

УДК 622.271.3

ВСТАНОВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ШИРИНИ ЗАХОДКИ ДРАГЛАЙНУ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ НАДРУДНОГО УСТУПУ З ВОДОПОНИЖУЮЧИМИ СВЕРДЛОВИНАМИ

¹Собко Б.Ю., ¹Ложніков О.В.

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ШИРИНЫ ЗАХОДКИ ДРАГЛАЙНА ПРИ ОТРАБОТКЕ НАДРУДНОГО УСТУПА С ВОДОПОНИЖАЮЩИМИ СКВАЖИНАМИ

¹Собко Б.Е., ¹Ложников А.В.

¹Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»

DETERMINATION OF EFFICIENT DRAGLINE CUT WIDTH ON THE ABOVE-ORE BENCH WITH DRAINAGE WELLS

¹Sobko B.Yu., ¹Lozhnikov O.V.

¹National Technical University «Dnipro Polytechnic»

Анотація. На сьогодні немає комплексної методики, яка дозволяє здійснювати вибір на користь найбільш ефективної технологічної схеми розробки обводненого родовища. У статті наведено результати досліджень присвячених встановленню ефективних параметрів елементів надрудного уступу при розташуванні на ньому водопонижуючих свердловин під час розробки обводнених розсипних родовищ. Розглянуто вплив водопонижуючих свердловин, які розташовані на покрівлі надрудного уступу на організацію екскаваційних робіт на розкривній ділянці кар'єру. На підставі встановленої залежності параметрів елементів надрудного уступу і кількості пересувань водопонижуючих свердловин від ширини заходки драглайну, визначено ефективну схему перенесення водопонижуючих свердловин на надрудному уступі. Встановлено, що при збільшенні ширини заходки драглайна з 20 до 60 м значно зменшується кількість пересувань водопонижуючих свердловин, однак це призводить до зменшення продуктивності драглайну. Виконано аналіз схем відпрацювання надрудного уступу висотою 13 м драглайном ЕШ 10/50 при ширині заходки 20 – 60 м, що відповідає параметрам розробки кар'єру Мотронівського ГЗК. На підставі виконаних досліджень встановлено вплив ширини заходки на продуктивність драглайна при завантаженні розкривних порід до автотранспорту. Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що при зміні ширини заходки в діапазоні 20 – 60 м, для розробки розкривних порід надрудного уступу в умовах кар'єру Мотронівського ГЗК необхідно залучення від двох до трьох драглайнів. При цьому встановлено, що зі збільшенням ширини заходки в три рази продуктивність драглайна знижується на 32%. Наведено розрахунки із визначення необхідного часу роботи драглайнів для розробки річного обсягу розкривних порід на надрудному уступі, а також обсягу бурових робіт при спорудженні водопонижуючих свердловин на ньому. Визначено ефективну ширину заходки драглайна з урахуванням встановлених експлуатаційних витрат на екскаваційні роботи на надрудному розкривному уступі з водопонижуючими свердловинами.

Ключові слова: відкриті гірничі роботи, драглайн, видобувний уступ, водопонижуючі свердловини, ширина заходки, експлуатаційні витрати

Вступ. Розробка обводнених розсипних родовищ, повинна супроводжуватися застосуванням сучасних технологій осушення кар'єрів [1]. Однак в деяких випадках при сприятливих умовах, видобуток корисних копалин на обводненому родовищі може здійснюватися із застосуванням засобів гідромеханізації, які дозволяють відмовитися, наприклад, від використання водопонижуючих свердловин [2]. На сьогодні немає комплексної методики, яка дозволяє здійснювати вибір на користь найбільш ефективної технологічної схеми розробки обводненого родовища.

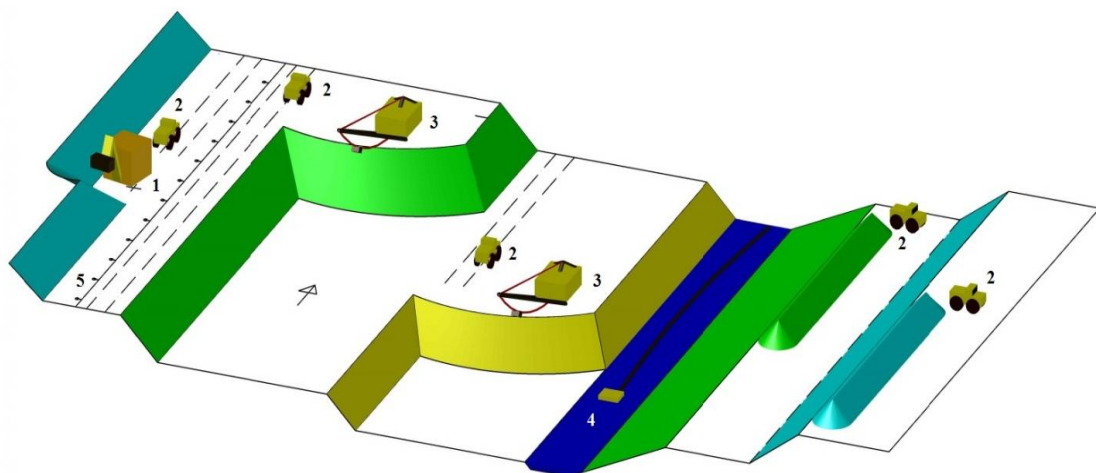
Оскільки можливі технології відпрацювання обводнених розсипних родовищ мають різне виймально-навантажувальне устаткування і види транс-

порту, необхідно робити окремі розрахунки параметрів елементів уступу і системи розробки в цілому для кожної технологічної схеми. Основні відмінності між можливими технологічними схемами розробки обводнених родовищ полягають в параметрах елементів видобувного та надрудного уступів. Причиною цього є можливість використання різних видів виймально-навантажувального обладнання для видобутку корисних копалин, а також способів осушення родовища.

