

УДК 622.271

А.М. Масєвський<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
 Б.Ю.Собко<sup>1</sup>, д-р техн. наук, ст. наук. співроб.,  
 В.В. Лотоус<sup>2</sup>,  
 А.В. Дробаха<sup>3</sup>

1 – Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: zberovskia@nmu.org.ua

2 – Закрите акціонерне товариство „Полтавський гірничозбагачувальний комбінат“, м. Комсомольськ, Україна

3 – Товариство з обмеженою відповідальністю „Сристівський гірничозбагачувальний комбінат“, м. Комсомольськ, Україна

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕКСКАВАТОРІВ-ДРАГЛАЙНІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У КОМПЛЕКСІ З ВЕЛИКОВАНТАЖНИМИ АВТОСАМОСКИДАМИ

А.М. Maievskiy<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
 B.Yu. Sobko<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Senior Research Fellow,  
 V.V. Lotous<sup>2</sup>,  
 A.V. Drobakha<sup>3</sup>

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: zberovskia@nmu.org.ua

2 – ZAT “Poltava Hirnychozbahachuvalnyi Kombinat”, Komsomolsk, Ukraine

3 – TOV “Yerystivskiyi Hirnychozbahachuvalnyi Kombinat”, Komsomolsk, Ukraine

## DETERMINATION OF PRODUCTIVITY OF DRAGLINE EXCAVATORS WORKING TOGETHER WITH HEAVY DUMP TRUCK

Наведено результати досліджень зі встановлення продуктивності екскаваторів-драглайнів при розвантаженні ними розкривних порід у засоби автотранспорту. Представлено аналітичні залежності даного показника роботи драглайна від ширини заходки при розвантаженні у великовантажні автосамоскиди. Детально досліджено вплив указанного параметру на зміну кута повороту екскаватора на розвантаження, витрати часу на його переміщення, на закуску уступів тощо.

**Ключові слова:** екскаватор-драглайн, автосамоскид, продуктивність екскаватора, кут повороту екскаватора, ширина заходки, тривалість циклу роботи екскаватора

У практиці відкритих гірничих робіт гірничотранспортні комплекси, що включають екскаватори-драглайни (ЕШ) та автосамоскиди, застосовують при розробці м'яких розкривних порід. Ефективність роботи цих комплексів обладнання залежить, перш за все, від потужності розкриття, що відробляється, відстані її транспортування у відвал, а також від технічних характеристик обладнання, що застосовується. Основною проблемою у підвищенні ефективності роботи таких комплексів є підвищення продуктивності драглайнів, котра, у порівнянні з їх роботою по безтранспортній схемі, знижується на 10–15%.

У теорії відкритої розробки родовищ питання визначення продуктивності екскаваторів-драглайнів, як виїмково-навантажувального обладнання, мало досліджені. Більшість досліджень присвячено обґрунтуванню параметрів забою драглайнів, що працюють по ускладненій безтранспортній системі розробки родовищ (БСР)[1].

Продуктивність драглайнів, що працюють у комплексі з автосамоскидами, залежать, в основному, від параметрів забою, що відробляється, тобто, від ширини заходки екскаватора і висоти уступу.

При БСР екскаватори ЕШ працюють із розвантаженням розкривних порід безпосередньо у внутрішній відвал, витрачаючи визначений час (тривалість

робочого циклу  $t_{ц}$ ) на виконання окремих операцій: черпання породи, підйом ковша, поворот на розвантаження, розвантаження ковша, поворот назад у забій, опускання ковша.

У роботах [2, 3] детально досліджено закономірності і встановлено формули для визначення тривалості робочого циклу екскаватора-драглайна. При цьому у вказаних роботах не досліджуються вплив на зміну кута повороту екскаватора, як основної по питомій вазі складової при обчисленні тривалості його робочого циклу, параметрів забою: ширини заходки і висоти уступу.

Ціллю досліджень, що були проведені, є встановлення залежності продуктивності драглайнів, які працюють у комплексі з великовантажними автосамоскидами, від ширини заходки з урахуванням впливу таких факторів, як кут повороту екскаватора-драглайна на розвантаження, витрат часу на переміщення по фронту робіт і часу на закуску уступів.

