

УДК 622.271:(622.682+622.684) <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.013>

**ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ АВТОМОБІЛЬНО-КОНВЕЄРНОГО
ТРАНСПОРТУ ІЗ НАСКРІЗНИМ ПРОЇЗДОМ АВТОСАМОСКИДІВ
ПРИ РОЗВАНТАЖЕННІ**

А.А. Адамчук^{1*}

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро,
Україна

*Відповідальний автор: e-mail: Adamchuk.A.A@nmu.one

**JUSTIFICATION OF THE AUTO-CONVEYOR TRANSPORT SCHEME
WITH TRUCK THROUGH PASSING WHILE UNLOADING**

A.A. Adamchuk^{1*}

¹Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

*Corresponding author: e-mail: Adamchuk.A.A@nmu.one

ABSTRACT

Purpose. Substantiation of efficiency of the combined in-pit automobile-conveyor transport scheme with through passage of dump trucks at their unloading from the point of view of economic, technological and ecological conditions of transition to the new scheme of transport.

Methodology. To substantiate the effectiveness of the proposed scheme with through-dump trucks during their unloading, a systematic approach was used, which takes into account the economic, technological and ecological conditions of the transition to the new transport scheme and formulated on their basis provisions for the introduction of new combined mining transport.

Findings Four schemes of combined automobile-conveyor transport were compared: with a dead-end front and a dead-end unloading, with a through front and a dead-end unloading, with a dead-end front and a through passage with a through front and a through passage of dump trucks. The most effective under the three conditions of transition to the new transport scheme are schemes with through passage of dump trucks at their unloading.

Originality. In addition to the known four types of reloading devices with through-passage of dump trucks: with a drawbridge, with a transverse drawbridge, with drive beams and a swivel platform, the fifth type of reloading devices was first identified – with swivel bridges, swivel axles to support beams (transport tracks) with the possibility of rotation in the vertical plane. This design allows you to abandon the drive, and the rotation of the unloading bridges to conduct due to the force of gravity of the rock mass.

Practical implications. It is established that the introduction of schemes with through passage of dump trucks allows to reduce the volume of mining and capital works by 2.7-7.5 million m³, fuel consumption by 150 thousand liters (2 liters for each transport cycle of dump trucks), to save land. from violation by open mining operations of 5-13 hectares, depending on the model of dump trucks used for transportation of rock mass and the depth of construction of the transshipment point. **Keywords:** dump truck, combined transport scheme, reloading point, through passage when unloading dump trucks, reloading device automobile-conveyor transport

1. ВСТУП

В умовах відкритої розробки родовищ кар'єрами глибиною понад 100 м значно погіршуються умови експлуатації транспорту [1]. Витрати на транспортування в таких умовах перевищують 50% від загальних витрат на розробку родовища і зростатимуть зі збільшенням глибини кар'єру. Зміна схем транспорту може бути пов'язана з необхідністю корегування проектних контурів кар'єру і збільшенні об'єму гірничо-капітальних робіт. Варто зазначити, що збільшення кута укосу борта глибокого кар'єру до величин 50-55 градусів при глибині розробки родовища до 750 метрів дозволить зменшити об'єм виймання порід розкриття на 10-12 млрд. м³ [2], тому раціональні схеми транспорту повинні мати параметри з мінімально можливими значеннями для забезпечення стійкості бортів кар'єру і вантажно-транспортного зв'язку поверхні і вибою в безперервному процесі видобування корисної копалини відкритим способом.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Зі збільшенням глибини ведення відкритих гірничих робіт, зростає і відстань транспортування гірничої маси автосамоскидами. Витрати на транспортування гірничої маси автосамоскидами більші, ніж конвеєрним підйомником [3]. Тому для ефективного використання комбінованого авто-мобільно-конвеєрного транспорту горизонт встановлення перевантажувального пункту необхідно з часом переносити вглиб через кожні 90-105 м [4].

Значна частина борту кар'єру припадає на перевантажувальний горизонт. Через його значні габарити перенесення його вглиб буде супроводжуватися додатковими гірничо-капітальними роботами. Крім того, в цілику перевантажувального пункту можуть бути розташовані поклади корисної копалини. Тому питання вибору раціональної схеми комбінованого авто-мобільно-конвеєрного внутрішньокар'єрного транспорту є актуальним.