Аналіз виконаних досліджень з питання осушення обводнених розсипних родовищ дозволив встановити, що найбільш ефективними способами осушення є: спорудження водоприймальної траншеї нижче пласта корисної копалини; відкачування води з зумфа, розташованого в розрізній траншеї нижче пласта корисної копалини; спорудження ряду водопонижуючих свердловин на покрівлі рудного пласта [1].

Попередній аналіз можливих способів осушення кар'єру дозволяє зробити висновок, що найбільш істотний вплив на параметри елементів уступу і системи розробки має третій спосіб осушення. В першу чергу це пов'язано з тим, що розміщення водопонижуючих свердловин на покрівлі надрудного уступу, призводить до збільшення: ширини робочих майданчиків; обсягів розкривних порід на початковому етапі експлуатації кар'єра; параметрів кар'єра поверху, а також до зміни схеми руху автотранспорту.

Основний матеріал. Згідно з гірничо-геологічними параметрами Мотронівського розсипу (Малишевське розсипне титан-цирконієве родовище, Дніпропетровська область) запропонована технологічна схема розробки де гідравлічні екскаватори відпрацьовують чотири верхні розкривні уступи із завантаженням породи в автосамоскиди. Розробка надрудного і видобувного уступів виконується драглайнами з нижнім черпанням і верхнім навантаженням в автосамоскиди [3]. Принципова схема відпрацювання обводненого родовища з використанням системи водопонижуючих свердловин представлена на рис. 1.



1 – гідравлічний екскаватор, 2 – автосамоскид, 3 – крокуючий екскаватор; 4 – земснаряд;
5 – система водопонижуючих свердловин

Рисунок 1 – Принципова схема розробки обводненого родовища з використанням системи водопонижуючих свердловин на розкривному надрудному уступі

Як видно зі схеми, представленої на рис. 1, ряд водопонижуючих свердловин 5 розташовується на покрівлі надрудного уступу, яка є робочим майданчиком верхнього розкривних уступу. Розташування водопонижуючих свердловин на покрівлі надрудного уступу потребує особливого підходу до організації гірничотранспортних робіт на цій ділянці. Крім цього виникає необхідність збільшення ширини робочого майданчика верхнього розкривного уступу, для ефективної роботи автомобільного транспорту. Дана необхідність викликана наявністю лінії трубопроводу на робочому майданчику, який розділяє його на дві частини. На одній з них працює драглайн з навантаженням в автотранспорт, а на іншій – гідравлічний екскаватор. В результаті цього, відбувається збільшення початкового об'єму розкривних робіт при будівництві розрізної траншеї, виникає необхідність спорудження двох незалежних автомобільних доріг, які будуть обслуговувати розкривні екскаватори, що знаходяться на одному горизонті.

З практики відкритих гірничих робіт відомо, що від організації навантажувальних робіт [4] і схем під'їзду автосамоскидів залежить продуктивність екскаваторів. Вибір ширини робочих майданчиків має забезпечувати задану продуктивність кар'єра [5]. При цьому проектувальники намагаються зменшити ширину робочих майданчиків для скорочення початкового об'єму розкривних робіт і відстані транспортування, за рахунок цього досягається збільшення коефіцієнту концентрації гірничих робіт [2].

У той же час, прагнення зменшити ширину робочого майданчику, при наявності на ньому ряду водопонижуючих свердловин, призведе до необхідності зміни схеми під'їзду автосамоскидів до екскаватора [6]. Особливо це стосується верхнього розкривних уступу, що розробляється гідравлічним екскаватором з навантаженням в автосамоскиди. Так при відпрацюванні першої схема під'їзду транспорту до екскаватора буде тупикова, така як при проходці траншей. У свою чергу це відіб'ється на часі маневрів автосамоскиду, яке збільшиться в 2,5 – 3 рази [7].

Для забезпечення ефективної роботи кар'єру одним з найважливіших умов є визначення параметрів елементів надрудного уступу, на покрівлі якого розміщуються водопонижуючі свердловини [8]. При їх визначенні необхідно враховувати, що зміна ширини робочого майданчика безпосередньо впливає на результуючий кут укосу робочого борту кар'єру. Так само необхідно враховувати, що видобувний, надрудний і розкривні уступи пов'язані між собою швидкістю посування фронту гірничих робіт, яка залежить від річної виробничої потужності кар'єру.

Аналіз схеми (рис. 1) показує, що основною складністю в розрахунку її параметрів є встановлення частоти переміщення лінії системи водопонижуючих свердловин. Дана частота безпосередньо залежить від ширини заходки крокуючого екскаватора на надрудному уступі. Відповідно, чим менше ширина заходки, тим частіше необхідне перенесення ряду водопонижуючих свердловин, а об'єм з їх спорудження буде збільшуватися.

