

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.271.324

Слободянюк В.К.

Криворізький національний університет

АНАЛІЗ І ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПУНКТІВ АВТОМОБІЛЬНО-ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті здійснено аналіз основних проблем комбінованого транспорту глибоких кар'єрів та конструкцій перевантажувальних пунктів. Застосування на перевантажувальних пунктах прямих механічних лопат ускладнює схему руху кар'єрних автосамоскидів, збільшує висоту підйому і дальність транспортування гірничої маси автосамоскидами. Метою статті є розроблення та обґрунтування конструкції екскаваторного перевантажувального пункту, що має більш високі експлуатаційні характеристики, ніж перевантажувальні пункти на базі кар'єрних механічних лопат. У статті розроблені та досліджені нові схеми внутрішньокар'єрних екскаваторних перевантажувальних пунктів. Принциповою відмінністю від існуючих схем перевантажувальних пунктів є те, що гірничу масу розміщується не в штабелях, а у приймальних траншеях нижче рівня стояння екскаватора. Виконано укрупнену техніко-економічну оцінку перевантажувального пункту з приймальною траншеєю.

Ключові слова: автомобільно-залізничний транспорт, екскаваторний перевантажувальний пункт, гідравлічний екскаватор.

Постановка проблеми. Перспективним напрямом підвищення ефективності роботи глибоких кар'єрів є подальше вдосконалення комбінованого транспорту. Процес перевантаження гірничої маси є важливою частиною технології гірничого виробництва. Його значимість зростає з подальшим поглибленням кар'єрів [1; 2]. Технологічною особливістю екскаваторних перевантажувальних пунктів автомобільно-залізничного транспорту є негативний вплив на розвиток гірничих робіт. По-перше, в робочій зоні кар'єру під перевантажувальними пунктами формуються цілики [3]. Вони чинять негативний вплив на динаміку гірничих робіт і можуть стати причиною зменшення продуктивності кар'єру по руді. По-друге, в кар'єрі створюються гірничотехнічні умови, в яких найменша відстань транспортування гірничої маси автосамоскидами можлива в разі перетину залізничних колій та автомобільних доріг [1]. Але у випадку допущення перетину автомобільних і залізничних доріг втрата продуктивності автосамоскидів відбудеться з іншої причини – через простої самоскидів на залізничних переїздах. Таким чином, усталеною практикою на кар'єрах є об'їзд самоскидами залізничних тупиків перевантажувальних пунктів. Для запобігання перетину транспортних комунікацій

автосамоскиди збільшують відстань транспортування гірничої маси. Тому на багатьох залізничних кар'єрах спостерігається тенденція до перенесення перевантажувальних пунктів на верхні горизонти кар'єрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На багатьох вітчизняних і зарубіжних кар'єрах застосовуються комбіновані транспортні системи. При цьому кожен вид транспорту повинен працювати в найбільш зручних і вигідних для нього умовах, що є передумовою досягнення максимальної техніко-економічної ефективності транспортного процесу. У працях [4–7] досліджені закономірності зміни техніко-економічних показників транспортування гірничої маси за різних гірничотехнічних умов та вивчені особливості гірничих робіт при комбінованому транспорті.

Окремим напрямком у дослідженнях є оптимізація параметрів перевантажувальних пунктів і вивчення впливу їх конструкції на особливості взаємодії суміжних ланок комбінованого транспорту [4]. Негативною рисою комбінованого кар'єрного транспорту є необхідність будівництва перевантажувальних пунктів, що поєднують дві суміжні ланки кар'єрного транспорту. Перевантажувальні пункти ускладнюють технологічний процес і вимагають додаткових капіталовкладень.

Перевантажувальні пункти при автомобільно-залізничному транспорті можуть бути виконані у вигляді перевантажувальних естакад, екскаваторних складів [4] або у вигляді бункерних пристроїв різного принципу дії і конструкцій [8]. Перевантажувальні пункти у вигляді естакад, бункерів та інших споруд мають серйозні недоліки: високий рівень ризику пошкодження і швидке зношення думпкарів, бункерів від великих динамічних навантажень під час розвантаження гірничої маси; жорсткий взаємозв'язок роботи автомобільного і залізничного транспорту.

Найбільшого поширення на кар'єрах при автомобільно-залізничному транспорті отримали екскаваторні перевантажувальні пункти з використанням екскаваторів типу механічної лопати.

Незважаючи на оптимізацію експлуатаційних і капітальних витрат на транспортування гірничої маси, застосування на кар'єрах комбінованого транспорту ускладнюється створенням під транспортними комунікаціями і перевантажувальними пунктами ціликів, а також збільшенням відстані транспортування гірничої маси автосамоскидами з метою недопущення перетину із залізничними коліями (об'їзд залізничних тупиків).

У глибоких залізрудних кар'єрах комбінований транспорт збереже свою ефективність тільки за умови вирішення питання перенесення перевантажувальних пунктів слідом за пониженням гірничих робіт. Без вирішення цього завдання відстань перевезення автотранспортом продовжить зростання. У даний час при комбінованому автомобільно-залізничному транспорті найбільшого поширення набув екскаваторний спосіб перевантаження гірничої маси з автосамоскидів в думпкари. Устаткування перевантажувального пункту складається з одного або декількох екскаваторів і бульдозерів. За довжиною склад, як правило, ділять на дві частини: зону розвантаження автосамоскидів (заповнення) і зону роботи екскаватора (навантаження). Довжина цих частин залежить від кількості автосамоскидів, що одночасно розвантажуються, і повинна бути не менше 40 м.

Широке поширення екскаваторного способу перевантаження гірничої маси на кар'єрах пояснюється такими причинами [5]: можливість прийому і відвантаження значних обсягів гірничої маси, незалежність роботи транспортних засобів на доставці і відвантаженні гірничої маси, простота конструкції перевантажувального пункту, висока швидкість будівництва.

