

УДК 622.063.542.016.62

Р.О. Дичковський, канд. техн. наук, доц.,
Є.В. Тимошенко,
Д.О. Астаф'єв

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,
 e-mail: evgenijtimoshenko@yandex.ru

МЕТОДИ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ПОСУВАННЯ ТА ФОРМИ ДУГИ ЛІНІЇ ОЧИСНОГО ВИБОЮ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН МАСИВУ ГІРСЬКИХ ПОРІД

R.O. Dychkovskiy, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
Ye.V. Tymoshenko,
D.O. Astafiev

State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnipropetrovsk, Ukraine,
 e-mail: evgenijtimoshenko@yandex.ru

METHOD OF ANALYTICAL INVESTIGATION OF WALL ADVANCE SPEED AND FORMS OF LINE FACE INFLUENCE ON STRESS-STRAIN STATE OF A ROCK MASSIF

Мета. Обґрунтування раціональних параметрів технології ведення очисних робіт при застосуванні стругової техніки на базі встановлених залежностей зміни напружено-деформованого стану гірського масиву.

Методика. За допомогою методу групового обліку аргументів, що базується на використанні принципів математичної статистики, було аналітично досліджено та обґрунтовано технологічні параметри (швидкість посування, кут дуги лінії) очисного вибою при вийманні тонких вугільних пластів струговими комплексами нового покоління.

Результати. Отримані залежності в повній мірі дають можливість прогнозувати навантаження на секції механізованого кріплення, а також, у залежності від зміни ситуації в очисному вибої, коригувати технологічні параметри, зокрема: швидкість струга та кривизну лінії очисного вибою.

Наукова новизна. Полягає у встановленні залежностей необхідних силових параметрів секцій механізованого кріплення та характеру поведінки бічних порід від пріоритетності чинників напруженості гірського масиву й обґрунтуванні раціональних параметрів технології очисних робіт при відпрацюванні тонких вугільних пластів при швидкості посування очисних вибоїв понад 5 м/добу струговими комплексами.

Практична значимість. На базі розробленої методики визначення технологічних параметрів та напружень навколо очисної виробки при швидкості посування понад 5 м/добу було запропоновано технологічну схему ведення гірничих робіт при високих швидкостях посування очисного вибою.

Ключові слова: *струговий комплекс, швидкість посування очисного вибою, гірський масив*

Постановка проблеми. За різними даними, основна частина промислових запасів кам'яного вугілля в Україні до глибини 1500 м оцінюється приблизно в 117,3 млрд т., однак більше 70% запасів вугілля знаходяться в тонких та вельми тонких пластах [1].

Відповідно, удосконалення технології розробки таких пластів струговими механізованими комплексами нового покоління є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої дає можливість ефективно відпрацьовувати тонкі та вельми тонкі вугільні пласти на шахтах України.

Прикладом успішного застосування стругового виймання є вугледобувні галузі Німеччини, США, Польщі та Росії. Дані роботи стругових лав представлені в таблиці. Зарубіжна практика доводить доцільність застосування стругової технології при вийманні тонких пологих вугільних пластів.

Виділення невирішеної проблеми. Проблемами визначення характеру формування напружень при очисному вийманні вугільних пластів займалося не одне покоління вчених, зокрема: Колоколов О.В., Са-

востьянов О.В., Бондаренко В.І., Кузьменко О.М., Симанович Г.А., Халимендик Ю.М., Сулаєв В.І. та інші. На початку даних досліджень було проведено аналіз сучасних методів оцінки напружено-деформованого стану масиву, результати якого закладені у нормативні документи визначення зрушення на поверхні Землі (схема ВНДМІ) та зсуву порід на контурі виробки (схема ДПП-ДонНТУ). Ці методи розглядають статичні системи зрушення масиву гірських порід у процесі деформацій, коли лава набула повну динаміку руху, а не за етапами послідовного формування виробленого простору до стійкого обвалення порід безпосередніх шарів покрівлі. Приведені схеми зрушення масиву гірських порід характеризують загальну закономірність, але в них не врахований часовий характер формування навантаження при відході лави від розрізної печі та при її русі.