Першим завданням досліджень є встановлення впливу ширини заходки драглайна, що відпрацьовує надрудний уступ, на кількість пересувань ряду водопонижуючих свердловин протягом року. Під час досліджень розглядалася ширина заходки в діапазоні 20 – 60 м. Даний діапазон відповідає технічним характеристикам роботи драглайна ЕШ 10/50 при верхньому навантаженні гірської маси в автосамоскиди. При виконанні розрахунків приймалися наступні параметри: річний обсяг розкривних порід – 3,68 млн м³, ширина фронту гірничих робіт – 1894 м, висота надрудного уступу – 13 м, річне посування фронту гірничих робіт – 149,5 м. Результати досліджень розрахунків параметрів надрудного уступу і річна кількість пересувань ряду водопонижуючих свердловин наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Залежність параметрів елементів надрудного уступу і кількості пересувань водопонижуючих свердловин від ширини заходки

Ширина заходки, м	Кількість заходок, од.	Обсяг породи в заходці, м ³	Кількість переносів свердловин в рік, од.
20	7,47	492440	8
25	5,98	615550	6
30	4,98	738660	5
35	4,27	861770	5
40	3,74	984880	4
45	3,32	1107990	4
50	2,99	1231100	3
55	2,72	1354210	3
60	2,49	1477320	3

Як видно з результатів розрахунків, наведених в табл. 1, зміна обсягу розкривних порід в заходці має лінійну залежність від її ширини, у той час як кількість пересувань ряду свердловин на покрівлі надрудного уступу, має ступеневу залежність від ширини заходки (рис. 2).

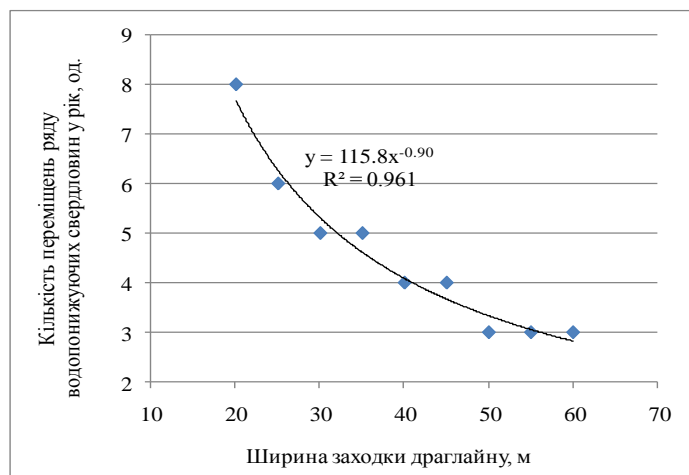


Рисунок 2 – Залежність кількості пересувань ряду водопонижуючих свердловин в рік від ширини заходки драглайна

Згідно з результатами графіка, представленого на рис. 2 збільшення ширини заходки з 20 до 60 м, призводить до зменшення кількості пересувань ряду водопонижуючих свердловин з 8 до 3 в рік. З іншого боку це збільшення призводить до зменшення змінної продуктивності драглайна. Тому вирішення даного завдання необхідно розглядати, як комплексну задачу, що враховує показники ефективності роботи виймально-навантажувального обладнання на розкривному уступі.

Другим завданням досліджень є встановлення впливу ширини заходки драглайна на його продуктивність при відпрацюванні надрудного розкривного уступу в умовах розробки кар'єру Мотронівського ГЗК.

Як відомо, продуктивність драглайна має лінійну залежність від часу робочого циклу екскаватора [9]. З теорії та практики відкритих гірничих робіт відомо, що час робочого циклу екскаватора драглайна становить від 55 до 120 с, в залежності від довжини стріли і кута її повороту при виймально-навантажувальних роботах.

У довідникових матеріалах вказується [3], що виконання розрахунків часу робочого циклу драглайна проводиться при куті робочого повороту стріли – 90° . Оскільки в умовах розробки кар'єру Мотронівський ГЗК розглядається можливість відпрацювання заходок в діапазоні 20 – 60 м, необхідно виконати додаткові дослідження зі встановлення її впливу на продуктивність драглайнів.

Дані дослідження необхідні для встановлення впливу ширини заходки драглайна на час його робочого циклу. Для визначення впливу ширини заходки на продуктивність драглайна, при навантаженні в автосамоскиди, побудовані наступні схеми виймально-навантажувальних робіт (рис. 3).

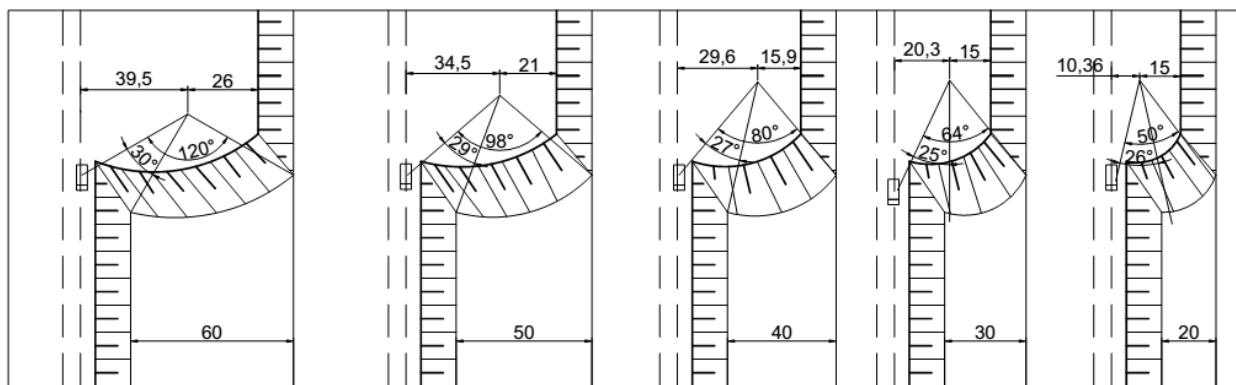


Рисунок 3 – Схеми відпрацювання забою драглайном ЕШ 10/50 при ширині заходки 20 – 60 м і висоті уступу 13 м