Однак існують певні недоліки екскаваторного перевантаження, що знижують ефективність

використання комбінованого автомобільно-залізничного транспорту і обмежують тим самим глибину його введення в кар'єр: значні розміри в плані, низька пропускна здатність, необхідність формування тимчасово неробочих ціликів.

Доцільна глибина застосування залізничного транспорту в кар'єрі становить 150-250 м. При цьому кількість перевантажувальних пунктів в межах кар'єрного поля може коливатися від 1-2 до 6-8. Перевантажувальні пункти часто розміщують на робочому борту кар'єра. Тривалість існування такого пункту перевантаження на одному місці становить від одного до трьох років [3]. Напівстаціонарний характер внутрішньокар'єрних перевантажувальних пунктів ускладнює виконання вимоги пропорційного ведення гірничих робіт на суміжних горизонтах із певною швидкістю в заданому напрямку.

Зважаючи на викладені несприятливі умови, виникає необхідність зменшення розмірів перевантажувальних пунктів, що розташовані в глибинній зоні кар'єру, що, у свою чергу, приведе до збільшення їх числа і зменшення кроку перенесення.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення та обґрунтування конструкції екскаваторного перевантажувального пункту, що має більш високі експлуатаційні характеристики, ніж перевантажувальні пункти на базі кар'єрних механічних лопат.

Основна ідея роботи полягає у використанні конструктивних особливостей виймально-навантажувального обладнання для обґрунтування раціональної конструкції перевантажувального пункту. В якості виймально-навантажувального обладнання на перевантажувальному пункті нової конструкції передбачено застосування гідравлічних екскаваторів типу ««зворотна лопата»». Під час виконання роботи вирішувалися такі завдання: аналіз тенденцій розвитку комбінованого кар'єрного транспорту та конструкцій перевантажувальних пунктів; розроблення схем перевантажувальних пунктів із використанням гідравлічних екскаваторів типу ««зворотна лопата»»; теоретичне обґрунтування параметрів і укрупнена техніко-економічна оцінка перевантажувальних пунктів.

Виклад основного матеріалу досліджень. Гідравлічні екскаватори типу ««зворотна лопата»» отримали широке поширення на зарубіжних гірничих підприємствах і все більше застосування знаходять на вітчизняних кар'єрах. На залізрудних кар'єрах Кривбасу експлуатуються гідравлічні

екскаватори «Hitachi». Головним чином вони застосовуються у складних гірничотехнічних умовах, під час ліквідації наслідків зсувів, завалів доріг розвалом гірничої маси, розкриття обводних ділянок родовищ, спорудження водозбірних зумпфів [9; 10]. У роботах [10–13] запропоновано застосувати зворотні гідравлічні екскаватори в якості основного обладнання екскаваторного перевантажувального пункту. Конструктивні особливості гідравлічних екскаваторів дозволяють створити перевантажувальний пункт, який чинить менший негативний вплив на динаміку гірничих робіт. Принциповою відмінністю від існуючих схем перевантажувальних пунктів є те, що гірничі маса розміщується не в штабелях, у в приймальних траншеях нижче рівня стояння екскаватора. Розміри приймальної траншеї визначаються технічними характеристиками перевантажувального екскаватора, схемою його розташування відносно траншеї та необхідною ємністю складу.

Доставлену автосамоскидами на перевантажувальний пункт гірничу масу розвантажують під укіс по довжині приймальної траншеї на ділянці заповнення [11; 12] (рис. 1а). Фронт відсипання просувається в напрямку від розвантажувального майданчику до залізничних колій. Одночасно із заповненням ділянки складу ведуть відвантаження гірничої маси. Для цього приймальну траншею попередньо поділяють на дві ділянки: заповнення і відвантаження. Відвантаження гірничої маси зі складу в транспортні засоби здійснюється екскаватором нижнім черпанням торцевим забоем на всю ширину приймальної траншеї. Таким чином, екскаватор у процесі навантаження думп-

карів переміщують по «подушці» з розвантаженої у приймальну траншею гірничої маси за напрямком від торця до центру [11].

За максимальним радіусом розвантаження екскаватора R_p , що забезпечує рівномірне заповнення думпкара, визначається вісь його руху упродовж приймальної траншеї, від якої відкладається значення максимального радіуса черпання на рівні стояння R_q . Глибина перевантажувальної траншеї визначається робочими параметрами гідравлічного екскаватора типу «зворотна лопата» та для більшості екскаваторів не перевищує 7-8 м [12].

Залізнична колія розташовується упродовж поздовжнього укосу вище розташованого уступу, між його нижньою бровкою і верхньою бровкою приймальної траншеї. Транспортну смугу залізничного транспорту і верхню бровку приймальної траншеї розділяє запобіжний цілик шириною $B_{ц}$.

Максимальна ширина приймальної траншеї визначається технічними характеристиками перевантажувального екскаватора (рис. 2а) [12]:

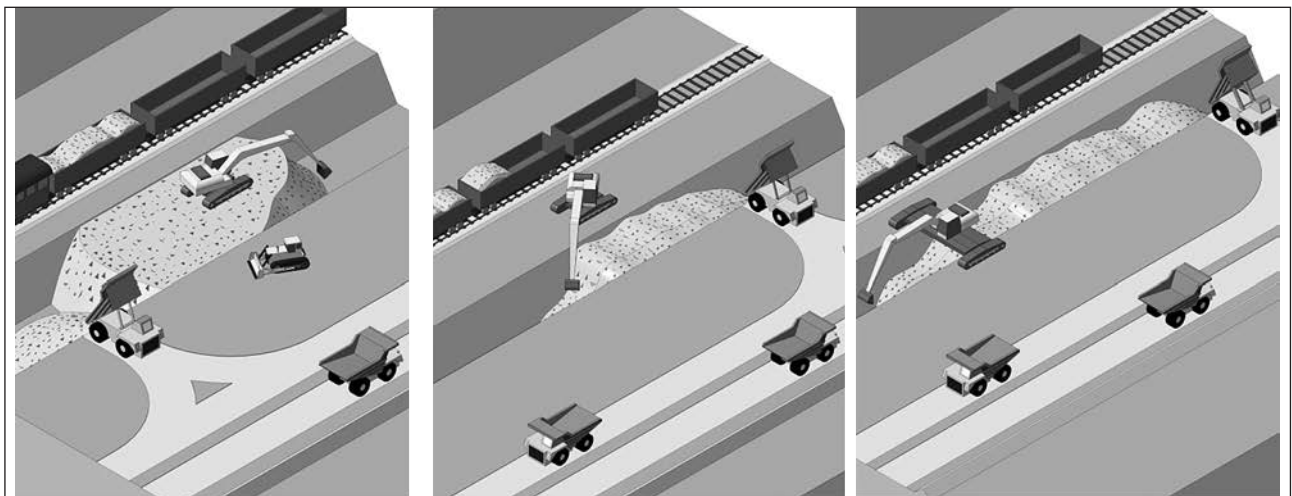
$$B_{mp} = R_q + R_p - B_{ц} - \frac{1}{2} b_m, \text{ м} \quad (1)$$

Мінімальна ширина площадки на ділянці горизонту розміщення перевантажувального пункту розраховується за формулою:

$$B_{nn} = b_m + B_{ц} + B_{mp} + B_m + b_e + b_{np}, \text{ м} \quad (2)$$

де b_{np} – ширина призми обвалення з боку вільної поверхні, м; b_e – ширина запобіжного валу, м.

Аналіз способу формування і експлуатації перевантажувального пункту із використанням зворотної гідравлічної лопати, яка розташована на гірничій масі, відсипаний в приймальній траншеї [12], дозволив



а) б) в)
Рис. 1. Схеми внутрішньокар'єрних екскаваторних перевантажувальних пунктів автомобільно-залізничного транспорту з використанням в якості перевантажувального обладнання гідравлічних екскаваторів типу «зворотна лопата»

встановити такі особливості цього способу. Порівнюючи даний спосіб із перевантажувальним майданчиком, який обладнано прямою механічною лопатою, слід зазначити, що загальною є необхідність для забезпечення безперервної роботи перевантажувального пункту його поділу по довжині на дві ділянки (ділянка розвантаження самоскидів, ділянку навантаження думпкарів). Це призводить до збільшення довжини перевантажувального пункту і обсягу заскладованої гірничої маси. Дана особливість є недоліком вказаного способу, ми не можемо відвантажувати гірничу масу до того моменту, поки перетин траншеї не буде заповнено гірничою масою.

У ході заповнення траншеї гірничою масою фронт розвантаження автосамоскидів швидко

переміщається (оскільки траншея має невелику глибину). Ця особливість зумовлює великий обсяг бульдозерних планувальних робіт, приблизно вдвічі більший, ніж на перевантажувальному пункті з прямою механічною лопатою. Цього недоліку позбавлено перевантажувальний пункт, в якому екскаватор не рухається по гірничій масі, відсипаній у контурі траншеї. Перевантажувальний екскаватор переміщається по майданчику, розташованому між верхньою брівкою приймальної траншеї і віссю залізничної колії (рис. 1б). Таке розташування екскаватора робить можливим відвантаження гірничої маси з приймальної траншеї без необхідності її повного заповнення. Поверхня розділу перевантажувального майданчику на зону