Практично в усіх літературних джерелах, в яких представлено технічні характеристики екскаваторів-драглайнів, показана наступна тривалість робочого циклу: для екскаватора ЕШ-11/70 вона, наприклад, становить 54 с при куті повороту на розвантаження у відвал 135°; для екскаватора ЕШ-14/50 – 40 с при куті повороту на розвантаження у відвал 60° [4].

Для таких умов годинна теоретична продуктивність екскаватора ( $Q_m$ ) розраховується за традиційною формулою,  $m^3/год$

$$Q_m = \frac{3600 \cdot E}{t_{cy}},$$

де  $E$  – місткість ковша екскаватора,  $m^3$ ,  $t_{cy}$  – тривалість робочого циклу, с.

Годинна технічна продуктивність екскаватора ( $Q_{mex}$ ) становить,  $m^3/год$

$$Q_{mex} = \frac{Q_m \cdot k_n \cdot k_3 \cdot k_{m.6} \cdot k_{n.n}}{k_p},$$

$k_n$  – коефіцієнт наповнення ковша;  $k_3$  – коефіцієнт забою, що враховує вплив допоміжних операцій;  $k_{m.6}$  – коефіцієнт технології виїмки;  $k_{n.n}$  – коефіцієнт, що враховує налипання породи у складних гідрогеологічних умовах;  $k_p$  – коефіцієнт розпушення породи у ковші.

Змінна експлуатаційна продуктивність екскаваторів-драглайнів ( $Q_{e.зм}$ ) визначається за формулою,  $m^3/зм$

$$Q_{e.зм} = \frac{Q_{mex} \cdot k_{вик} (T_{зм} - \sum T_{пз} - \sum T_{р.п} - T_{о.п})}{60}, \quad (1)$$

$k_{вик}$  – коефіцієнт використання екскаватора у часі за транспортними умовами, що враховує час на обмін автосамоскидів;  $T_{зм}$  – тривалість зміни, хв;  $\sum T_{пз}$  – сумарна тривалість підготовчо-заключних операцій за зміну, хв;  $\sum T_{р.п}$  – сумарна тривалість регламентованих перерв, що не залежать від бригади, хв;  $T_{о.п}$  – норматив часу на особисті потреби машиніста екскаватора за зміну, хв.

Перетворивши формулу (1), отримаємо універсальний вираз для визначення змінної експлуатаційної продуктивності екскаватора-драглайна для безтранспортної системи розробки

$$Q_{e.зм} = \frac{60 \cdot E \cdot k_n \cdot k_3 \cdot k_{m.6} \cdot k_{n.n} (T_{зм} - \sum T_{пз} - \sum T_{р.п} - T_{о.п})}{t_{cy} \cdot k_p} \cdot (2)$$

Розрахувавши змінну експлуатаційну продуктивність драглайнів ЕШ-14/50 та ЕШ-11/70, що працюють при розробці розкривних порід, наприклад, Єривського родовища залізистих кварцитів, за формулою (2), отримаємо відповідно:  $Q_{e.зм1} \approx 5518 m^3/зм$ ,  $Q_{e.зм2} \approx 3211 m^3/зм$ .

Розглянемо вплив зміни ширини заходки на змінну експлуатаційну продуктивність драглайна.

Визначаємо загальну тривалість циклу роботи екскаваторів при розробці розкривних порід із завантаженням у автосамоскиди.

Робочий цикл екскаватора складається з окремих операцій, тривалість яких: врізання ковша в забій –  $t_{вр}$ , копання –  $t_k$ , виводу ковша із забою –  $t_o$ , подачі ковша на розвантаження –  $t_{np}$ , повороту на розвантаження –  $t_n$ , розвантаження –  $t_p$ , повороту в забій –  $t_{пз}$  і закидання ковша для нового циклу –  $t_3$  [2].

Крім того, перед окремими операціями необхідно виконувати переключення важелів –  $t_{пер}$ , на що витрачається час  $t_{пер}$ . Таким чином, при повному розчленуванні всіх операцій тривалість циклу може бути представлена так, с

$$t_{cy} = t_{пер} + t_{вр} + t_k + t_o + t_{пер} + t_n + t_{пз} + t_p + t_{пер} + t_{пз} + t_3 \quad (3)$$

На практиці становище децю складніше, оскільки ми маємо справу не тільки з різними швидкостями і траєкторіями ковша, що змінюються під час окремих операцій, але й з можливостями суміщення деяких рухів.