Параметри, встановлені графічним методом (рис. 3), дозволяють визначити, що максимальний кут повороту екскаватора досягається при ширині заходки 60 м і становить 120° , в той час як при ширині заходки 20 м, він становить 50° . Мінімальний кут повороту драглайна становить 24° при ширині заходки 20 м, а при ширині заходки 60 м – 30° .

На підставі встановлених параметрів виконані дослідження з визначення впливу ширини заходки на час робочого циклу екскаватора з використанням наступного виразу:

$$t_{\text{Ц}} = t_3 + t_{\Gamma} + t_P + t_{\Pi}, \text{ с}, \quad (1)$$

де t_3 – тривалість завантаження ковша драглайна, с; t_{Γ} – тривалість вантажного ходу стріли, с; t_P – тривалість розвантаження ковша, с; t_{Π} – тривалість порожнього ходу стріли, с.

Аналіз схем роботи драглайна (рис. 3) показує, що тривалість вантажного і порожнього ходу стріли будуть залежати від ширини заходки екскаватора, яка безпосередньо впливає на кут повороту екскаватора під час робочого циклу [3]. Також встановлено, що для умов роботи ЕШ 10/50 час робочого циклу складає 91 с, при куті робочого повороту екскаватора 90° . Відповідно до виразу (1), тривалість вантажного і порожнього ходу стріли екскаватора, можна розрахувати як різницю часу робочого циклу і тривалості навантаження і розвантаження ківша екскаватора.

Експериментальним шляхом встановлено, що час набору ковша екскаватора ЕШ 10/50 складає 15 с, в той час як розвантаження – 10 с. При цьому тривалість вантажного і порожнього ходу стріли екскаватора рівні 33 і 28 с, відповідно. Дані показники відповідають куту повороту екскаватора 90° . Відстань, на яку переміщається ківш від забою до автосамоскиду L_n , визначалося відповідно до виразу:

$$L_n = \frac{\pi \cdot R \cdot \gamma}{180}, \text{ м}, \quad (2)$$

де R – радіус черпання/розвантаження екскаватора, м; γ – кут повороту стріли екскаватора під час робочого циклу, град.

При стандартному куті повороту стріли драглайна 90° , відстань, на яку переміщається ківш від забою до автосамоскиду, становить 71 м. Дані умови характерні при роботі драглайна ЕШ 10/50 з радіусом черпання / розвантаження – 45 м.

Виходячи зі схеми роботи драглайна з навантаження в автотранспорт (рис. 3) встановлені відстані переміщення його ківша при ширині заходки від 20 до 60 м. На підставі отриманих даних, визначено тривалість вантажного і порожнього ходу стріли драглайна:

$$t_{\Gamma n} = \frac{L_{90}}{t_{90}^{\Gamma}} \cdot L_n, \text{ с}, \quad (2)$$

$$t_{\Pi n} = \frac{L_{90}}{t_{90}^{\Pi}} \cdot L_n, \text{ с}, \quad (3)$$

де $t_{\Gamma n}$ і $t_{\Pi n}$ – тривалість вантажного і порожнього ходу стріли драглайна при різній ширині заходки, с; L_{90} – відстань транспортування гірничої маси в ковші при куті повороту екскаватора 90° , м; t_{90}^{Γ} і t_{90}^{Π} – тривалість вантажного і

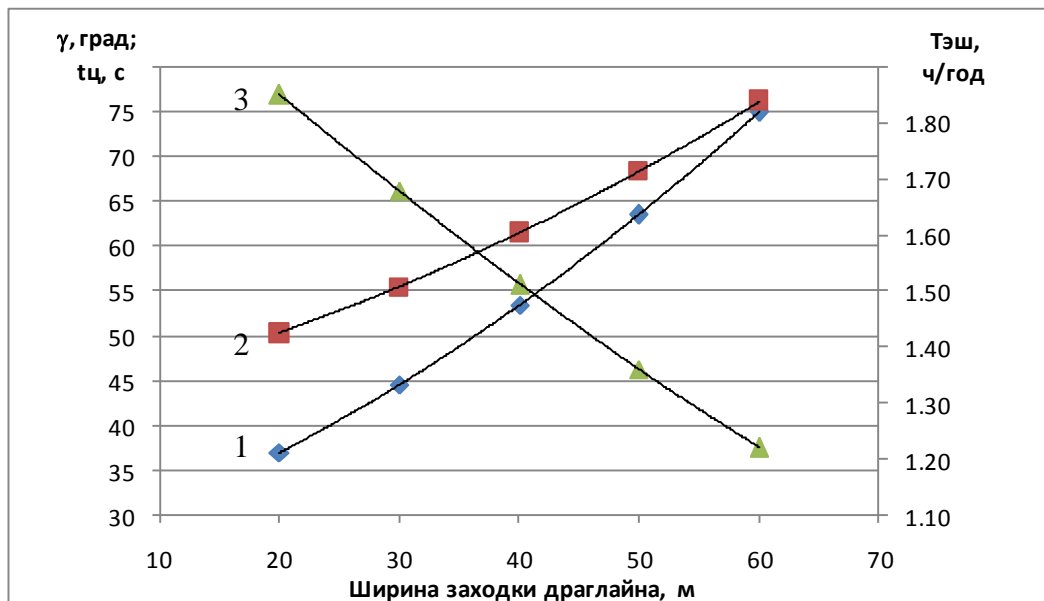
порожнього ходу стріли драглайна при куті повороту екскаватора 90° , с; L_n – відстань транспортування гірничої маси в ковші при різній ширині заходки, м.