Часткове вирішення проблеми відтворення впливу швидкості посування очисного вибою на напружено-деформований стан масиву закладене в методі НГУ, що розроблений проф. Савостьяновим О.В.[2]. Цей метод ураховує вплив геологічних, гірничотехнічних і виробничих факторів на стан гірського ма-

сиву у процесі ведення очисних робіт, що дозволяє вирішувати цілий ряд технологічних завдань, зокрема при різних способах управління покрівлею. Суттєвим недоліком цього методу та побудованого на

його основі програмного забезпечення є неможливість дослідження технологічних параметрів та напружень при швидкостях посування очисного вибою більше 5 м/добу [3].

Таблиця

Показники роботи очисних вибоїв, обладнаних струговими установками

Показники	Одиниці виміру	Шахти			
		„US-Steel No. 50“ (США)	„Фрідріх Генріх“ (Німеччина)	KWK „Bogdanka“ (Польща)	„Абашевська“ (Росія)
Тип установки		GM 2.7	GH 9-38ve	GH 1600	GH 9-38ve/5,7
Довжина лави	м	270	310	250	220
Потужність пласта	м	1,2	1,3	1,4	1,45
Добове навантаження	т./добу	13204 (22710)*	12653 (16500)*	14000 (16000)*	4536 (6200)*
Добове посування очисного вибою	м/добу	18,6 (42)*	15,4 (18)*	16,8 (24)*	8,4 (13)*

* – досягнуті максимальні показники роботи очисних вибоїв

Результати досліджень та обґрунтування отриманих результатів. Для вирішення задачі встановлення напружень масиву при швидкостях посування вибою понад 5 м/добу було застосовано обробку статистичних даних за допомогою методу групового обліку аргументів, що ґрунтується на рекурсивному селективному відборі моделей, на основі яких будуються більш складні моделі. Виходячи із практичної реалізації, у роботі використано поліном Колмогорова-Габора. Складність моделі в такому випадку визначається кількістю коефіцієнтів a_{ij} .

Для виконання статистичної обробки даних роботи очисного вибою з метою визначення навантажень на секції механізованого комплексу при високій швидкості посування лави, за допомогою управляючих приладів РМС®-R, у результаті проведених спостережень були отримані наступні показники:

R – радіус форми дуги лінії очисного вибою, град;

V_{II} – швидкість посування очисного вибою за зміну, м/зм;

$l_{в.л}$ – довжина відходу очисного вибою від монтажного хідника, м;

r_c – товщина стружки, мм;

V_c – швидкість подачі струга, м/хв.

Із даних гірничо-геологічного прогнозу відпрацювання очисних вибоїв, що обладнані струговим комплексом BUCYRUSDBT, беремо наступні дані:

m – виймальна потужність пласта, м (дані щодо цього показника отримувались щодобово, упродовж проведення шахтних досліджень від фахівців відділу технічного контролю);

$h_{ш.б.п}$ – потужність шару порід безпосередньої покрівлі, м;

$\sigma_{ш.б.п}$ – межа міцності на стискання порід безпосередньої покрівлі, 10^5 МПа;

$h_{ш.о.п}$ – потужність шару порід основної покрівлі, м;

$\sigma_{ш.о.п}$ – межа міцності на стискання порід основної покрівлі, 10^5 МПа.

За допомогою програмного забезпечення для ПЕОМ, розробленого на базі методу групового обліку аргументів, виконуємо розрахунок навантажень на секції механізованого комплексу. Це необхідно для порівняння їх з реальними показниками навантажень на секції механізованого комплексу та визначення ступені збіжності отриманих результатів.