Так, під час проведення хронометражу робочого циклу екскаваторів ЕШ-14/50 та ЕШ-11/70 при розробці розкривних порід Єривського родовища залізистих кварцитів із розвантаженням у автосамоскиди Cat-789С, було виявлено наступні моменти. Виділено появу операції прицілювання ковша перед розвантаженням, на яке витрачається час –  $t_{приц}$ , у той же час визначенням окремо часу виводу ковша із забою, його подачі на розвантаження і закидання для нового циклу можна знехтувати і його було включено до часу на виконання інших операцій.

Отже на практиці формула (3) матиме такий вигляд

$$t_{cy} = t_{вр} + t_k + t_{np} + t_{приц} + t_p + t_{пз} \quad (4)$$

При відробці драглайнами ЕШ-14/50 та ЕШ-11/70 заходки нижнім черпанням та розвантаженням у автосамоскиди Cat-789С, які встановлюються на рівні стояння екскаватора і кути повороту на розвантаження  $\varphi_{n1} = 45^\circ$  і  $\varphi_{n2} = 20^\circ$  відповідно, маємо наступну тривалість окремих операцій та циклу загалом (табл. 1).

Таблиця 1

Тривалість циклу та окремих операцій при розробці уступу розкривних порід екскаваторами ЕШ-14/50 і ЕШ-11/50 із розвантаженням у автосамоскид Cat-789С

| Вид операції             | Середня тривалість операції |          |
|--------------------------|-----------------------------|----------|
|                          | ЕШ-14/50                    | ЕШ-11/70 |
| Врізання ковша у забій   | 2,75                        | 2,25     |
| Копання                  | 7,88                        | 8,06     |
| Поворот на розвантаження | 10,58                       | 8,13     |
| Прицілювання             | 2,08                        | 2,31     |
| Розвантаження            | 6,88                        | 7,31     |
| Поворот у забій          | 12,33                       | 8,88     |
| Робочий цикл             | 42,5                        | 36,94    |

Як бачимо, тривалість операцій повороту екскаватора займає домінуюче положення в загальній тривалості його робочого циклу. До того ж, ми спостерігаємо природну картину збільшення частки часу, що витрачається на поворот, у загальній тривалості циклу при збільшенні кута повороту ( від  $\varphi_{n2} = 20^\circ$  до  $\varphi_{n1} = 45^\circ$ ). Також із даних хронометражу видно, що поворот у забій займає більший час, ніж поворот на розвантаження. Це викликано тим, що необхідність обрати місце для наступного копання уповільнює поворот у забій, хоча теоретично він повинен займати

менший час унаслідок меншого значення інерції частин екскаватора, що обертаються, за рахунок того, що ківш порожній. На це звертав увагу ще професор М.Г. Домбровський [2].

Припустимо, що зміна ширини заходки безпосередньо впливає (через зміну кута повороту) тільки на тривалість операцій повороту.

За формулою, яку запропонував проф. М.Г. Домбровський, тривалість цієї операції становить, с

$$t_n = \frac{\omega_{max}^2 \cdot J \cdot (1,37 + \eta_n^2)}{b \cdot N_{max} \cdot \eta_n} + \frac{\varphi_n}{\omega_{max}}, \quad (5)$$

де  $\omega_{max}$  – максимальна кутова швидкість повороту, рад/с;  $J$  – момент інерції частин екскаватора, що обертаються, кг·м·с<sup>2</sup>. За номограмою, представленою Домбровським, величина  $J$  прямо пропорційно залежить від маси екскаватора;  $\eta_n$  – ККД механізму повороту;  $b$  – коефіцієнт, що залежить від типу приводу;  $N_{max}$  – максимальна потужність поворотного механізму, к. с;  $\varphi_n$  – кут повороту, рад.

Тоді за формулою (5) для екскаваторів ЭШ-14/50 та ЭШ-11/70 можна отримати наступну залежність (рис. 1).

Із графіка видно, що час повороту  $\sum t_n$  логічно збільшується зі збільшенням кута повороту  $\varphi_n$  від  $\sum t_{n.min1} = 7,0$  с,  $\sum t_{n.min2} = 6,1$  с при  $\varphi_n = 10^\circ$  до  $\sum t_{n.max1} = 37,0$  с,  $\sum t_{n.max2} = 31,8$  с при  $\varphi_n = 180^\circ$ .