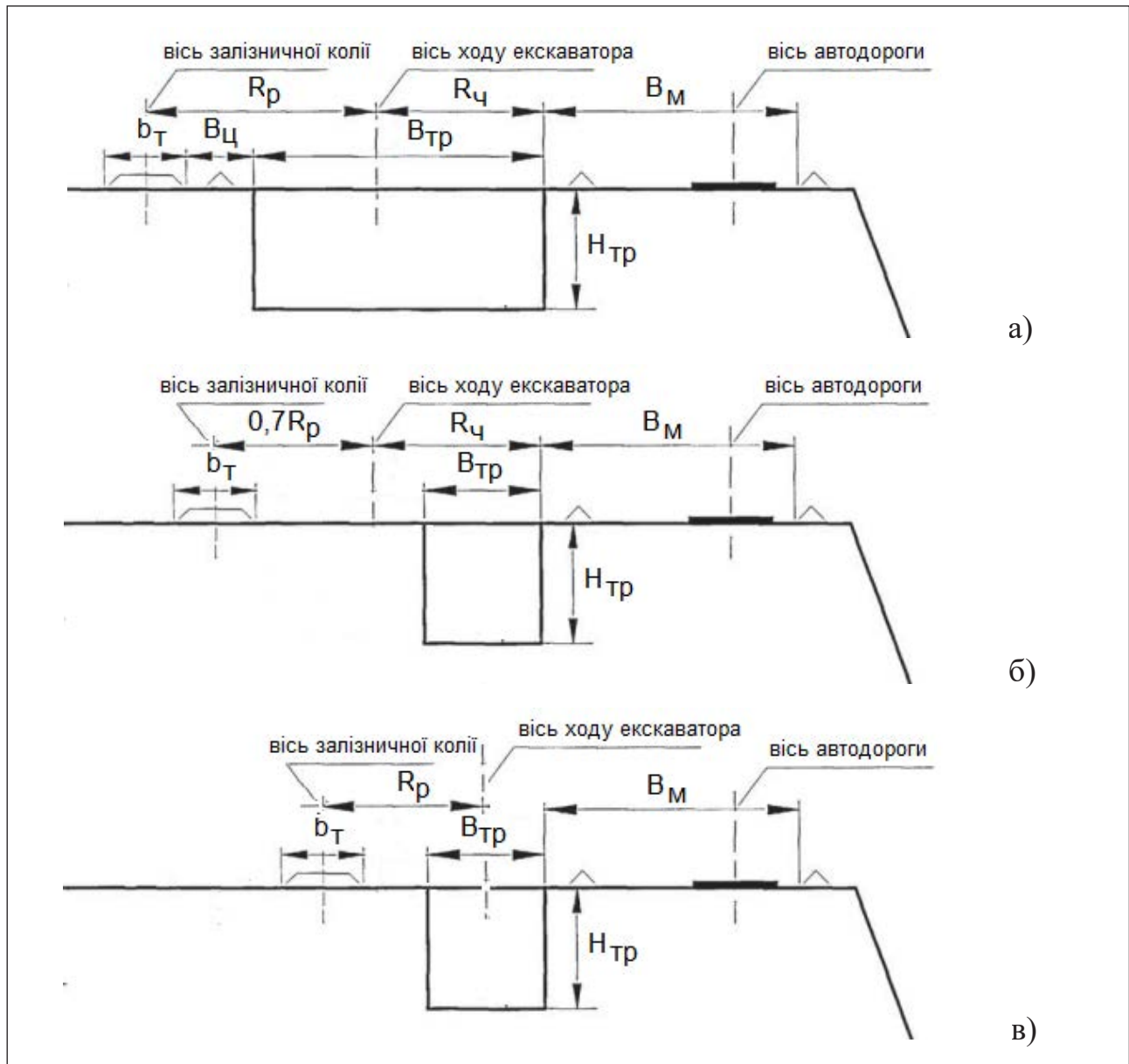


Рис. 2. Розрахункові схеми перевантажувальних пунктів

розвантаження самоскидів і зону відвантаження гірничої маси в думпкарі розташована не перпендикулярно борту кар'єра (осі залізничних колій), а паралельно, співпадаючи з поздовжньою віссю приймальної траншеї. Така конструкція перевантажувального майданчику робить його дуже компактним, мобільним та здатним до відвантаження гірничої маси при мінімальному його заповненні гірничою масою.

Гірничі роботи за розробленою технологією виконуються нижчеописаним чином (рис. 2) [13]. Гідравлічним екскаватором типу ««обернена лопата»» (1) проходять приймальну траншею (2). Сформовану приймальну траншею (2) за шириною умовно поділяють на дві ділянки: розвантажувальний борт (3) і завантажувальний борт (4). Заповнення приймальної траншеї (2) гірничою масою здійснюють на розвантажувальному борту (3) автосамоскидами (5). У загальному випадку для недопущення перетину технологічних доріг розвантажувальним бортом (3) є борт приймальної траншеї (2), що розташований ближче до нижчележачих горизонтів кар'єра, завантажувальним бортом (4) – борт приймальної траншеї, що розташований ближче до вищележачих горизонтів кар'єра. Залізничну колію (7)кладають уздовж завантажувального борта (4) приймальної траншеї (2).

Перевантаження гірничої маси з приймальної траншеї (2) виконують гідравлічним екскаватором (1), який розташовують на завантажувальному борті (4) приймальної траншеї (2), в засоби залізничного транспорту (8), що розташовані на рівні установки гідравлічного екскаватора.

Перевантажувальний пункт (рис. 3) експлуатують протягом часу відпрацювання екскаваторної заходки (заходок) уступу. Що знаходиться вище (8). Після посування гірничих робіт на вищележачому уступі на майданчику, що звільнився, гідравлічним екскаватором типу ««обернена лопата»» (1) проходять приймальну траншею (2). Після вводу в експлуатацію переміщеного перевантажувального пункту виконують відпрацювання екскаваторної заходки (заходок) (9) нижчележачого уступу. Для підвищення продуктивності перевантажувального пункту на завантажувальному борту траншеї на безпечній відстані один від одного розташовують два і більше гідравлічних екскаваторів типу «обернена лопата». Використання перевантажувального пункту запропонованої конструкції забезпечує підвищення продуктивності гірничотранспортного обладнання та зменшує негативний вплив кар'єрного транспорту на динаміку гірничих робіт.

Ширина приймальної траншеї визначається наступним чином (рис. 2б). Для забезпечення рівномірного заповнення думпкара розташуємо вісь руху екскаватора від осі залізничної колії на відстані $0,65-0,7$ від максимального радіуса розвантаження екскаватора R_p , від якої відкладається значення максимального радіуса черпання на рівні стояння R_q . Максимальний радіус черпання на рівні стояння R_q визначає протилежний борт траншеї, з якого розвантажуються автосамоскиди.

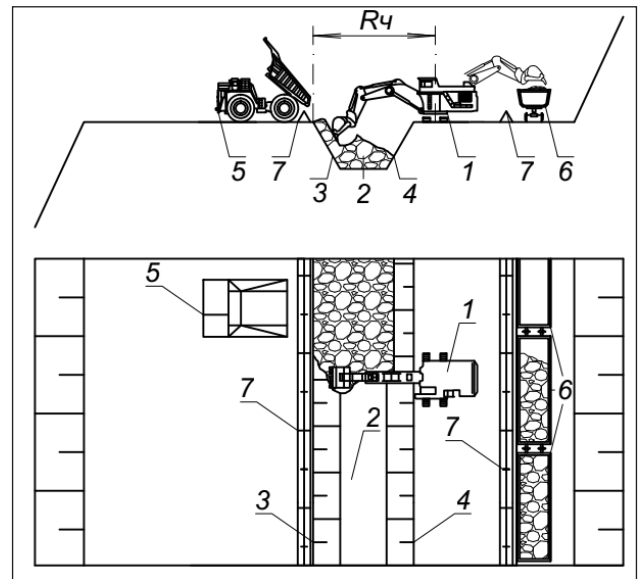


Рис. 2 Спосіб формування та експлуатації перевантажувального пункту [13]

