

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИБОЮ ПРИ НАВАНТАЖЕННІ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ ДРАГЛАЙНАМИ

Виконано аналіз роботи драглайнів при розробці гірничої маси в умовах родовищ з м'якими породами розкриву. Встановлені залежності зміни параметрів вибою від кута повороту драглайна на розвантаження в бункер-перевантажувач. Визначені основні фактори, що впливають на продуктивність роботи виймально-навантажувального обладнання при транспортуванні гірничої маси стрічковими конвеєрами.

Проведен анализ работы драглайнов при разработке горной массы в условиях месторождений с мягкими породами вскрыши. Установлены зависимости изменения параметров забоя от угла поворота экскаватора на разгрузку в бункер-перегрузатель. Определены факторы, которые влияют на производительность выемочно-погрузочного оборудования при транспортировании горной массы ленточными конвейерами.

The development of draglines rock in space births soft overburden is analyzed. The parameters dependence face angle rotation of the excavator to unload the hopper-reloader are set. The factors that affect the performance of excavation loading equipment for transportation rock conveyor belt are identified.

**Вступ.** Виймально-навантажувальні роботи з використанням крокуючих екскаваторів мають тенденцію зросту їх ролі і економічного значення в структурах механізації. У порівнянні з іншим гірничим обладнанням драглайни мають більш широкі технологічні можливості та значно менший тиск на ґрунт. При значному обводненні масиву гірських порід застосування роторних екскаваторів ускладнюється за рахунок більшого питомого тиску на ґрунт, складності маневрування у вибої та великої металоємкості виймального комплексу. Тому застосування драглайнів дає можливість збільшення висоти розробляемого уступу і виймання порід нижнім копанням, підвищення продуктивності гірничотранспортного обладнання, зниження кількості транспортних горизонтів і похилих з'їздів у кар'єрі, скорочення відстані транспортування та зменшення об'єму робіт по переукладанню транспортних комунікацій. В умовах глибокого кар'єру при відпрацюванні багатьох уступів застосування драглайнів найбільш ефективно у комплексі із стрічковими конвеєрами, що дає змогу створити один спільний транспортний горизонт на 2–3 уступи.

**Актуальність теми.** Взаємне розташування стрічкових конвеєрів у транспортній лінії, бункера-перевантажувача і драглайна, а також параметри вибою розраховуються з умов специфічності фіксованого розвантаження ковша екскаватора і досягнення ним нормативної продуктивності. Ця специфічність стосується необхідності розвантаження ковша на максимальному і постійному радіусі  $R_p$ . При цьому бункер-перевантажувач повинен знаходитися на одній із точок кола радіусом  $R_p$ . Крім того, взаємне розташування бункера-перевантажувача і драглайна, а також раціональні розміри вибою повинні встановлюватись з умови постійної продуктивності екскаватора на протязі зміни. Продуктивність екскаватора при постійній глибині черпання і висоті розвантаження може бути перемінною тільки в результаті зміни кута повороту [1]. У цьому зв'язку актуальною за-

дачею буде встановлення взаємозв'язку між параметрами драглайнів та параметрами виймальних уступів для дослідження зміни продуктивності обладнання при відпрацюванні виймальної західки.

**Мета роботи** полягає в науковому обґрунтуванні параметрів вибої при розробці м'якої гірничої маси.

**Викладення основного матеріалу.** При встановленні максимальної величини ширини західки драглайна варто звернути увагу на вплив кута укошу вибою, який рекомендується приймати по можливості більш пологим. Цим досягається зменшення небезпеки обрушення вибою під вагою екскаватора, краща видимість машиніста, а також покращення умов експлуатації тягового канату, оскільки в цьому випадку він менше контактує з верхньою брівкою укошу.

Вплив ширини західки на кут повороту екскаватора ЕШ-15/90 і, відповідно, на його продуктивність досліджено для умов відпрацювання кар'єру №2 Південної ділянки Кінгісеппського родовища фосфоритів, що розробляються по безтранспортній системі із перевалкою породи у вироблений простір [2]. Для виявлення залежності зміни кута повороту драглайна від зміни ширини західки графічним способом були виміряні середні кути повороту екскаватора. Прийнявши за основу величину кута повороту  $22^\circ$  при  $A=30$  м, визначалась його зміна при збільшенні ширини західки. Зміна річної продуктивності драглайна при цьому знаходилась за даними [3], виходячи з яких зміна кута повороту на  $15^\circ$  призводить до зниження його продуктивності на 10%. При цьому встановлено, що зі зміною ширини західки від 30 до 42 м приріст кута повороту складає  $31^\circ$ , а зменшення продуктивності до 640 тис.  $\text{м}^3/\text{рік}$ .