Оскільки відстань транспортування гірничої маси в ковші при кожному наборі є різною навіть при відпрацюванні заходки однакової ширини, в розрахунках приймалося середнє значення виходячи з мінімального і максимального кута повороту стріли драглайна (рис. 3).

В ході виконаних досліджень було визначено вплив ширини заходки драглайна на його річну продуктивність. Результати розрахунків наведені в табл. 2 і рис. 4.

Таблиця 2 - Залежність параметрів роботи драглайна від ширини заходки

Параметри	Ширина заходки, м				
	20	30	40	50	60
Мінімальний кут повороту, град	24	25	27	29	30
Максимальний кут повороту, град	50	64	80	98	120
Середній кут повороту, град	37	44,5	53,5	63,5	75
Відстань транспортування породи в ковші, L_n , м	29,0	34,9	42,0	49,8	58,9
Час руху навантаженого ківша, с	13,6	16,3	19,6	23,3	27,5
Час руху порожнього ківша, с	11,7	14,1	16,9	20,1	23,8
Час робочого циклу драглайна, с	50,3	55,4	61,6	68,4	76,3
Продуктивність драглайна, млн m^3 / рік	1,85	1,68	1,51	1,36	1,22



1 – середній кут повороту екскаватора при черпанні/розвантаженні, град; 2 – час робочого циклу екскаватора, с; 3 – річна продуктивність драглайна, млн m^3 /рік

Рисунок 4 – Залежність тривалості робочого циклу екскаватора $t_{ц}$, кута повороту стріли екскаватора під час робочого циклу γ і річної продуктивності драглайна $Q_{ЕШ}$ від ширини заходки

Отримані залежності (рис. 4) дозволили встановити, що при збільшенні ширини заходки в три рази з 20 до 60 м, час робочого циклу екскаватора

збільшується в 1,51 рази з 50 до 76 с, що призводить до зменшення продуктивності драглайна на 34 % з 1,85 до 1,22 млн м³ на рік.

Результати досліджень також дозволяють зробити висновок, що при зміні ширини заходки з 20 до 60 м для розробки річного обсягу розкривних порід на надрудному уступі необхідно задіяти від двох до трьох драглайнів. Так, при ширині заходки драглайна 20 м для видобутку річного обсягу розкривних порід на надрудному уступі вистачить двох машин, а при її збільшенні до 60 м необхідно залучення трьох екскаваторів.

Третє завдання полягає у визначенні ефективної ширини заходки драглайна на надрудном уступі з водопонижуючими свердловинами. Для його вирішення необхідно провести порівняння результатів досліджень зі встановлення залежностей річної кількості пересувань ряду водопонижуючих свердловин, а також продуктивності драглайна від ширини його заходки. Зіставлення цих показників можливе шляхом визначення експлуатаційних витрат на екскаваторні роботи на надрудном уступі, які враховують буріння водопонижуючих свердловин. У зв'язку з цим виконано розрахунок мінімально необхідної кількості годин роботи драглайна на надрудному уступі, а також обсягу бурових робіт на підставі кількості пересувань ряду водопонижуючих свердловин на рік.

Розрахунок необхідного часу роботи драглайнів для виконання річного обсягу розкривних робіт на надрудном уступі виконується відповідно до виразу:

$$T_{\text{ЕШ.Р}} = \frac{Q_{\text{ВН.Г}} \cdot T_{\text{СМ}} \cdot N_{\text{СМ}} \cdot N_{\text{Р.Д.}}}{Q_{\text{ЕШ}}^A}, \text{ год.} \quad (4)$$