У результаті виконаних обчислень навантажень на секції механізованого комплексу визначено, що ступінь збіжності розрахованих показників з реальними складає $\varepsilon = 8,79\%$, причому залежність буде мати вигляд

$$P = K_1 x_4 + K_2 x_5 x_6 - K_3 x_2 x_9 - K_4 x_3 x_4,$$

де K_1 – коефіцієнт просторового розташування очисного вибою; K_2 – коефіцієнт геологічної будови; K_3 – геомеханіко-технологічний коефіцієнт; K_4 – технологічні коефіцієнти; x_2 – радіус форми дуги лінії очисного вибою, град; x_3 – швидкість посування очисного вибою за зміну, м/зм; x_4 – довжина відходу очисного вибою від монтажного хідника, м; x_5 – виймальна потужність пласта, м; x_6 – потужність шару порід безпосередньої покрівлі, м; x_9 – межа міцності на стискання порід основної покрівлі, 10^5 МПа.

Для умов досліджуваних ділянок, в умовах Красноармійського вугленосного регіону Донбасу, значення коефіцієнтів K_1, K_2, K_3, K_4 будуть такими: $K_1 = 47,15; K_2 = 26,9; K_3 = 0,002; K_4 = 0,59$.

Враховуючи припущення, наведені в роботі [4], було встановлено, що для досліджуваних гірничо-геологічних умов можна знехтувати наступними параметрами, котрі не приведуть до зниження достовірності моделювання: місце проведення вимірів; межа міцності на стискання порід безпосередньої покрівлі; потужність основної покрівлі.

У результаті проведених досліджень були отримані залежності визначення навантажень на секції механізованого кріплення

$$P \leq (R_{м.к} + R_{д.е.к}) \times \eta,$$

$$R_{м.к} \geq \frac{P}{\eta}.$$

де $R_{м.к}$ – реакція секцій механізованого кріплення;

$R_{д.е.к}$ – реакція додаткових елементів кріплення;

$\eta=0,9-0,94$ – коефіцієнт запасу стійкості системи.

Як показують аналітичні дослідження, прояви гірського тиску варіюються від встановленої величини. При статистичній обробці результатів прояву гірського тиску в робочому просторі очисного вибою при неаварійних ситуаціях похибка не перевищує 10% від заданої величини. Відповідно, величина несучої здатності секцій механізованого кріплення складе

$$R_{м.к} \geq \frac{P}{\eta} - R_{д.е.к}.$$

Швидка зміна технологічної ситуації в очисному вибої фактично виключає можливість внесення додаткових елементів кріплення до секцій стругового комплексу. Винятком є аварійні ситуації з вивалів порід покрівлі та необхідність заповнення „куполів“ викладкою дерев'яного клітьового кріплення. Стабільна робота стругового очисного вибою за фактором кріплення забезпечується при дотриманні наступної нерівності

Відповідно, реакція секцій механізованого комплексу визначається

$$R_{м.к} \geq \frac{K_1 x_4 + K_2 x_5 x_6 - K_3 x_2 x_9 - K_4 x_3 x_4}{\eta}.$$

Перевірка отриманої залежності проводилася шляхом вирішення другої наукової задачі на основі визначення межі підвищення інтенсивності відпрацювання тонких пологих вугільних пластів для гірничо-геологічних умов Красноармійського вугленосного регіону, при постійних показниках радіусу форми дуги лінії очисного вибою, виймальної потужності пласта, потужності шару безпосередньої покрівлі та межі міцності на стискання шару основної покрівлі.

При розрахунку прогнозу навантажень на секції механізованого кріплення в отриманій залежності змінювалася швидкість посування очисного вибою в діапазоні від 0,0 до 15,0 м/добу, із кроком обчислення 0,2 м/добу. Графічне відображення аналітичних значень залежності зміни тиску на секції механізованого кріплення наведені на рис. 1.

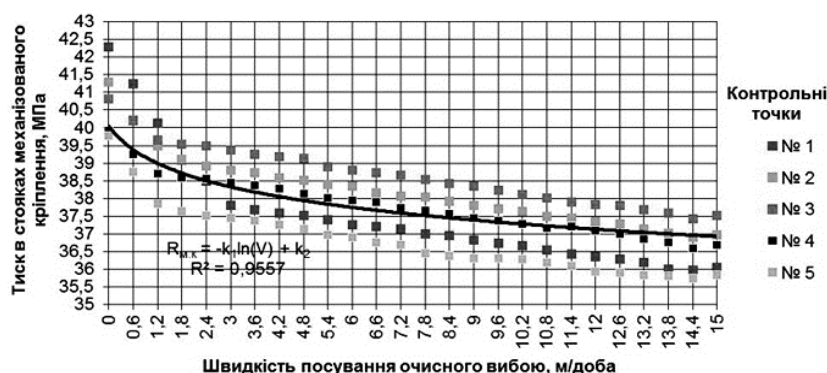


Рис. 1. Залежність зміни тиску на секції механізованого кріплення від швидкості посування очисного вибою