Оскільки тривалість робочого циклу пропорційно впливає на продуктивність драглайна достатньо ретельно виконувались дослідження кута повороту на тривалість повороту при розвантаженні [2]. Робочий цикл екскаватора було поділено на окремі операції із виведенням формул для розрахунку. Із досліджень слідує, що збільшення кута повороту спричиняє зріст тривалості циклу. Однак, в той же час вплив параметрів вибою на зміну продуктивності драглайнів обґрунтовано недостатньо.

Кут повороту у вибою при копанні має виняткове значення при визначенні загального кута повороту екскаватора на розвантаження, тому його треба враховувати як при застосуванні безтранспортної системи розробки, так і при навантаженні у транспортні засоби. Максимального значення кут повороту досягне при найменшій ширині західки драглайна. При цьому, якщо  $A < 80$  м кут  $\beta_g$  не входить у загальний кут повороту  $\beta_n$ , а при  $A = 80$  м кут  $\beta_g = 0^\circ$  (при даній ширині західки вісь, вздовж якої переміщується драглайн, проходить через центр маси вибою). Оскільки технічна продуктивність драглайна залежить від тривалості циклу, встановлено необхідний мінімальний кут повороту стріли при розвантаженні гірничої маси до самохідного бункера-перевантажувача (рис 1).

Слід відмітити, що вибій екскаватора розподілено на проміжні положення стріли для відробки західки шириною  $A$ . У якості виймального обладнання рекомендовано потужний драглайн ЕШ-20/90, який встановлюється на безпечній відстані від верхньої брівки уступу з урахуванням призми можливого обрушення при розробці м'яких порід, що знаходиться за формулою:

$$z = (\operatorname{ctg}\alpha_1 - \operatorname{ctg}\alpha_2) \cdot h_y, \text{ м} \quad (1)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  – кути укосу уступу відповідно заукошеного від масиву та початкового у вибою, град.;  $h_y$  – висота робочого уступу, м.