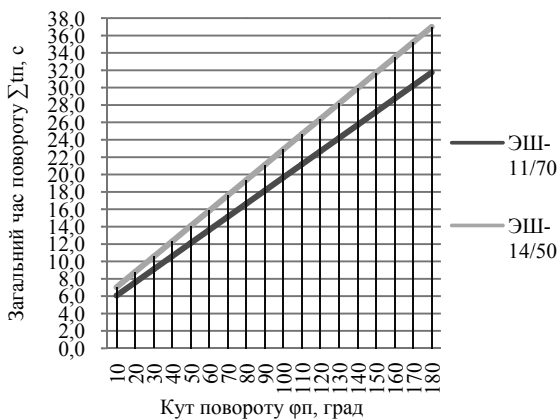


Рис. 1. Залежність часу повороту  $\sum t_n$  від кута повороту  $\varphi_n$  для екскаваторів ЭШ-14/50 та ЭШ-11/70 (за формулою М.Г. Домбровського)

Можна зробити висновок, що значення тривалості повороту є досить заниженими і не відповідають практичним даним, отриманим за допомогою хронометражу.

Скористаємося емпіричною формулою для визначення часу повороту, запропонованою В.В. Ржевським [3], і також побудуємо залежність  $\sum t_n = f(\varphi_n)$  (рис. 2), с

$$t_n = \left(0,5 + \frac{2,5}{E}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{(103E - 300)^{5/3} \cdot \varphi_n^2}{E}} \quad (6)$$

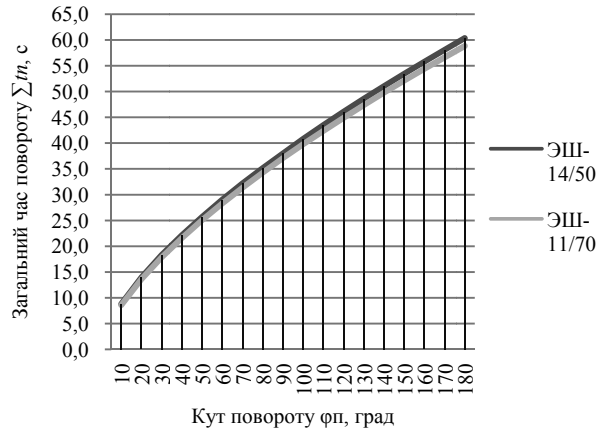


Рис. 2. Залежність часу повороту  $\sum t_n$  від кута повороту  $\varphi_n$  для екскаваторів ЭШ-14/50 та ЭШ-11/70 (за формулою В. В. Ржевського)

Як бачимо із рис. 2, час повороту гіперболічно зростає при збільшенні кута повороту від  $\sum t_{n.min1} = 8,8$  с,  $\sum t_{n.min2} = 8,6$  с при  $\varphi_n = 10^\circ$  до  $\sum t_{n.max1} = 60,4$  с,  $\sum t_{n.max2} = 58,8$  с при  $\varphi_n = 180^\circ$ .

Отже, для дослідження залежності часу повороту від кута повороту доцільніше користуватися формулою (6), оскільки розраховані за нею значення більш точно відповідають даним, отриманим за допомогою хронометражу. Наприклад, для ЭШ-14/50 при  $\varphi_{n1} = 45^\circ$  за даними хронометражу  $\sum t_{n1} = 22,91$  с, а за розрахунками  $\sum t_{n1} = 23,95$  с.

Занижені показники тривалості повороту екскаватора, визначеної за формулою (5), пояснюються тим, що при її виведенні не було враховано вплив сумісних із поворотом операцій (підйом ковша із забою, опускання в забій, переключення важелів).

Виведемо геометричні формули, які відображають вплив зміни ширини заходки та висоти уступу на кут повороту екскаватора-драглайна при розвантаженні у великовантажний автосамоскид  $\varphi_n$  (рис. 3).