У результаті проведених аналітичних досліджень було встановлено, що навантаження на секції механізованого кріплення зменшується за логарифмічною залежністю

$$R_{м.к} = -k_1 \ln(V) + k_2.$$

Це дозволяє формувати відповідну технологічну ситуацію за довжиною виймального стовпа та корегувати силові параметри секцій механізованого кріплення для ефективного управління станом гірського масиву при змінних швидкостях посування очисного вибою.

Застосування даної залежності є основою при виборі режимів роботи механізованого комплексу, що дає можливість визначати необхідну реакцію секцій механізованого кріплення та дозволяє ефективно провадити відпрацювання тонких вугільних пластів зі швидкостями понад 5 м/добу.

Друга частина проведених досліджень стосувалася вивчення впливу форми очисного вибою, що має форму дуги, на прояв гірського тиску в очисному вибої при інтенсивному вийманні вугілля, визначення діапазону збільшення або зменшення кута радіуса форм вибою для оптимальної роботи очисного вибою. Це здійснюється шляхом визначення напружень експериментально-аналітичним методом.

Для цього було проведено всебічний аналіз зміни напружено-деформованого стану масиву для трьох характерних формах лінії очисного вибою при виїмці вугілля [5].

На основі отриманих результатів розрахунку параметрів дуги очисного вибою, обладнаного струговим комплексом, був побудований графік залежності зміни довжини дуги лави від відстані випередження вибою сполучень з підготовчими виробками (рис. 2).

З отриманих розрахунків і графіка можна зробити висновок, що робота стругового комплексу по фак-

тору кривизни дуги, при коливанні значень коефіцієнта Δ в межах від 0,99 до 1,01, буде ефективною при значенні $\Delta = 1,00 \div 1,002$.

Провівши аналіз даних геометричних параметрів форм очисного забою та маючи велику кількість ін-

формації з шахтних спостережень, для кожної із зон було побудовано графік залежності зміни навантаження на секції механізованого кріплення від кута дуги форми очисного вибою, що представлений на рис. 3.

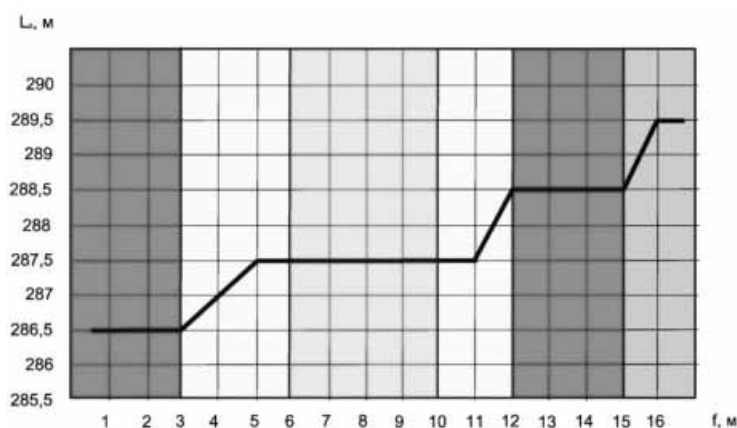


Рис. 2. Графік залежності зміни довжини дуги (L_0) від відстані по нормалі від стояків механізованого кріплення до площини очисного вибою (f)