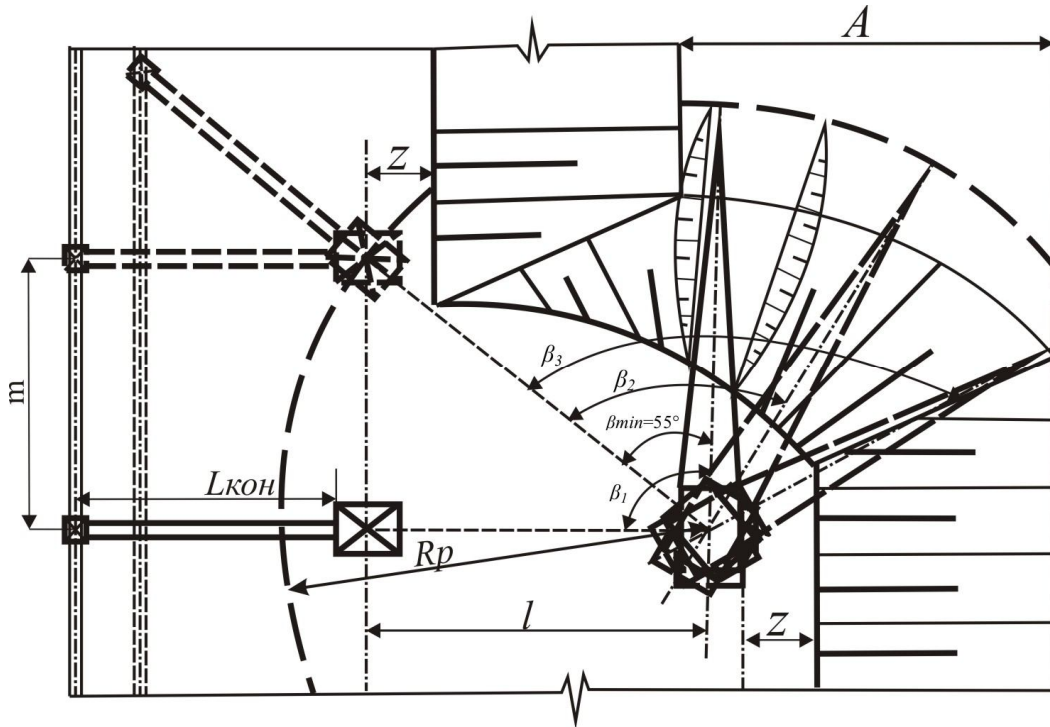


Рис. 1. Схема до розрахунку кута повороту драглайна ЕШ-20/90 при копанні у вибою

Початкове положення бункера-перевантажувача відповідає умовам роботи драглайна з розвантаженням до внутрішнього відвалу. При цьому кут повороту платформи становить  $90^\circ$ , а відвальна консоль бункера розташовується на всю довжину перпендикулярно вісі стрічкового конвеєра. Для розвантаження ковша в підстріловій зоні в конструкцію екскаватора запропоновано ввести допоміжний блочок. Машиніст драглайна одночасно з процесом черпання гірничої маси виконує вкорочення допоміжних канатів з метою зменшення робочого циклу. Наступне положення бункера співпадає з однією із точок радіуса розвантаження екскаватора, що дає змогу зменшити кута повороту драглайна до  $55^\circ$  і відповідно збільшити його нормативну продуктивність в порівнянні з розвантаженням у відвал. Із зміною величини кута повороту стріли формується оптимальна ширина західки. При цьому драглайн почергово одну за одною відпрацьовує прорізи, число яких по мірі відробки блоку досягає 3 – 4. В залежності від ширини західки встановлені значення кутів повороту драглайну на розвантаження. При цьому розглядалось положення бункера-перевантажувача під кутом  $\beta_y$ , що залежить від місця установки бункера під завантаження, і обмежується віссю, яка проходить через центр маси екскаватора і центр маси бункера (рис. 2).

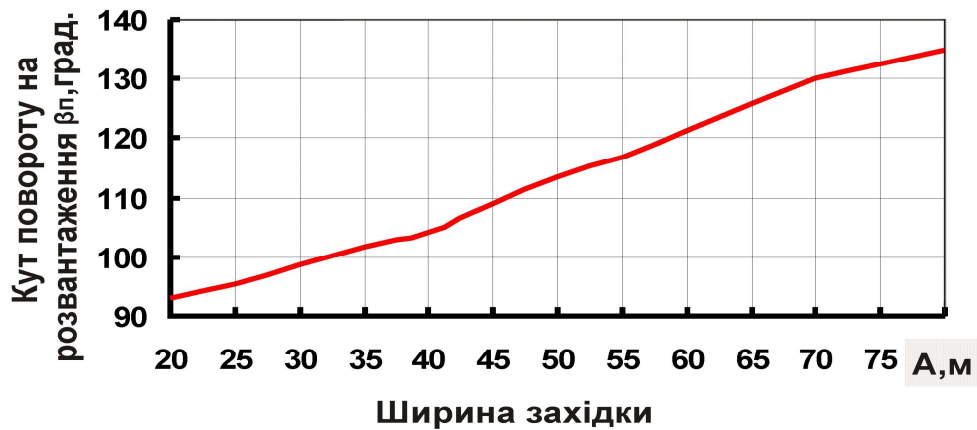


Рис. 2. Графіки залежності ширини західки  $A$  (м) від кута повороту драглайна  $\beta_n$  (град) при куті положення бункера-перевантажувача  $\beta_y=90^\circ$

Відомо, що робочий цикл драглайну складається з окремих операцій, тривалість яких залежить від врізання ковша у вибій  $t_{ep}$ , копання  $t_k$ , виводу ковша із вибою  $t_o$ , подачі ковша на розвантаження  $t_{np}$ , повороту на розвантаження  $t_n$ , розвантаження  $t_p$ , повороту до вибою  $t_{ns}$  і закидання ковша для нового циклу. Крім того, перед окремими операціями необхідно виконувати переключення важелів  $i_{nep}$ , на що витрачається час  $t_{nep}$ . Таким чином, при певному розчленуванні усіх операцій загальна тривалість циклу може бути представлена у вигляді

$$t_{\text{ц}} = t_{ep} + t_k + t_o + t_{np} + t_n + t_p + t_{ns} + t_{nep} \quad (2)$$

На практиці становище складніше, оскільки справа не тільки у різних швидкостях і траєкторіях ковша, що змінюються під час окремих операцій, але і у можливості їх суміщення у процесі екскавації. Так, наприклад, при достатній кваліфікації машиніста екскаватора переключення важелів виконується до закінчення попередньої операції, закидання ковша проходить під час повороту у забій, а подача на розвантаження під час повороту, не уповільнюючи останню операцію.