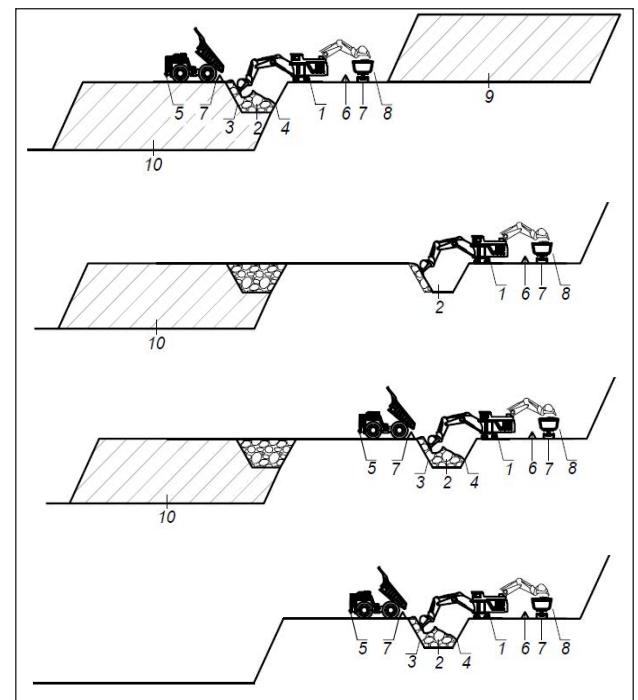


Рис. 3 Схема гірничих робіт під час переміщення перевантажувального пункту

Ширину траншеї визначаємо з урахуванням параметрів екскаватора і з урахуванням його безпечного розміщення на відвантажувальному борту траншеї:

$$B_{mp} = R_c - 0,5B_x - c, \text{ м} \quad (3)$$

де B_x – ширина ходової частини екскаватора, м; c – відстань від зовнішнього краю гусениці до бровки траншеї, м.

Мінімальна ширина майданчику на ділянці горизонту розміщення перевантажувального пункту розраховується за формулою (рис. 2б):

$$B_m = \frac{1}{2}b_m + 0,7R_p + R_c + B_m + b_e + b_{np}, \text{ м} \quad (4)$$

У таблицях 1 і 2 наведено порівняльний аналіз переваг і недоліків перевантажувальних пунктів з різними типами екскаваторів.

В якості альтернативного варіанту може бути розглянуто перевантажувальний пункт із розташуванням приймальної траншеї між гусеницями екскаватора (рис. 1в). Для забезпечення високої приймальності здатності траншеї необхідно виготовити екскаватор зі збільшеною шириною ходової частини (10-12 м). Перевантажувальний пункт такої конструкції має меншу ширину і зберігає переваги раніше розглянутих схем.

$$B_{mp} = B_x - 2(b_e + c), \text{ м} \quad (5)$$

Мінімальна ширина майданчику на ділянці горизонту розміщення перевантажувального пункту розраховується за формулою (рис. 2в):

$$B_m = \frac{1}{2}b_m + R_p + 0,5B_{mp} + B_m + b_e + b_{np}, \text{ м} \quad (6)$$

Основними параметрами перевантажувального пункту, що впливають на показники роботи кар'єра, є ширина, довжина, місткість та продуктивність перевантажувального екскаватора.

Дослідимо залежність місткості приймальної траншеї від схеми розташування екскаватора щодо приймальної траншеї і від робочих параметрів екскаватора. На рис. 4 наведені результати розрахунку місткості приймальної траншеї глибиною 7-8 м, довжиною 100 м під час використання екскаватора Hitachi EX 2500-6 ($R_c = 16,5\text{м}$, $R_p = 12\text{м}$), діапазон зміни робочих параметрів екскаватора 0,75-1 від максимальних значень, коефіцієнт розпушення породи 1,35.

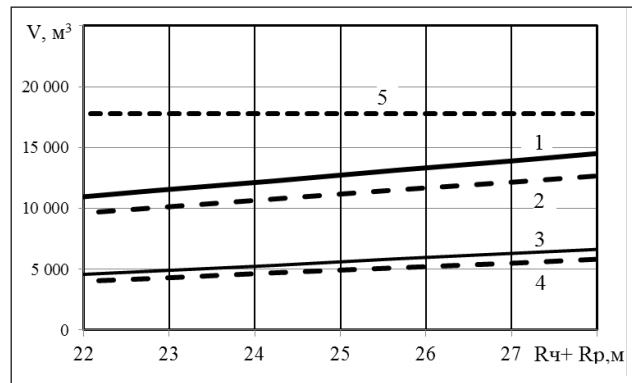


Рис. 4. Залежності місткості перевантажувального складу типу «приймальна траншея» від робочих параметрів перевантажувального екскаватора, довжина складу 100м (1, 2 – схема з переміщенням екскаватора по гірничій масі в контурі приймальної траншеї; 3, 4 – схема з переміщенням екскаватора по цілику уздовж приймальної траншеї; 5 – місткість складу гірничої маси при використанні прямої механічної лопати; 1, 3 – глибина траншеї 8 м; 2, 4 – глибина траншеї 7 м)

Таблиця 1

Порівняльний аналіз конструкцій екскаваторних перевантажувальних пунктів (переваги)

Схема з використанням екскаватора типу механічна лопата	Схема з розташуванням гідравлічного екскаватора на гірничій масі в приймальній траншеї	Схема з переміщенням гідравлічного екскаватора по цілику уздовж приймальної траншеї
1. Проста конструкція. 2. Використовується штатне виймально-навантажувальне обладнання.	1. Не створює значних перешкод розвитку гірничих робіт. 2. Проста конструкція. 3. Зменшення відстані транспортування автотранспортом: відсутній перепідйом гірничої маси; не потрібно об'їжджати залізничні тупики. 4. Можливість обслуговування одним перевантажувальним пунктом декількох екскаваторних вибоїв у разі використання на перевантажувальному пункті потужного гідравлічного екскаватора.	1. Не створює перешкод розвитку гірничих робіт. Нестационарний, ковзаючий перевантажувальний пункт. 2. Проста конструкція. 3. Невелика ширина, довжина і площа приймальної траншеї. 4. Зменшення відстані транспортування автотранспортом: відсутній перепідйом гірничої маси; не потрібно об'їжджати залізничні тупики. 5. Можливість обслуговування одним перевантажувальним пунктом декількох екскаваторних вибоїв у разі використання на перевантажувальному пункті потужного гідравлічного екскаватора. 6. Менша потреба в бульдозерах. 7. Можливість навантаження думпкарів без необхідності повного заповнення траншеї гірничою масою.