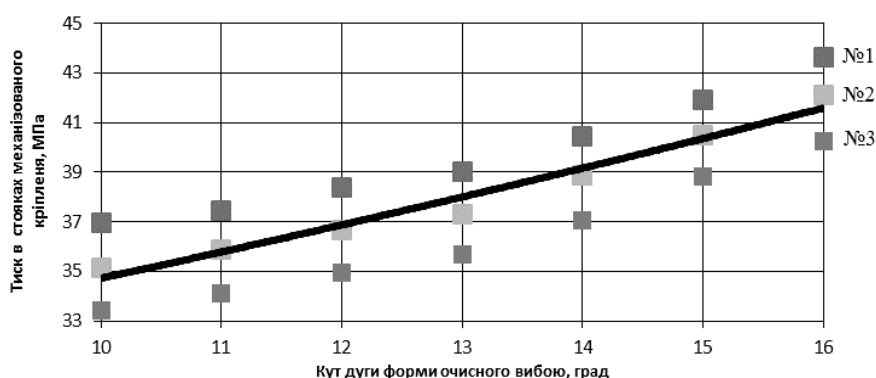


Рис. 3. Графік залежності зміни тиску на секції механізованого кріплення від кута дуги форми очисного вибою для трьох зон: №2; №3; №4

У загальному вигляді, залежність навантаження на секції механізованого кріплення буде мати вигляд при точності обчислень 98%

$$P_c = k_3 e^{k_4 \alpha},$$

де k_3 – коефіцієнт, що враховує гірничо-геологічну ситуацію на виймальній ділянці (його значення коливаються в діапазоні $k_3 = 33,14 \div 35,89$); k_4 – коефіцієнт, що враховує технологічну ситуацію на виймальній ділянці (його значення коливаються в діапазоні $k_4 = 0,025 \div 0,0254$).

З отриманого рівняння можна зробити висновок, що при струговому вийманні форма лінії очисного вибою впливає на навантаження на секції механізованого кріплення (P_c) за експоненціальною залежністю від радіуса кривизни (α) та емпіричних коефіцієнтів (k_3, k_4), що визначають просторове положення вибою та швидкість його посування.

Також за фактором кривизни дуги форми очисного вибою зона ефективної роботи стругового ком-

плексу знаходиться в межах $\alpha = 9 \div 14^\circ$ з кутом максимально ефективної роботи 12° .

Проведені дослідження переконливо доводять існування залежності між зміною кривизни очисного вибою та проявами гірського тиску в робочому просторі лави. Зміна форми очисного вибою призводить до негативних наслідків з управління станом гірського масиву. При варіації зміни радіуса чи його центру на 25% та більше відбувається підвищення навантажень на секції механізованого кріплення приблизно на 60%. Подальше збільшення цих параметрів призводить до неконтрольованих проявів гірського масиву та аварійних режимів роботи механізованого комплексу.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. Метод групового обліку аргументів є дієвим механізмом для визначення зміни навантажень у секціях механізованого кріплення при інтенсивній роботі очисного вибою та дає можливість визначити діапазон збільшення або зменшення швидкості посування очисного вибою для оптимальної його роботи.

Серед загального переліку факторів, що визначають навантаження на секції механізованого кріплення, іс-

нують пріоритетні чинники. Вони суттєво переважають інші досліджувані параметри, тому останніми можна знехтувати. У заданих гірничо-геологічних умовах до головуючих параметрів слід віднести: радіус форми дуги лінії очисного вибою, град; швидкість посування очисного вибою за зміну, м/зм; довжина відходу очисного вибою від монтажного хідника (розрізної печі), м; виймальну потужність пласта, м; потужність шару порід безпосередньої покрівлі, м; межу міцності на стиснення порід основної покрівлі, 10^5 МПа.

З отриманої залежності, що розроблена на основі методу групового обліку аргументів, можна зробити висновок, що реакція секцій механізованого кріплення (R , МПа) в умовах порід покрівлі категорії $A_2 B_3$ визначається критерієм впливу відхилення радіуса (α , град) від заданої форми лінії (L) та швидкості посування очисного вибою за зміну (V , м/зм), що знаходиться в поліноміальній залежності четвертого порядку від навантаження на секції механізованого комплексу (P , МПа).

Список літератури / References

1. Ширнин И.Г. Состояние угольной и сланцевой отраслей ЕС и Украины / И.Г. Ширнин, В.А. Палкин, В.И. Дубницкий // Уголь Украины. – 2007. – № 8. – С. 8–10.