На Ново-Дмитрівському буровугільному родовищі при застосуванні технологічної схеми з використанням драглайнів і транспортних засобів під час розробки м'якої гірничої маси простежуються всі моменти, що наведені вище. Крім того, при навантаженні порід розкриву до бункера-перевантажувача з'являється операція прицілювання ковша, на яку витрачається час  $t_{прц}$ . Припустивши, що при зміні кута повороту змінюється лише час повороту, а час, що витрачається на врізання ковша у вибій, копання, прицілювання та розвантаження залишається незмінним, визначено тривалість робочого циклу для різних кутів повороту (рис. 3).

З наведеного графіку видно, що при збільшенні кута повороту прямопорційно збільшується тривалість циклу. Ця закономірність і визначає зміну експлуатаційної продуктивності при сумісній роботі з бункером-перевантажувачем.

Відвальна консоль бункера-перевантажувача може розташовуватись під гострим кутом відносно поздовжньої вісі переміщення обладнання. Вибійний стрічковий конвеєр розташовується ближче до бункера, що дає можливість зменшити ширину робочої площадки до 15 – 20 м, а кут повороту на розвантаження до 25 – 35°. Продуктивність драглайна прямопропорційно залежить від об'єму блоку, що відпрацьовується, і кількості крокування по мірі заукіски уступу та глибини черпання у вибою.

$$V_{\delta} = v_{\delta} \cdot h_y \cdot l_{кр}, \text{ м}^3 \quad (3)$$

де  $V_{\delta}$  – об'єм блоку, що відпрацьовується,  $\text{м}^3$ ;  $v_{\delta}$  – ширина блоку драглайна, м  
 $l_{кр}$  – довжина переміщення екскаватора, що залежить від кількості кроків, м.

$$Q_e = n_{\delta} \cdot V_{\delta}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (4)$$

де  $n_{\delta}$  – кількість блоків екскаватора, що відпрацьовуються за добу, од.

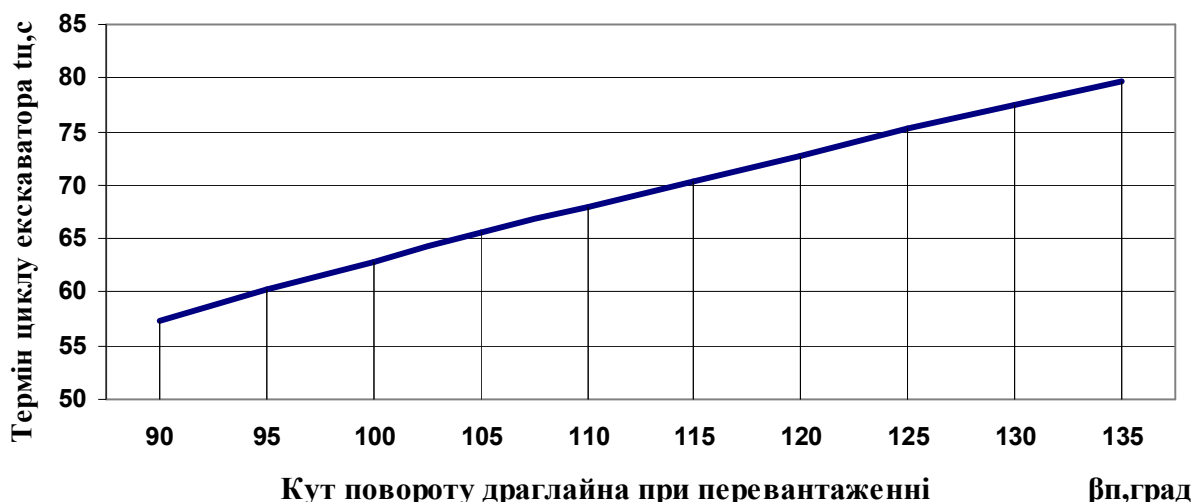


Рис. 3. Графік залежності тривалості робочого циклу драглайну ЕШ-20/90 від кута повороту при навантаженні гірничої маси до бункера-перевантажувача

Драглайн поступово одна за одною зверху до низу відпрацьовує шари обводненої гірничої маси. При цьому в початковий період немає можливості відпрацьовувати уступ на повну висоту, оскільки видимість його нижньої частини обмежена. Тому необхідно проводити закуску погруддя уступу до стійкого кута при розробці м'яких порід до 25 – 30°. По мірі відробки західки меншої висоти і ширини збільшується кількість кроків драглайном на робочій площадці. Це призводить до зниження експлуатаційної продуктивності екскаватора.