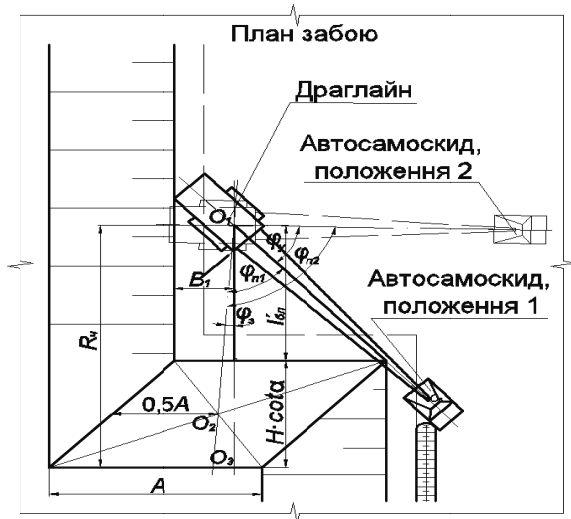


Рис. 3. Схема для визначення кута повороту драглайна на розвантаження  $\varphi_p$  при установці автосамоскида на рівні стояння екскаватора в положеннях 1, 2

Окремо виділяємо кут  $\varphi_3$  – кут повороту стріли екскаватора у забій, який обмежується віссю, уздовж якої переміщується екскаватор ( $O_1O_3$ ), і віссю, що проходить через його центр маси і центр маси забою ( $O_1O_2$ ), який можна визначити наступною залежністю, град.

$$\varphi_3 = \arctg \frac{|0,5A - B - 0,5H \cdot ctg\alpha|}{l_{\delta l} + 0,5H \cdot ctg\alpha},$$

де  $B$  – безпечна відстань від верхньої бровки уступу до вісі екскаватора, м.

$$B = z + r_{\delta} + c,$$

де  $z$  – ширина призми можливого обрушення, м.

$$z = H \cdot (ctg\alpha_y - ctg\alpha),$$

де  $H$  – висота уступу, м;  $\alpha$ ,  $\alpha_y$  – робочий та стійкий кут укосу уступу, град.;  $r_{\delta}$  – радіус бази драглайну, м;  $c=2$  – безпечна відстань від уявної верхньої бровки стійкого кута укосу уступу до бази екскаватора, м;  $l_{\delta l}$  – довжина робочого блоку (разом із призмою можливого обрушення, безпечною відстанню до неї і радіусом бази драглайна), м.

$$l_{\delta l} = R_q - H \cdot ctg\alpha.$$

Для виключення появи від’ємних значень кута  $\varphi_3$  у чисельнику даної формули стоїть знак модуля.

Кут повороту в забій  $\varphi_3$  має виняткове значення при визначенні загального кута повороту екскаватора на розвантаження, оскільки його треба враховувати і при верхньому, і при нижньому розвантаженні в засоби транспорту, а також у випадку застосування безтранспортної системи розробки родовищ.

Розглянемо вплив зміни ширини заходки на кут повороту  $\varphi_n$  при розвантаженні в автосамоскид, що знаходиться на рівні стояння екскаватора.

Загальний кут повороту  $\varphi_n$  розраховуємо за формулою (рис. 3), град

$$\varphi_n = \arctg \frac{A - B}{l_{\delta l}} + \varphi_y \pm \varphi_3, \quad (7)$$

де  $\varphi_y$  – кут, що залежить від місця установки автосамоскида під завантаження, і обмежується віссю, що проходить через центр маси екскаватора і центр маси автосамоскида, який стоїть на мінімальній відстані до краю забою, та віссю, що проходить через центр маси екскаватора і центр маси автосамоскида в даному положенні, град.

Розглянемо випадок, коли самоскид знаходиться в положенні 1 ( $\varphi_y = 0^\circ$ ). На рис. 4 наведено залежність кута  $\varphi_n$  від зміни ширини заходки  $A$  при визначеній висоті уступу.

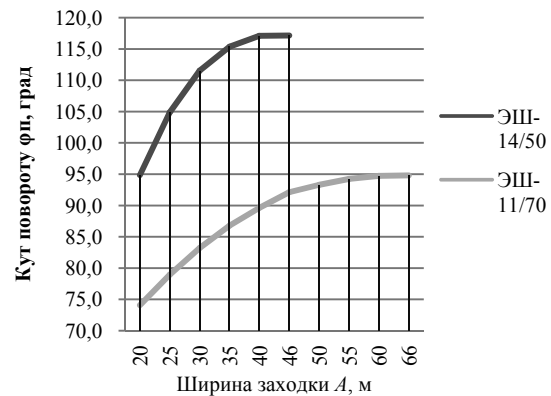


Рис. 4. Залежність кута  $\varphi_n$  від зміни ширини заходки  $A$  при визначеній висоті уступу