Shirnin, I.G., Palkin, V.A. and Dubnitskiy, V.I. (2007), “Condition of coal and shale branches of European Union and Ukraine”, *Ugol Ukrainy*, no. 8, pp. 8–10.

2. Савостьянов А.В. Концепция теории сдвижения пород при подземной разработке угольных месторождений / А.В. Савостьянов, В.Г. Клочков // Сб. научных тр. Национальной горной академии Украины. – 1999. – №7. – С. 24–29.

Savostyanov, A.V. (1999), “Conception of rock movement theory during underground development of coal deposits”, *Collection of Research Papers of National Mining Academy of Ukraine*, no. 7, pp 24–29.

3. Бондаренко В.И. Влияние скорости подвигания лавы на состояние основной кровли в условиях Западного Донбасса: междунар. научно-практич. конф. (Днепропетровск-Ялта 11–18 сент. 2010г.). / В.И. Бондаренко, С.Л. Денисов // Школа подземной разработки – Днепропетровск: НГУ, 2010. – С. 273–277.

Bondarenko, V.I. and Denisov, S.L. (2010), “Influence of longwall advance rate on main roof position in Western Donbass conditions”, *International research and practice conference “School of Underground Mining”*, Dnipropetrovsk-Yalta, pp. 273–277.

4. Дичковський Р.О. Досвід застосування методу групового обліку аргументів для визначення НДС масиву при високих швидкостях посування очисного вибою / Р.О. Дичковський, Д.В. Бабець, Є.В. Тимошенко // Геотехнічна механіка: Міжвідомчий збірник наукових праць – Дніпропетровськ: ІГТМ НАН України, 2011. – № 94. – С. 41–46.

Dychkovskiy, R.O., Babets, D.V. and Tymoshenko, Ye.V. (2011), “Experience of application of group arguments accounting method for stress-strain state determination during high speeds of longwall advance

rates”, *Interdepartmental collection of research papers: Geotechnical Mechanics*, IGTM, NAS of Ukraine, no.94, pp. 41–46.

5. Тимошенко Є.В. Прогнозування напружено-деформованого стану порід при зміні форми очисного вибою / Є.В. Тимошенко // Зб. наукових праць НГУ. – 2012. – № 37. – С 76–80.

Tymoshenko, Ye.V. (2012), “Prediction of rocks stress-strain state during shape change of longwall”, *Collection of Research Papers of NMU*, no. 37, pp. 76–80.

Цель. Обоснование рациональных параметров технологии ведения очистных работ при применении струговой техники на базе установленных зависимостей изменения напряженно-деформированного состояния горного массива.

Методика. С помощью метода группового учета аргументов, который базируется на использовании принципов математической статистики, были аналитически исследованы и обоснованы технологические параметры (скорость подвигания, угол дуги линии) очистного забоя при извлечении тонких угольных пластов струговыми комплексами нового поколения.

Результаты. Полученные зависимости в полной мере дают возможность прогнозировать нагрузки на секции механизированной крепи, а также, в зависимости от изменения ситуации в очистном забое, корректировать технологические параметры, в частности: скорость струга и кривизну линии очистного забоя.

Научная новизна. Заключается в установлении зависимостей необходимых силовых параметров секций механизированной крепи и характера поведения боковых пород от приоритетности факторов напряженности горного массива и обосновании рациональных параметров технологии очистных работ при отработке тонких угольных пластов при скорости подвигания очистных забоев более 5 м/сутки струговыми комплексами.

Практическая значимость. На базе разработанной методики определения технологических параметров и напряжений вокруг очистной выработки при скорости подвигания более 5 м/сутки была предложена технологическая схема ведения горных работ при высоких скоростях подвигания очистного забоя.

Ключевые слова: струговой комплекс, скорость подвигания очистного забоя, горный массив

Purpose. Investigation of technological parameters, such as advance rate and angle of longwall line directed edge that are very important during substantiation of rational parameters of stoping technology at usage of plough techniques on the base of established changing regularities of rock massif stress-strain state.