З метою дослідження продуктивності драглайнів від параметрів вибою проведено аналіз його роботи за 12-годинну зміну при екскавації гірничої маси на базі хронометражних спостережень. Так, на Північному кар'єрі Орджонікідзевського ГЗК по ускладненій безтранспортній системі відпрацьовується основний уступ висотою від 17 до 19 з використанням крокуючих екскаваторів ЕШ 20/90, ЕШ-

15/90 і ЕШ 10/70. При цьому ширина західки складає 70 м, а кут укосу уступу зі сторони масиву  $45^\circ$ . Після прийому зміни на протязі 32 хв. виконувався маркшейдерський вимір стану робіт, а потім розпочиналася екскавація гірничої маси драглайном ЕШ-20/90 при куті повороту  $90^\circ$ . Так, середній час циклу на врізання у західку екскаватора ЕШ-20/90 складав 69,8 с з нарощуванням продуктивності в межах 820 – 850 м<sup>3</sup>/год (рис. 4). Надалі відбувалися ремонтні роботи та відробка блоку зі зміною продуктивності від 700 до 1100 м<sup>3</sup>/год при зменшенні кута повороту драглайну до  $55^\circ$ . Внаслідок цього середня тривалість циклу знизилась до 48,9 с. Після відробки блоку драглайн виконує крокування з метою чергової пере-екскавації порід розкриття до виробленого простору при максимальній продуктивності 1250,4 м<sup>3</sup>/год, що триває 30 хвилин. Робоча зміна закінчується опусканням ковша драглайна в початкове положення і прибиранням механізмів. Така ж послідовність роботи характерна і для драглайнів інших модифікацій.

Найбільш важливим фактором, що впливає на виробничу потужність гірничого підприємства, є максимальна продуктивність виймально-навантажувального обладнання. У цьому зв'язку доцільно буде розглянути зміну річної продуктивності потужних драглайнів від параметрів вибою при вийманні гірничої маси в умовах Ново-Дмитрівського родовища. При цьому річна продуктивність екскаватора визначається за формулою

$$Q_{ЕШ}^Г = \frac{3600TEK_nK_v}{t_{Ц}K_p} N_{ЗМ} N_{РД} \quad (5)$$

де  $T$  – час зміни, год;  $E$  – об'єм ковша екскаватора, м<sup>3</sup>;  $K_n$  – коефіцієнт наповнення ковша екскаватора, (0,8 – 1,2);  $K_v$  – коефіцієнт використання екскаватора в часі (0,65 – 0,9);  $t_{Ц}$  – термін циклу екскаватора, с;  $K_p$  – коефіцієнт розпушення породи в ковші (1,1 – 1,25);  $N_{ЗМ}$  – кількість змін на добу, (2 – 3);  $N_{РД}$  – кількість робочих днів на протязі року, од.

З урахуванням простоїв екскаватора, його продуктивність визначається залежністю

$$Q_E^P = (360 - T_{np}) \quad (6)$$

При роботі з перевантажувачем продуктивність екскаватора має вид

$$Q_{Е.К}^Г = (360 - T'_{np}) \quad (7)$$

де  $T'_{np}$  – тривалість простою екскаватора при сумісній роботі з перевантажувачем, діб.

Для визначення тривалості простоїв екскаватора слід враховувати час пересувки вибійного конвеєра. При цьому використовувались практичні дані пересувки стрічкових конвеєрів турнодозерами в умовах Орджонікідзевського ГЗК. Встановлено, що тривалість пересувки конвеєрної лінії залежить від типу використовуємого обладнання і пори року. У цьому зв'язку для різних типів екскаваторів встановлений час простою при навантаженні гірничої маси на стрічковий конвеєр через бункер-перевантажувач.