Як видно із рис. 4, кут повороту  $\varphi_n$  при збільшенні ширини заходки зростає по гіперболі від найменшого значення  $\varphi_{n.min1} = 94,9^\circ$ ,  $\varphi_{n.min2} = 74,1^\circ$  при  $A_{min} = 20$  м до максимального значення  $\varphi_{n.max1} = 117,2^\circ$  при  $A_{max1} = 46$  м і  $\varphi_{n.max2} = 94,8^\circ$  при  $A_{max2} = 66$  м (за умови, що  $\varphi_y = 45^\circ$ ).

Підставивши у формулу (4) значення часу повороту та кута повороту із формул (6) та (7) відповідно, отримаємо

$$t_u = t_{ep} + t_k + t_{прц} + t_p + \left(0,5 + \frac{2,5}{E}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{(103E - 300)^{5/3} \cdot \left(\arctg \frac{A - B}{l_{\delta l}} + \varphi_y \pm \varphi_3\right)^2}{E}}$$

Визначимо змінну експлуатаційну продуктивність кожного екскаватора, що крокує, та її втрати при зміні ширини заходки  $A$  (табл. 2) для двох положень автосамоскида ( $\varphi_{y1} = 0^\circ$ ,  $\varphi_{y2} = 45^\circ$ ) при установці його на рівні стояння драглайна і визначеній висоті уступу за формулою

$$Q_{e.зм} = \frac{60 \cdot E \cdot k_n \cdot k_3 \cdot k_{роз} \cdot k_{м.в} \cdot k_{н.н}}{t_{ep} + t_k + t_{прц} + t_p + \left(0,5 + \frac{2,5}{E}\right)} \cdot \left(T_{зм} - \sum T_{пз} - \sum T_{р.н} - T_{о.н}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{(103E - 300)^{5/3} \cdot \left(\arctg \frac{A - B}{l_{\delta l}} + \varphi_y \pm \varphi_3\right)^2}{E}} \cdot k_p,$$

де  $k_{роз}$  – коефіцієнт розвантаження, що враховує проसипання породи при розвантаженні драглайна в автосамоскид унаслідок особливостей конструкції ковша (зворотній ківш).

При зміні ширини заходки від  $A_{min} = 20$  м до  $A_{max1} = 46$  м і  $A_{max2} = 66$  м (максимально можлива ширина заходки для драглайнів, що розглядаються), маємо такі значення продуктивності та її втрат (табл. 2).

Таблиця 2

Значення експлуатаційної продуктивності екскаваторів  $Q_{e.зм}$  та її втрат  $\Delta Q_{e.р}$  при зміні ширини заходки  $A$

| Ширина заходки $A$ , м | Річна експлуатаційна продуктивність $Q_{e.зм}$ при $\varphi_y = 45^\circ$ , м <sup>3</sup> /зм |          | Втрати річної експлуатаційної продуктивності $\Delta Q_{e.р}$ при $\varphi_y = 45^\circ$ , м <sup>3</sup> /зм |          |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|                        | ЭШ-14/50                                                                                       | ЭШ-11/70 | ЭШ-14/50                                                                                                      | ЭШ-11/70 |
| 20,0                   | 4 879                                                                                          | 4 639    | 0                                                                                                             | 0        |
| 25,0                   | 4 545                                                                                          | 4 416    | 333                                                                                                           | 224      |
| 30,0                   | 4 355                                                                                          | 4 244    | 523                                                                                                           | 395      |
| 35,0                   | 4 256                                                                                          | 4 115    | 623                                                                                                           | 525      |
| 40,0                   | 4 213                                                                                          | 4 019    | 665                                                                                                           | 620      |
| 45,0                   | 4 211                                                                                          | 3 941    | 667                                                                                                           | 699      |
| 50,0                   |                                                                                                | 3 906    |                                                                                                               | 734      |
| 55,0                   |                                                                                                | 3 877    |                                                                                                               | 762      |
| 60,0                   |                                                                                                | 3 863    |                                                                                                               | 776      |
| 66,0                   |                                                                                                | 3 861    |                                                                                                               | 778      |

У технологічному процесі роботи екскаватора-драглайна існують невірні втрати робочого часу на переміщення драглайну в новий робочий блок та на закуску уступів.