Methodology. With the help of group arguments accounting method based on principal mathematical statistics we have investigated and substantiated the technological parameters (advance rate, angle of line directed edge) of stoping during thin coal seams extraction by new generation plough complexes.

Findings. The received regularities give us an opportunity to predict loads on props of mechanized support

and also to correct technological parameters depending on changing situation in face, in particular, speed of plough and curvature of stoping face line.

Originality. The proposed method establishes regularities of necessary force parameters of mechanized support props and behavior pattern of side rocks. Also, from priority factors of rock massif strength and substantiation of rational parameters of stoping technology during thin coal seams extraction at longwalls advance rate more than 5 m/day by ploughs.

Practical value. On the base of the developed methodology of technological parameters determination and stresses around mine working at advance rate more than 5m/day we have proposed the technological scheme of mining at high speeds of longwall advance rate.

Keywords: *plow complex, advance rate of stoping face, rock massif*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Бузилом. Дата надходження рукопису 19.12.13.

УДК 622.271.32

О.А. Темченко, канд. техн. наук, доц.

Державний вищий навчальний заклад „Криворізький національний університет“, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: temaa72@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВІДКРИТОЇ ГІРНИЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ

A.A. Temchenko, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

State Higher Educational Institution “Kriviy Rih National University”, Kriviy Rih, Ukraine, e-mail: temaa72@mail.ru

STUDY OF THE OPEN-CAST MINING TECHNOLOGY PARAMETERS INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF IRON-ORE DEPOSITS DEVELOPMENT

Мета. Встановлення закономірностей впливу параметрів систем розробки на доцільність подальшого застосування відкритої гірничої технології на глибоких кар'єрах залізорудних родовищах.

Методика. Розроблена методика обґрунтування раціональних технологічних схем та визначення основних параметрів елементів систем розробки, зокрема, послідовності переміщення уступів і напрямку відпрацювання глибоких кар'єрів, визначення оптимальних розмірів ширини робочої площадки, довжини екскаваторного блоку та інтенсивності гірничих робіт у цілому.

Результати. Отримані аналітичні розрахунки ширини робочої площадки, висоти уступу та довжини екскаваторного блоку забезпечать необхідну інтенсивність розвитку гірничих робіт на глибоких горизонтах у кар'єрі, що доцільно враховувати при визначенні заданої продуктивності по корисній копалині в конкретних гірничотехнічних умовах розробки залізорудного родовища.

Наукова новизна. Встановлення залежностей мінімальних витрат на виймальні та навантажувально-транспортні роботи (НТР) від оптимальної довжини екскаваторного блоку при різних значеннях можливої висоти вибою з урахуванням ширини заходки по низу дозволить забезпечити ефективність застосування відкритої гірничої технології на завершальному етапі відпрацювання покладів залізорудного родовища.

Практична значимість. Сукупність розглянутих підходів дозволяє визначити раціональний режим та оптимальні параметри гірничих робіт у кар'єрах, що має важливе значення для підвищення ефективності відкритої гірничої технології. З урахуванням встановлених закономірностей визначення основних параметрів робочої зони та застосування раціональних технологічних схем формування кар'єру на глибоких горизонтах, можна обґрунтувати інтенсивність розвитку гірничих робіт при подальшій розробці залізорудних родовищ.

Ключові слова: *кар'єр, ширина робочої площадки, довжина екскаваторного блоку*

Постановка проблеми. Гірничорудні підприємства України працюють в умовах стабільного „старіння“ родовищ корисних копалин, що виражається в погіршенні якості руд, зниженні вмісту корисного компонента у вихідній сировині при наблизненні гірничих робіт до проектних відміток кар'єрів, усклад-

ненні гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов розробки й постійному збільшенні експлуатаційних витрат на видобуток і переробку корисних копалин. Проблема підвищення ефективності гірничих робіт на залізорудних кар'єрах, що планується розробляти до глибини 500...700 м, пов'язана, насамперед, з недосконалістю технологічних схем відпрацювання покладів на глибоких горизонтах при можливих обсягах