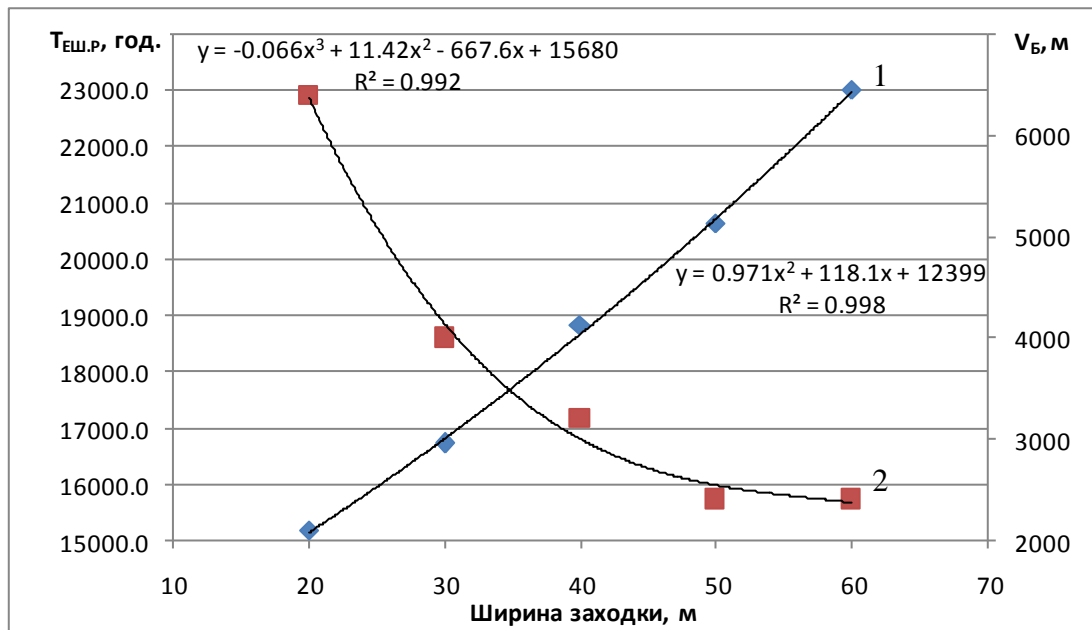
де $Q_{\text{ВН.Г}}$ – річний обсяг розкривних порід на надрудном уступі, м³; $T_{\text{СМ}}$ – тривалість зміни, год.; $N_{\text{СМ}}$ – кількість змін на добу; $N_{\text{Р.Д.}}$ – кількість робочих днів у році; $Q_{\text{ЕШ}}^A$ – продуктивність драглайна при певній ширині заходки, м³.

Основними показниками для визначення обсягу бурових робіт є кількість водопонижуючих свердловин в ряду і кількість пересувань ряду свердловин в рік. При виконанні розрахунку отримане значення округляється в більший бік. Розрахунок обсягів бурових робіт виконується відповідно до виразу:

$$V_{\text{Б.Г}} = \left[\frac{Q_{\text{ВН.Г}}}{L_{\text{Т}} \cdot h_{\text{Н.У}} \cdot A_{\text{ЕШ}}^A} \right] \cdot N_{\text{СК}} \cdot L_{\text{СК}}, \text{ м.} \quad (5)$$

де $L_{\text{Т}}$ – довжина розрізної траншеї, м; $h_{\text{Н.У}}$ – висота надрудного уступу, м; $A_{\text{ЕШ}}^A$ – ширина заходки драглайна, м; $N_{\text{СК}}$ – кількість свердловин в ряду; $L_{\text{СК}}$ – глибина водопонижуючих свердловин, м.

Результати виконаних розрахунків зі встановлення впливу ширини заходки на час роботи драглайнів на надрудном уступі та обсяг бурових робіт зі спорудження водопонижуючих свердловин для умов розробки кар'єру Мотронівського ГЗК наведено на рис. 5.



1 – час відпрацювання розкривних порід, години; 2 – річний обсяг бурових робіт, м

Рисунок 5 – Вплив ширини заходки на час відпрацювання річного обсягу розкривних порід на надрудному уступі та річний обсяг бурових робіт при проведенні свердловин

Згідно з результатами залежностей, наведених на рис. 5, при збільшенні ширини заходки з 20 до 60 м, необхідний час роботи драглайнів для відпрацювання розкривних порід надрудного уступу збільшиться в 1,5 рази з 15,2 до 23,0 тис. годин, а обсяг бурових робіт при спорудженні водопонижуючих свердловин зменшиться в 2,7 рази з 6,4 до 2,4 тис. м.

Отже, збільшення ширини заходки драглайна, з одного боку, призводить до зменшення обсягів бурових робіт при спорудженні водопонижуючих свердловин, а з іншого боку до збільшення часу роботи драглайна при відпрацюванні одного і того ж обсягу розкривних порід. Тому для визначення ефективної ширини заходки драглайна з урахуванням продуктивності та обсягу бурових робіт, виконується розрахунок експлуатаційних витрат відповідно до виразу:

$$Z_{H.V} = T_{ЕШ.Р}^A (C_E \cdot K_H + C_3) + V_{Б.Г}^A \cdot C_B, \text{ грн}, \quad (6)$$

де $T_{ЕШ.Р}^A$ – час роботи драглайна в рік при певній ширині заходки, години; C_E – витрати на споживання електроенергії, грн/години; C_3 – витрати на заробітну плату, грн/години; $V_{Б.Г}^A$ – обсяг бурових робіт при певній ширині заходки, м; C_B – витрати на буріння водопонижуючих свердловин, грн/м.

На підставі отриманих результатів досліджень складено графік впливу ширини заходки драглайна на річні експлуатаційні витрати на екскавацію розкривних порід та бурові роботи на надрудному уступі (рис. 6).

Результати виконаних досліджень (рис. 6) дозволяють встановити, що з позиції експлуатаційних витрат ефективна ширина заходки драглайна для умов розробки надрудного уступу кар'єра Мотронівського ГЗК знаходиться в

діапазоні 20 – 30 м. При цьому мінімальна ширина заходки 20 м дозволяє виконати річний обсяг розкривних робіт на надрудному уступі з використанням двох драглайнів. У разі збільшення ширини заходки з 30 до 60 м, експлуатаційні витрати зростають на 23 % через зниження продуктивності драглайна, а отже необхідність витрати більшого часу на виконання однакового обсягу розкривних робіт.