Величина цих втрат ( $\Delta Q_{e.зм.пер}$ ,  $\Delta Q_{e.зм.заук}$ ) визначає, відповідно, величину втрат продуктивності драглайнів та обернено пропорційно залежить від значення ширини заходки (на відміну від втрати продуктивності за рахунок зміни тривалості робочого циклу).

Тому для кожного значення ширини заходки при роботі екскаваторів, що крокують, у комплексі з автосамоскидами змінна експлуатаційна продуктивність може бути розрахована за формулою, м<sup>3</sup>/зм.

$$Q_{e.зм} = Q_{e.зм} - \Delta Q_{e.зм.пер} - \Delta Q_{e.зм.заук}$$

На рис.5 наведено залежність змінної експлуатаційної продуктивності  $Q_{e.зм}$  екскаватора ЭШ-14/50 від ширини заходки  $A$  при БСР та при розвантаженні в засоби транспорту.

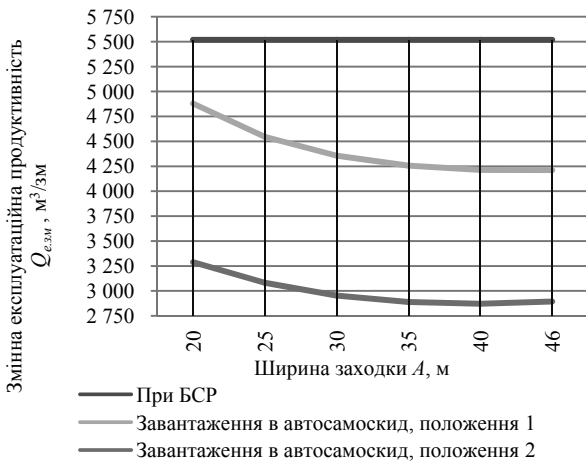


Рис. 5. Залежність змінної експлуатаційної продуктивності  $Q_{e.зм}$  екскаватора ЭШ-14/50 від ширини заходки  $A$  при БСР та при розвантаженні в засоби транспорту

На рис. 6 наведено залежність змінної експлуатаційної продуктивності  $Q_{e.зм}$  екскаватора ЭШ-11/70 від ширини заходки  $A$  при БСР та при розвантаженні в засоби транспорту.

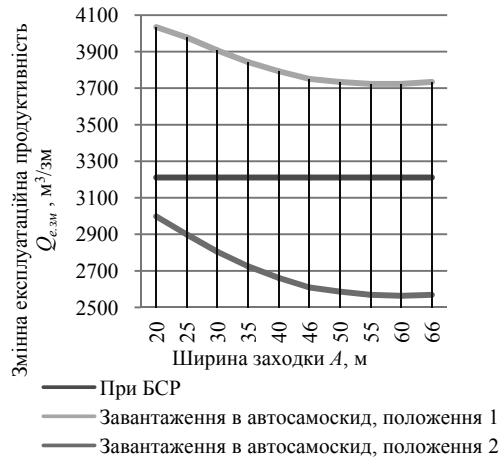


Рис. 6. Залежність змінної експлуатаційної продуктивності  $Q_{e.зм}$  екскаватора ЭШ-11/70 від ширини заходки  $A$  при БСР та при розвантаженні в засоби транспорту

На основі проведених розрахунків та встановлених залежностей визначається продуктивність екскаваторів-драглайнів при їх роботі в комплексі з великовантажними автосамоскидами.

Розроблена методика розрахунку продуктивності може бути використана для визначення оптимальної ширини заходки для конкретних умов родовища, а також для обґрунтування технологічної схеми розробки м'яких розкривних порід та її параметрів при будівництві кар'єру. Результати досліджень можуть бути також використані при обґрунтуванні технологічних схем та їх параметрів в умовах застосування безтранспортної системи розробки горизонтальних родовищ.

