників ефективної роботи комбайнів пошарового фрезерування.

Надалі отримані результати будуть застосовані для створення або удосконалення технологічних схем ведення розробки масиву гірських порід кар'єрними комбайнами фрезерного типу.

Список використаної літератури:

1. Герике Б.Л. Промышленная апробация рабочего органа машины для поверхностного фрезерования крепких горных пород / Б.Л. Герике, П.Б. Герике // Вестник КузГТУ. – 2005. – № 4.1. – С. 16–19.
2. Грабский А.А. Современное состояние и перспективы развития конструкций карьерных комбайнов / А.А. Грабский // Горная промышленность. – 2010. – № 4 (92). – С. 60–62.
3. Применение карьерного комбайна Wirtgen 2200SM при разработке Восточно-Бейского каменноугольного месторождения / Я.Ю. Ицков, С.В. Юдин, А.Н. Леоненко и др. // Горная промышленность. – 2002. – № 2. – С. 43–45.
4. Кноте Т. Компания Vermeer освоила производство самой мощной карьерной выемочной машины / Т.Кноте // Горная промышленность. – 2013. – № 6. – С. 68–69.
5. Перспективы применения безвзрывных технологий в карьерах / А.Р. Маттис, В.И. Ческидов, В.Н. Лабутин, Г.Д. Зайцев // Горный журнал. – 2006. – № 6.
6. Пихлер М. Опыт добычи известняка комбайнами Wirtgen Surface Miner в Индии / М.Пихлер, Ю.Б. Панкевич // Горная промышленность. – 2003. – № 3. – С. 15–21.
7. Сандригайло И.Н. Определение параметров и показателей работы карьерных комбайнов при добыче мрамора / И.Н. Сандригайло, С.А. Арефьев, С.И. Чеботарев // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2016. – Т. 15, № 21. – С. 362–366.
8. Сафронов В.П. Прогрессивные технологии и комплексы оборудования разработки месторождений карбонатных горных пород : монография / В.П. Сафронов, В.В. Сафронов. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2009. – 242 с.
9. Швабенланд Е.Е. О потенциале фрезерных комбайнов непрерывного действия при разработке месторождений открытым способом / Е.Е. Швабенланд // Рациональное освоение недр. – 2014. – № 1.
10. Швабенланд Е.Е. Применение послонно-порционной технологии добычи руды с использованием фрезерных комбайнов для рационального и комплексного освоения недр / Е.Е. Швабенланд // Разведка и охрана недр. – 2017. – № 2. – С. 38–42.

References:

1. Gerike, B.L. and Gerike, P.B. (2005), «Promyshlennaya aprobatsiya rabocheho organa mashiny dlya poverkhnostnogo frezerovaniya krepkikh gornyx porod», *Vestnik KuzGTU*, No. 4.1, pp. 16–19.
2. Grabskij, A.A. (2010), «Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija konstrukcij kar'ernih kombajnov», *Gornaja promyshlennost'*, No. 4 (92), pp. 60–62.
3. Ickov, Ja.Ju., Judin, S.V., Leonenko, A.N. and other (2002), «Primenenie kar'ernogo kombajna Shhirtgen 2200SM pri razrabotke Vostochno-Bejskogo kamennougol'nogo mestorozhdenija», *Gornaja promyshlennost'*, No. 2, pp. 43–45.
4. Knote, T. (2013), «Kompanija Vermeer osvoila proizvodstvo samoj moshhnoj kar'ernoj vyemochnoj mashiny», *Gornaja promyshlennost'*, No. 6, pp. 68–69.
5. Mattis, A.R., Cheskidov, V.I., Labutin, V.N. and Zajcev, G.D. (2006), «Perspektivy primenenija bezvzryvnyh tehnologij v kar'erah», *Gornyj zhurnal*, No. 6.
6. Pihler, M. and Pankevich, Ju.B. (2003), «Opyt dobychi izvestnjaka kombajnami Wirtgen Surface Miner v Indii», *Gornaja promyshlennost'*, No. 3, pp. 15–21.
7. Sandrigajlo, I.N., Arefev, S.A. and Chebotarev, S.I. (2016), «Opređenje parametrov i pokazatelej raboty kar'ernih kombajnov pri dobyche mramora», *Vestnik PNIPIU. Geologija. Neftegazovoe i gornoe delo*, Vol. 15, No. 21, pp. 362–366.
8. Safronov, V.P. and Safronov, V.V. (2009), *Progressivnye tehnologii i komplekсы oborudovaniya razrabotki mestorozhdenij karbonatnyh gornyh porod*, monografija, Izd-vo TulGU, Tula, 242 p.
9. Shvabenland, E.E. (2014), «O potencie frezernyh kombajnov nepreryvnogo dejstvija pri razrabotke mestorozhdenij otkryтым sposobom», *Racional'noe osvoenie neдр*, No. 1.
10. Shvabenland, E.E. (2017), «Primenenie poslojno-porcionnoj tehnologii dobychi rudy s ispol'zovaniem frezernyh kombajnov dlja racional'nogo i kompleksnogo osvoenie neдр», *Razvedka i ohrana neдр*, No. 2, pp. 38–42.

Вусик Олег Олексійович – аспірант кафедри відкритих гірничих робіт ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- технології розробки масиву гірських порід.

Пищик Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри відкритих гірничих робіт ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- технологічні процеси гірничого виробництва.

Стаття надійшла до редакції 19.05.2019.