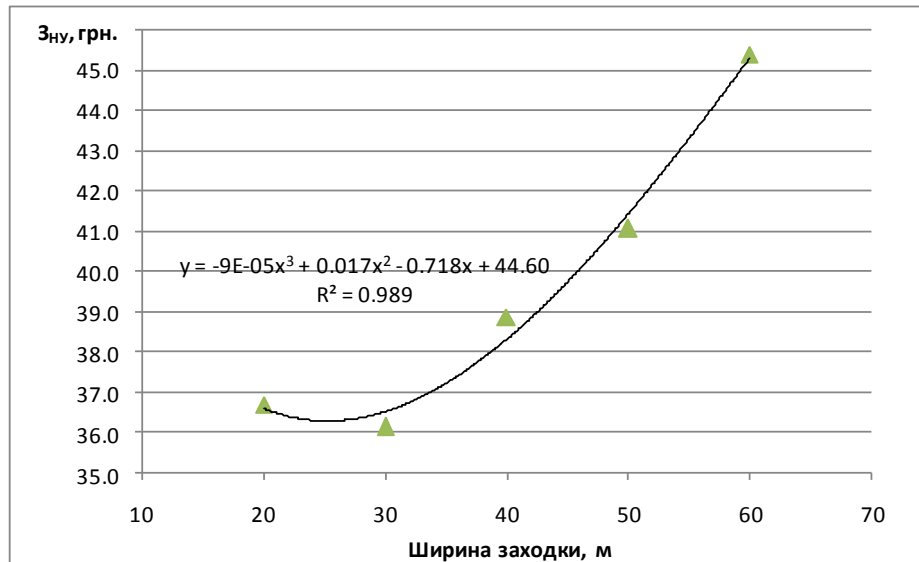


Рисунок 6 – Залежність річних експлуатаційних витрат на екскавацію на надрудному уступі від ширини заходки драглайна з урахуванням буріння водопонижуючих свердловин

Висновки. Виконані дослідження зі встановлення ефективних параметрів розкривного надрудного уступу показали, що при збільшенні ширини заходки драглайна з 20 до 60 м, кількість пересувань лінії водопонижуючих свердловин в рік скорочується з 8 до 3, а обсяг бурових робіт при їх спорудженні зменшується в 2,7 рази з 6,4 до 2,4 тис. м. У той же час збільшення ширини заходки драглайну впливає на його продуктивність через зміну часу робочого циклу екскаватора. Встановлено, що при збільшенні заходки в три рази з 20 до 60 м, час робочого циклу екскаватора збільшується в 1,51 рази з 50 до 76 с, через що зменшується його продуктивність на 34% з 1,85 до 1,22 млн м³ на рік. Результати виконаних досліджень дозволяють встановити, що найбільш раціональною є заходка шириною 20 – 30 м. В цьому діапазоні ефективність досягається завдяки зниженню витрат на бурові роботи при проведенні свердловин, а також високій продуктивності крокуючого екскаватора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Sobko, B.Yu., Lozhnikov, O.V. and Lazniko, v O.M. (2016), «Substantiation of Rational Mining Method at the Motronivskiy Titanium-Zirconium Ore Deposit Exploration», *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*, no. 6, p.41.
2. Sobko, B., Drebenstedt, C. and Lozhnikov, O. (2017), «Selection of environmentally safe open-pit technology for mining water-bearing deposits», *Mining of Mineral Deposits*, vol. 20, no. 5, pp. 20-30.
3. Rai, P., Yadav, U. and Kumar, A. (2011), «Productivity analysis of draglines operating in horizontal and vertical tandem mode of operation in a coal mine—a case study», *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 29(4), pp.493-504.
4. Cheskidov, V.I., Norri, V.K. and Sakantsev, G.G. (2014), «Diversification of open pit coal mining with draglining», *Journal of Mining Science*, 50(4), pp.690-695.

5. Mohammadi, M., Rai P., Oraee, K. and Kumar, M. (2013), «Analysis of availability and utilization of dragline for enhancement of productivity in surface mines—a case study». *Proceedings of the 23rd World Mining Congress*, Montreal, October, pp. 123-128.
6. Mitra R. and Saydam S. (2012), «Surface coal mining methods in Australia», *Mining Methods*, vol. 9(4), pp.125-132.
7. Ombiro S. and Komu J. (2016), Mineral sand handling: Kwale mineral sand equipment selection, *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, vol. 7(3), pp.265-280.
8. Earney F.C. (2012), «Placers and subseabed metallics», *Marine Mineral Resources*, vol. 25, pp. 160-183.
9. Arndt N., Kesler S. and Ganino C. (2015), «Classification, distribution and uses of ores and ore deposits», *Metals and Society*, vol.36, pp. 15-40.