Місткість перевантажувального складу прибортового типу довжиною 100 м і висотою 12 м у перерахунку на цілик становить 17,8 тис.м³. Порівняємо місткість перевантажувальних складів типу «приймальна траншея» зі складом прибортового типу, прийнявши останній за 1. Під час збільшення ступеня використання робочих параметрів зворотної гідравлічної лопати від 0,75 до 1 відбувається збільшення порівняльної місткості перевантажувального складу від 0,52 до 0,60 для траншеї глибиною 7 м і від 0,73 до 0,83 для траншеї глибиною 8 м із розміщенням екскаватора на гірничій масі в контурі траншеї, і від 0,22 до 0,34 для траншеї глибиною 7 м і від 0,28 до 0,38 для траншеї глибиною 8 м з розміщенням екскаватору поза контуром траншеї.

Схема з розміщенням екскаватора на гірничій масі в контурі траншеї характеризується питомою меншою місткістю (0,83), але близькою до місткості складу прибортового типу. Однак у цій схемі збереглися недоліки, притаманні складам прибортового типу: необхідність поділу перевантажувального пункту на дві зони рівної довжини: зону розвантаження самоскидів і зону навантаження залізничних потягів, а також великий обсяг бульдозерних робіт. Фактично при двосекційних перевантажувальних пунктах розрахована місткість відноситься до всієї довжини перевантажуваль-

ного пункту і є постійною на всіх етапах нормальної експлуатації складу (одночасне відсипання і відвантаження гірничої маси з перевантажувального пункту). Якщо конструкція порівнюваних перевантажувальних пунктів матиме тільки один склад, то це буде означати, що одноразово перевантажувальний пункт може перебувати тільки в одному із двох станів (наповнення складу або відвантаження гірничої маси зі складу), що унеможливає одночасну і незалежну роботу суміжних ланок комбінованого транспорту.

Схема з розміщенням екскаватора поза контуром приймальної траншеї характеризується суттєво меншою питомою місткістю складу (0,34-0,38) при повному використанні радіусу черпання екскаватора. Зони розвантаження самоскидів і навантаження думпкарів розташовані на протилежних бортах траншеї і не перешкоджають незалежній і одночасній роботі суміжних ланок комбінованого транспорту. Особливого порядку розвантаження самоскидів необхідно дотримуватися тільки в зоні розташування екскаватора. При цьому маневри і розвантаження самоскидів у зоні роботи екскаватора повинні виконуватися за командами машиніста екскаватора (аналогічно з регламентом навантаження самоскидів в екскаваторних вибоях). Питома місткість перевантажувального пункту 5000 м³/100 п.м забезпечує протягом двох

Таблиця 2

Порівняльний аналіз конструкцій екскаваторних перевантажувальних пунктів (недоліки)

Схема з використанням екскаватора типу «механічна лопата»	Схема з розташуванням гідравлічного екскаватора на гірничій масі у приймальній траншеї	Схема з переміщенням гідравлічного екскаватора по цілику уздовж приймальної траншеї
1. Перевантажувальний пункт розташовується на двох суміжних майданчиках (на верхньому – зона руху і розвантаження самоскидів; на нижньому – розташований склад гірничої маси, екскаватор, залізнична колія). 2. Перевантажувальний пункт займає велику площу. За довжиною склад гірничої маси поділяється на дві ділянки, які по черзі використовуються для прийому і відвантаження гірничої маси. 3. Великий обсяг бульдозерних робіт. 4. Збільшення дальності транспортування автотранспортом через необхідність об'їзду залізничних тупиків і підйому гірничої маси на висоту перевантажувального пункту. 5. Створює перешкоди розвитку гірничих робіт (цілики). 6. Використання однакових екскаваторів у забоях і на перевантажувальних пунктах обмежує продуктивність перевантажувального пункту і збільшує їх потрібну кількість.	1. Перевантажувальний пункт займає велику площу. За довжиною склад гірничої маси поділяється на дві ділянки, які по черзі використовуються для прийому і відвантаження гірничої маси. 2. Невелика глибина і велика ширина приймальної траншеї зумовлює її швидке заповнення і великий обсяг бульдозерних робіт. 3. Перед початком завантаження думпкарів потрібно повністю заповнити гірничою масою відповідну частину траншеї. 4. Для спорудження приймальної траншеї застосовується контурне підривання.	1. Для спорудження приймальної траншеї застосовується контурне підривання. 2. Невелика місткість приймальної траншеї вимагає злагодженої роботи автомобільного і залізничного транспорту. Обсяг приймальної траншеї забезпечує запас гірничої маси на 2-6 змін.

змін незалежну роботу суміжних ланок комбінованого транспорту при продуктивності перевантажувального пункту 1,5 млн.м³/рік. При обмеженому просторі робочої зони кар'єру і при високій синхронізації роботи автомобільного і залізничного транспорту довжина приймальної траншеї може бути зменшена до 50м (3 R_{чmax}). При ємності залізничного складу 400 м³ (потяг з 10 думпкарів, вантажопідйомністю 105т) завантаження потягу забезпечує ділянка траншеї довжиною 8-10 метрів.

У табл. 3 представлені порівняльні характеристики основних параметрів екскаваторних перевантажувальних пунктів. Як перевантажувальне обладнання розглянуті екскаватори ЕКГ-10 з ємністю ковша 10 м³ і Hitachi EX 2500-6 з ємністю ковша 15 м³. У розрахунках приймаються постійними такі параметри: довжина перевантажувальних пунктів L = 200 м, глибина приймальної траншеї h = 8 м.