**Список літератури / References**

1. Новожилов М.Г. Теория и практика открытой разработки горизонтальных месторождений / Новожилов М.Г., Эскин В.С., Корсунский Г.Я. – М.: Недра, 1978. – 328 с.  
Novozhilov M.G. Theory and practice of open-cast mining of horizontal deposits / Novozhilov M.G., Es-kin V.S., Korsunskii G.Ya. – М.: Nedra, 1978. – 328 p.
2. Домбровский Н.Г. Повышение производительности одноковшовых экскаваторов / Домбровский Н.Г. – М.: Стройиздат, 1951. – 320 с.  
Dombrovskiy N.G. Raise of single-bucket excavators efficiency / Dombrovskiy N.G. – М.: Stroyizdat, 1951. – 320 p.
3. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч.1: Производственные процессы / Ржевский В.В. – М.: Недра, 1985. – 509 с.  
Rzhevskiy V.V. Open-cast mining. Part 1. Production process / Rzhevskiy V.V. – М.: Nedra, 1985. – 509 p.

4. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам / Мельников Н.В. – М.: Недра, 1983. – 414 с.

*Melnikov N.V. Short reference book on open-cast mining / Melnikov N.V. – M., Nedra, 1982 – 414 p.*

Приведены результаты исследований по установлению производительности экскаваторов-драглайнов при погрузке ими вскрышных пород в средства автотранспорта. Представлены аналитические зависимости данного показателя работы драглайна от ширины заходки при погрузке в большегрузные автосамосвалы. Детально исследовано влияние указанного параметра на изменение угла поворота экскаватора на разгрузку, затраты времени на его передвижку, на затоску уступов и др.

**Ключевые слова:** экскаватор-драглайн, автосамосвал, производительность экскаватора, угол по-

*ворота экскаватора, ширина заходки, продолжительность цикла работы экскаватора*

In the article the results of studies on the productivity of dragline excavators applied for overburden loading into transport vehicle are given. The analytical dependence of the dragline performance on the width of cut during loading into heavy dump trucks is presented. The influence of this parameter on change of the angle of rotation of the excavator to unload, the time spent on its movement, making slopes ledges, etc. is investigated in detail.

**Keywords:** *dragline excavators, dump truck, productivity of excavator's work, corner of turn of excavators, width of cut, duration of excavator's work cycle*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.В. Зберовським. Дата надходження рукопису 17.02.11*

УДК 622.271.4:504.062

**Т.Н. Мормуль,  
Ю.И. Литвинов**

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“ г. Днепропетровск, Украина, e-mail: litvinov\_yura@ua.fm

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ГОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА КАРЬЕРА

**T.N. Mormul,  
Yu.I. Litvinov**

State Higher Educational Institution, „National Mining University“, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: litvinov\_yura@ua.fm

## DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL MINING SCHEMES FOR REDUCTION OF REMAINING OPEN AREAS OF AN OPEN PIT

Предложена технологическая схема доработки горизонтальных рудных пластов путем разделения карьерного поля, остающегося к моменту перехода на эту технологию, на два блока. Изложен порядок подвигания фронта вскрышных и добычных работ по этапам последовательной отработки блоков и заполнения остаточного выработанного пространства. Исследована технологическая схема разделения карьерного поля на два блока для сокращения выработанного пространства на Александровском карьере Орджоникидзевского ГОКа.

**Ключевые слова:** *марганцевые карьеры, остаточные горные выработки, разрезная траншея*

**Введение.** Нарушение горнопромышленного ландшафта в виде остаточных технологических объектов в отработанном карьерном поле вызывают экологические и социально-экономические изменения окружающей среды. Прогрессирующее развитие открытых горных разработок требует все большего по площади отвода земельных ресурсов, которые на длительное время выбывают из сельскохозяйственного оборота и не восстанавливаются в полном объеме для использования по своему прежнему назначению. На карьерах с мягкими вскрышными породами значительные площади земель (30...40%) горнодобывающие предприятия не могут рекультивировать для сельскохозяйственного производства, что обусловлено необходимостью сохранения горных выра-

боток и отвалов на начало погашения открытых разработок [1]. Даже на марганцевых карьерах Орджоникидзевского ГОКа (ОГОКа), где применяется передовая технология горного производства и охраны окружающей среды, площадь остаточных выработок составляют около 3,5 тыс. га, вследствие чего коэффициент сельскохозяйственной рекультивации не превышает 0,7.

**Постановка задачи.** Характер и степень нарушения среды, окружающей горное предприятие, и, в частности, земель горного отвода, обусловлены технологическими решениями по формированию карьера как предприятия по добыче полезного ископаемого, и как совокупности горных выработок для разработки месторождения открытым способом. По расчетам авторов, в зависимости от глубины залегания рудного пласта для его разработки необходимо