REFERENCES

1. Sobko, B.Yu., Lozhnikov, O.V. and Lazniko, v O.M. (2016), «Substantiation of Rational Mining Method at the Motronivskyi Titanium-Zirconium Ore Deposit Exploration», *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*, no. 6, p.41.
2. Sobko, B., Drebenstedt, C. and Lozhnikov, O. (2017), «Selection of environmentally safe open-pit technology for mining water-bearing deposits», *Mining of Mineral Deposits*, vol. 20, no. 5, pp. 20-30.
3. Rai, P., Yadav, U. and Kumar, A. (2011), «Productivity analysis of draglines operating in horizontal and vertical tandem mode of operation in a coal mine—a case study», *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 29(4), pp.493-504.
4. Cheskidov, V.I., Norri, V.K. and Sakantsev, G.G. (2014), «Diversification of open pit coal mining with draglining», *Journal of Mining Science*, 50(4), pp.690-695.
5. Mohammadi, M., Rai P., Oraee, K. and Kumar, M. (2013), «Analysis of availability and utilization of dragline for enhancement of productivity in surface mines—a case study». *Proceedings of the 23rd World Mining Congress*, Montreal, October, pp. 123-128.
6. Mitra, R. and Sayda, S. (2012), «Surface coal mining methods in Australia», *Mining Methods*, vol. 9(4), pp.125-132.
7. Ombiro, S. and Komu, J. (2016), Mineral sand handling: Kwale mineral sand equipment selection, *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, vol. 7(3), pp.265-280.
8. Earney, F.C. (2012), «Placers and subseabed metallics», *Marine Mineral Resources*, vol. 25, pp. 160-183.
9. Arndt, N., Kesler, S. and Ganino, C. (2015), «Classification, distribution and uses of ores and ore deposits», *Metals and Society*, vol.36, pp. 15-40.

Об авторах

Собко Борис Юхимович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри відкритих гірничих робіт, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (НТУ «ДП»), Дніпро, Україна, sobko.boris.nmu@gmail.com

Ложніков Олексій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри відкритих гірничих робіт, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (НТУ «ДП»), Дніпро, Україна, oleksii.lozhnikov@gmail.com

About the authors

Sobko Boris Yuchimovich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of the Department of Surface Mining, National Technical University "Dnipro Polytechnic" (NTU "DP"), Dnipro, Ukraine, sobko.boris.nmu@gmail.com

Lozhnikov Oleksiy Volodymyrovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of Department of Surface Mining, National Technical University "Dnipro Polytechnic" (NTU "DP"), Dnipro, Ukraine, oleii.lozhnikov@gmail.com

Аннотация. В настоящее время отсутствует комплексная методика, позволяющая осуществлять выбор в пользу наиболее эффективной технологической схемы разработки обводненного месторождения. В статье приведены результаты исследований по установлению эффективных параметров элементов надрудного уступа при расположении на нем водопонижающих скважин при разработке обводненных россыпных месторождений. Рассмотрено влияние водопонижающих скважин, расположенных на кровле надрудного уступа на организацию экскавационных работ на вскрышном участке карьера. На основании установленной зависимости параметров элементов надрудного уступа и количества передвижений водопонижающих скважин от ширины заходки, определена эффективная схема переноса водопонижающих скважин на надрудному уступе. Установлено, что при увеличении ширины заходки драглайна с 20 до 60 м значительно уменьшается количество передвижек водопонижающих скважин, однако это приводит к уменьшению производительности драглайна. Выполнен анализ схем отработки надрудного уступа высотой 13 м драглайном ЭШ 10/50 при ширине заходки 20 – 60 м, что соответствует параметрам разработки карьера Мотроновского ГОКа. На основании выполненных исследований установлено влияние ширины заходки на производительность драглайна при погрузке вскрышных пород в автотранспорт. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что при изменении ширины заходки в диапазоне 20 – 60 м, для разработки вскрышных пород надрудного уступа в условиях карьера Мотроновского ГОКа необходимо использование от двух до трех драглайнов. При этом установлено, что с увеличением ширины заходки в три раза производительность драглайна снижается на 32%. Приведены расчеты по определению необходимого времени работы драглайнов для разработки годового объема вскрышных пород на надрудном уступе, а также объема буровых работ при сооружении водопонижающих скважин на нем. Определена

эффективная ширина заходки драглайна с учетом установленных эксплуатационных расходов на экскавационные и буровые работы на надрудном вскрышном уступе с водопонижающими скважинами.

Ключевые слова: открытые горные работы, драглайн, добычной уступ, водопонижающие скважины, ширина заходки, эксплуатационные расходы.

Annotation. A complex method allowing to carry out the choice in behalf on the most effective technological chart of development of water contented deposit is presently absent. The article deals with the research results on determining effective parameters for the above-ore bench elements when dewatering wells are located on it during development of flooded placer deposits. The influence of dewatering wells located on the roof of above-ore bench on the excavation works in the overburden site of the pit is considered. On the basis of established dependence between parameters of above-ore bench elements, number of dewatering wells relocation and the dragline cut width, an effective scheme of dewatering wells transfer on the above-ore bench was determined. It is established that with an increase of dragline cut width from 20 m to 60 m, number of dewatering wells decreases significantly, however, this leads to a decrease of dragline productivity. Schemes for mining the above-ore bench (13-m high) by the dragline ЭШ 10/50 with a cut width 20 m – 60 m, which corresponds to the parameters of the pit development in the Motonovsky MPP, were analyzed. The performed researches make it possible to establish influence of the dragline cut width on the productivity when overburden rocks are loaded into the trucks. The results of the research allow concluding that with changing dragline cut width within the range of 20 m – 60 m at mining overburden rocks in above-ore bench in the conditions of Motonovsky MPP pit, it is necessary to use up to three draglines. At the same time, it is established that at triple increase of cut width, the dragline output is reduced by 32%. Calculations were made in order to determine time period required for the draglines to mine annual volume of the overburden rocks in the above-ore bench and volume of drilling operations needed for constructing dewatering wells. The effective dragline cut width is determined with taking into account the set operating costs of excavation and drilling operations in the above-ore bench with dewatering wells.

Keywords: surface mining, dragline, mining bench, dewatering wells, cut width, operating costs.

Стаття надійшла до редакції 18.04. 2018.

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук М.С. Четвериком.