Місткість перевантажувальних пунктів забезпечує незалежну роботу автомобільного та залізничного транспорту. Але перевантажувальний пункт зі зворотною гідравлічною лопатою має меншу ширину і не перешкоджає гірничим роботам на верхніх уступах. Додатковий обсяг гірничої маси у випадку розміщення внутрішньокар'єрного перевантажувального пункту на глибині 150 м складе 1,9-3,6 млн.м³ в залежності від конструкції перевантажувального пункту.

Оцінка економічної доцільності застосування тієї чи іншої схеми перевантаження гірничої маси визначається шляхом порівняння капітальних і експлуатаційних витрат, які враховують гірничо-капітальні витрати на будівництво майданчика, капітальні витрати на виймально-навантажувальне устаткування для перевантажувального пункту і експлуатаційні витрати на перевантаження гірничої маси.

Вантажопотоки гірничої маси, спрямовані на перевантажувальний пункт при оцінці за тривалий період, тяжіють до центру тяжіння перевантажувального пункту. У разі перевантажувального пункту «приймальна траншея» вантажопотоки будуть тяжіти до середини траншеї за довжиною, в разі прибортового перевантажувального пункту – до середини прибортового складу гірничої маси.

Встановимо формулу, за якою можливо визначити різницю у відстані транспортування та в транспортній роботі між перевантажувальними пунктами з використанням прямих механічних та зворотних гідравлічних лопат.

Розглянемо робочий борт кар'єру, на якому розташований перевантажувальний пункт прибортового типу, який обладнано прямою механічною лопатою. У робочій зоні розташовані автомобільні екскаваторні вибої, гірнича маса з яких доставляється на екскаваторний перевантажувальний пункт (рис. 5).

Максимальне скорочення дальності транспортування гірничої маси (в плані) під час переходу від складу прибортового типу до складу типу «приймальна траншея» можна визначити за такою формулою:

$$\Delta S = 0,5L_{mn} + L_m + L_m + 0,5L_{mn} = 2L_m + L_{mn}, \text{ м,}$$

де L_{mn} – довжина перевантажувального пункту, м;

L_m – довжина залізничного тупика, м.

Скорочення транспортної роботи визначимо за формулою:

$$\Delta P = \Delta S \times Q_{mn}, \text{ ткм,}$$

де Q_{mn} – продуктивність перевантажувального пункту, т/рік.

Для вихідних даних (табл. 3), скорочення дальності транспортування становить

$$\Delta S = 2L_m + L_{mn} = 2 \times 200 + 150 = 550 \text{ м.}$$

Таблиця 3

Порівняльна характеристика внутрішньокар'єрних екскаваторних перевантажувальних пунктів

Тип складу, марка екскаватора	Бортовий, ЕКГ-10	Приймальна траншея (екскаватор розташовано на насипу), EX 2500-6	Приймальна траншея (екскаватор на борту траншеї), EX 2500-6
Ширина перевантажувального пункту, м	80-90	65-70	65-70
Довжина складу / тупику, м	200/200	200/200	100/200
Висота (глибина)/ширина складу, м	12/20	7-8/25	7-8/10,5
Об'єм складу, тис. м ³	18-20	14-16	6-7
Обсяг додаткового розкриття (при глибині розташування перевантажувального пункту 150 м), тис. м ³	3600	2850	1875
Витрати на створення майданчика для перевантажувального пункту, млн. грн	90	71,25	46,9

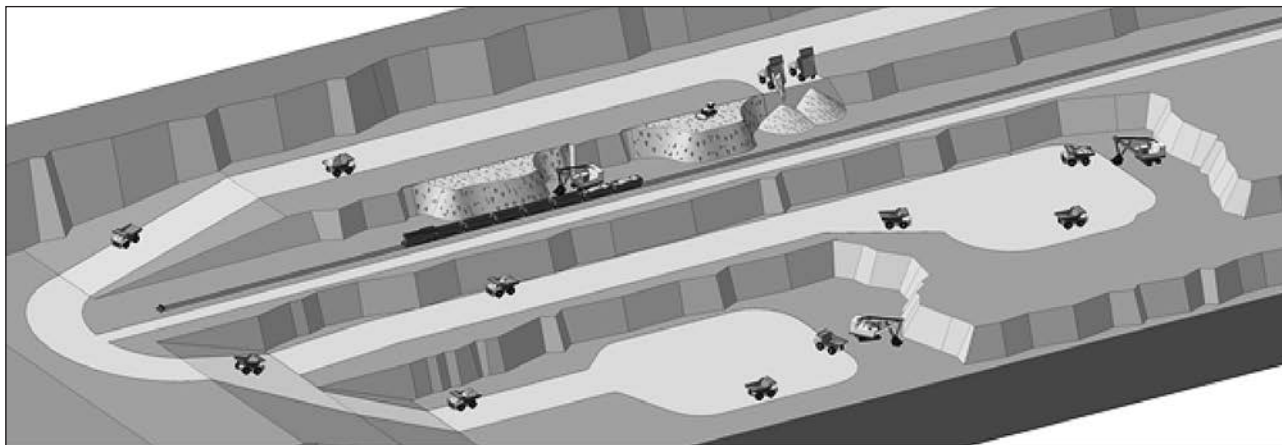


Рис. 5 Схема гірничих робіт з автомобільно-залізничним транспортом

Скорочення транспортної роботи при продуктивності перевантажувального пункту 1,5 млн. м³ (4,2 млн.т) визначимо за формулою:

$$\Delta P = \Delta S \times Q_m = 0,55 \times 4,2 = 2,31 \text{ млн. ткм.}$$

З урахуванням середньої вартості 1ткм на залізничних кар'єрах Кривбасу, рівної 0,2 USD / ткм (5,3 грн/ткм), економія на транспортній роботі складе $2,31 \times 5,3 = 12,2$ млн. грн.