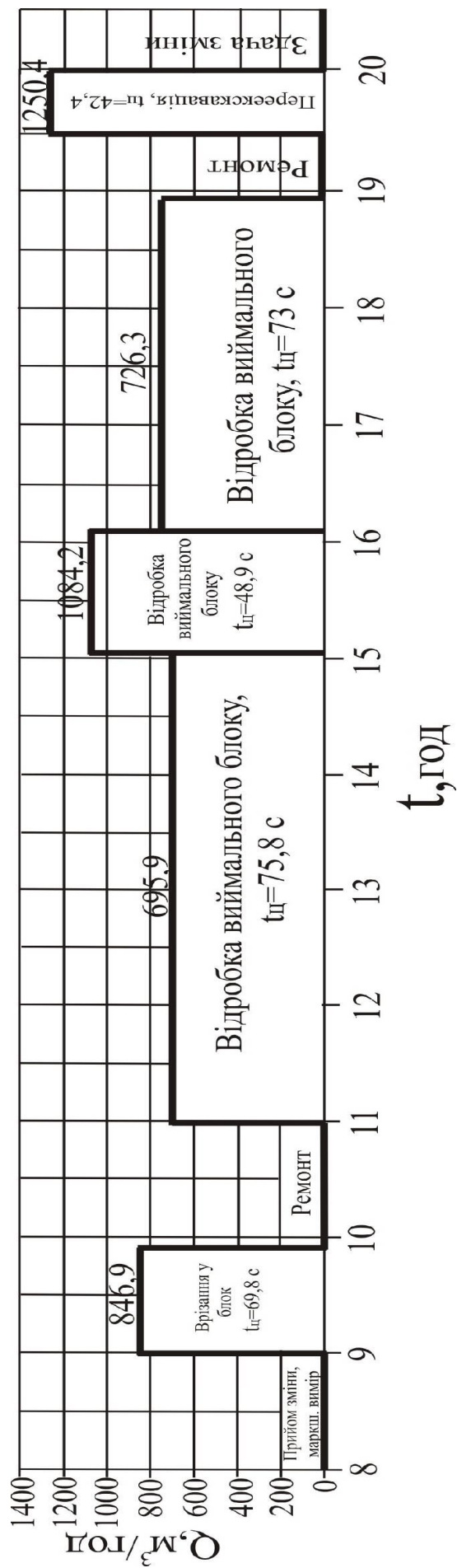


Рис. 4. Усредненный график зміни годинної продуктивності драглайна ЕШ-20/90 на Північному кар'єрі ОГЗК

$$T_{np} = T_3 \cdot n_e \quad (8)$$

де  $T_3$  – час пересувки конвеєра ланками, днів,  $n_e$  – число відпрацьовуваних заходок, од.

З метою визначення оптимальної кількості заходок, що відпрацьовуються в кар'єрі одним екскаватором, проведено аналіз залежності їх числа від параметрів і елементів кар'єрного поля при відпрацюванні обводненої гірничої маси потужними драглайнами з навантаженням до бункеру-перевантажувача і подальшим транспортуванням багатоланковими стрічковими конвеєрами. При цьому річне число відпрацьовуваних заходок в кар'єрі має вид

$$n_E = \frac{B_K v_e h_y}{Q_E^P} \quad (9)$$

де  $B_K$  – ширина кар'єрного поля, м;  $v_e$  – ширина екскаваторної заходки, м;  $h_y$  – висота уступа, м;  $Q_E^P$  – річна продуктивність драглайна, млн. м<sup>3</sup>/рік.

Так, для ЕШ-20/90 при  $B_K = 2$  км і  $v_e = 40$  м.

$$n_E = \frac{B_K v_e h_y}{Q_E^P} = \frac{2000 \cdot 40 \cdot 30}{5400000} = 0,44 \approx 1$$

Продуктивність драглайнів також залежить від витрачання часу при його переміщенні до нового робочого блоку та параметрів вибою. При цьому слід враховувати швидкість переміщення драглайна, час на планування траси бульдозером, переключення кабелів, площу траси, її довжину та ширину, а також конструктивні параметри екскаватора та продуктивність бульдозера.

**Висновки.** На основі виконаних досліджень встановлено, що достовірність визначення експлуатаційної продуктивності драглайнів досягається шляхом використання запропонованих залежностей раціональних параметрів їх роботи (кут повороту драглайна на розвантаження, швидкість переміщення до нового блоку) від параметрів виймальних уступів.

#### Список літератури

1. Лосицкий В.В. Разработка несвязных пород мощными экскаваторами-драглайнами при транспортной системе / В.В. Лосицкий, И.С. Булгаков // Совершенствование технологии открытой разработки железорудных месторождений КМА. – М.: Наука, 1964. – С. 61 – 81.
2. Егин Б.А. Учёт влияния ширины заходки на производительность шагающих экскаваторов / Б.А. Егин, Д.И. Щитов, Т.В. Виноградская // Разработка угольных месторождений открытым способом. – 1976. – Вып. 4. – С. 77 – 82.
3. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых / М.Г. Новожилов. – Ч.1 – М.: Недра, 1971. – 535 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженком А.Ю.  
Надійшла до редакції 15.10.2012*