Під час будівництва нового перевантажувального пункту при його розташуванні на глибині 150 м обсяг гірничо-капітальних робіт при перевантажувальному пункті типу «приймальна траншея» з розташуванням екскаватора в контурі траншеї на 750 тис.м³ менше, ніж при складі прибортового типу, а у випадку перевантажувального пункту типу «приймальна траншея» з розташуванням екскаватора поза контуром траншеї на 1725 тис.м³ менше, ніж при складі прибортового типу. Економія експлуатаційних витрат на розкривні роботи (без урахування витрат на кар'єрний транспорт) складе 18,75 млн. грн. і 43,12 млн. грн. відповідно. Виконані розрахунки дозволяють рекомендувати впровадження розробленої технологічної

схеми внутрішньокар'єрного перевантаження гірничої маси за допомогою гідравлічного екскаватора [13].

Висновки та напрямки подальших досліджень. У статті запропоновано рішення актуального науково-технічного завдання вдосконалення екскаваторних перевантажувальних пунктів комбінованого автомобільно-залізничного транспорту. Запропонований перевантажувальний пункт дозволяє уникнути утворення тимчасово неробочого борту кар'єру.

Результати досліджень можуть бути використані під час проектування внутрішньокар'єрних перевантажувальних пунктів на залізничних кар'єрах Кривбасу. Використання на перевантажувальних пунктах зворотних гідравлічних лопат дозволить розширити використання автомобільно-залізничного транспорту під час реконструкції транспортних схем залізничних кар'єрів Кривбасу. У подальшому буде поглиблено дослідження негативного впливу перевантажувальних пунктів із використанням прямих механічних екскаваторів на кар'єрний автотранспорт.

Список літератури:

1. Бызов В.Ф., Вилкул Ю.Г., Литвинов С.В., Завсегдашний В.А. Влияние пересечений автомобильных и железнодорожных грузопотоков на работу автотранспорта карьеров. Разработка рудных месторождений: респ. межвед. науч.-техн. сборник. Киев. 1989. Вып. 47. С. 69–74.
2. Vilkul Y., Slobodyanyuk V., Maximov I. Optimization of capacity and the number of crushing and transfer stations at the deep open pits. *Metallurgical and Mining Industry*. 2016. № 4. P. 116–120.
3. Линева В.П. Определение параметров рабочего борта карьера на участке размещения перегрузочных пунктов. *Сб. науч. тр. ИГД МЧМ СССР*. 1986. № 81. С. 71–79.
4. Васильев М.В. Внутрикарьерное складирование и перегрузка руд. Москва : Недра, 1968. 182 с.
5. Васильев М.В. Комбинированный транспорт на карьерах. Москва : Недра, 1975. 360 с.
6. Васильев М.В. Особенности устройства и параметры карьерных перегрузочных складов. *Горный журнал*. 1977. № 10. С. 34–38.
7. Яковлев В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. Новосибирск : Наука, 1989. 240 с.
8. Шакиров А.Ш. Перегрузочные устройства, используемые при комбинированном транспорте. *Черная металлургия, бюллетень научно-технической информации*. Москва : Черметинформация, 1982. Вып. 11(919). С. 24–30.

9. Слободянюк В.К., Письменный А.В. Разработка ресурсосберегающей экскаваторно-плужной технологии отвальных работ при железнодорожном транспорте. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2018. Т. 29(68). № 1(2). С. 133–137.

10. Slobodyanyuk V., Turchin Yu. Rational use of hydraulic excavators in iron ore pits. *JOURNAL OF MINING AND GEOLOGICAL SCIENCES*. University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”. 2017. № 60. P. 21–26.

11. Якубовский М.М., Холодняков Г.А. Совмещенный перегрузочный пункт при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте. *Записки Горного института*. 2010. Том 186. С. 90–93.

12. Якубовский М.М. Обоснование параметров перегрузочных складов руды при открытой разработке апатит-нефелиновых месторождений Хибинского массива : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.21. Санкт-Петербург, 2011. 22 с.

13. Слободянюк В.К., Турчин Ю.Ю., Слободянюк Р.В. Позитивне рішення на корисну модель. Спосіб формування й експлуатації перевантажувального пункту при комбінованому автомобільно-залізничному транспорті. Заявка № u201809579.

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПУНКТОВ АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В статье выполнен анализ основных проблем комбинированного транспорта глубоких карьеров и конструкций перегрузочных пунктов. Применение на перегрузочных пунктах прямых механических лопат усложняет схему движения карьерных автосамосвалов, увеличивает высоту подъема и дальность транспортирования горной массы автосамосвалами.

Целью статьи является разработка и обоснование конструкции экскаваторного перегрузочного пункта, который имеет более высокие эксплуатационные характеристики, чем перегрузочные пункты на основе карьерных механических лопат. В статье разработаны и исследованы новые схемы внутрикарьерных экскаваторных перегрузочных пунктов. Принципиальным отличием от существующих схем перегрузочных пунктов является то, что горная масса размещается не в штабелях, а в приемной траншее ниже уровня установки гидравлического экскаватора. Выполнена укрупненная технико-экономическая оценка перегрузочного пункта с приемной траншеей.

Ключевые слова: автомобильно-железнодорожный транспорт, перегрузочный пункт, гидравлический экскаватор.

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF DESIGNS OF RELOADING POINTS FOR THE ROAD AND RAIL TRANSPORT

The article analyzes the main problems of combined transport and designs of reloading points in the deep open pit mines. The use of face shovels at the reloading points complicates the truck traffic pattern, increases the lifting height and the range of rock mass transportation by dump trucks.

The purpose of the article is to develop and substantiate a design of the reloading point for the shovel with better operating performance than the reloading point based on the face hydraulic shovels. The new arrangements of in-pit reloading points for shovels were developed and studied in the article. The conceptual difference from the existing reloading points is that the rock mass is not piled, but loaded to the receiving trenches below the level of the shovel. The broad technical and economic assessment of the reloading point with the receiving trench was made.

Key words: road and rail transport, reloading points, hydraulic shovel.