3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Так як зміна схеми транспортування гірничої маси або коригування їх параметрів впливають на хід інших процесів відкритої розробки родовища, для максимально можливої точності і справедливості висновків необхідно застосовувати системний підхід в умовах невизначеності деяких її показників [5-7].

Вирішення питання впровадження нової схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту при поглибленні гірничих робіт ґрунтується на потребі в зменшенні витрат на розробку родовищ корисних копалин. Із урахуванням економічної, технологічної та екологічної умов [8] були сформульовані основні положення щодо впровадження нових схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту.

1. Загальні витрати на транспортування гірничої маси за новою схемою комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту мають бути менші, ніж витрати на транспортування за старою схемою.

2. Розмір капітальних витрат на спорудження пристроїв, які складають нову схему комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту, не має перевищувати різниці витрат на розробку родовища між старою та новою схемами комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту.

3. Об'єм гірничо-капітальних робіт при зміні схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту при поглибленні гірничих робіт має бути мінімальним.

4. Нова схема комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту має максимально ефективно використовувати наявні транспортні комунікації. Спорудження нових припустимо лише за умови зменшення загальних витрат на розробку родовища.

5. При впровадженні нової схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту загальний об'єм корисної копалини в контурах кар'єру не має зменшуватись.

6. Під транспортні комунікації нової схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту має бути залишена менша кількість ціликів покладу корисної копалини з метою підвищення повноти її виймання.

7. Загальна відстань транспортування гірничої маси за новою схемою комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту не має перевищувати відстань транспортування за старою схемою.

8. Собівартість видобування корисної копалини із урахуванням вилучення порід розкриву при впровадженні нової схеми комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту не має бути більшою за собівартість при використанні старої схеми і не більшою за економічно доцільну собівартість.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При використанні автомобільного транспорту гірнича маса після навантаження переміщується уздовж фронту робіт до транспортного виходу з уступу. При цьому можливий тупиковий фронт, при якому рух транспортних засобів здійснюється у зворотному напрямку (рис. 1а). На уступі існує тільки один загальний транспортний вихід для подачі порожніх і навантажених автосамоскидів. Такий фронт характеризується робочими площадками з мінімальною шириною (40-50 м) [9].

Наскрізний фронт забезпечує потоковий рух транспорту, при якому на уступі експлуатують два й більше спеціалізовані транспортні виходи – окремо для подачі порожніх і навантажених машин для переміщення гірничої маси

(рис. 16). Такий фронт отримав найбільше використання при автомобільному транспорті на невеликих кар'єрах [10, 11].

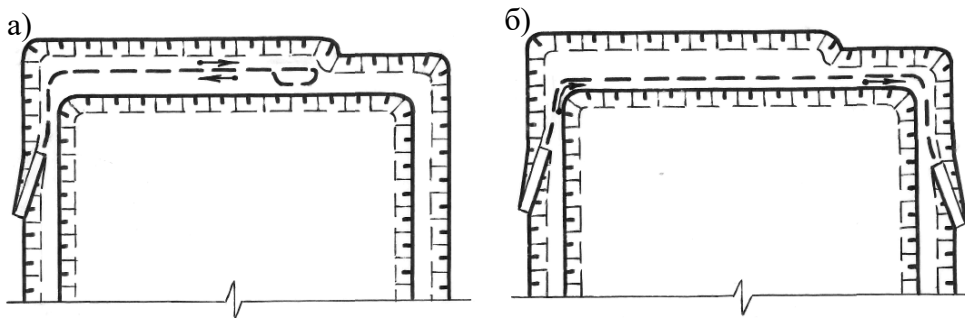


Рисунок 1. Схеми переміщення гірничої маси на уступі: а – тупиковий фронт; б – наскрізний фронт [10]

Крім того, наскрізний фронт забезпечує менший час циклу руху автосамоскидів за рахунок відсутності необхідності в операціях розвороту автосамоскиду при подачі його під навантаження гірничою масою екскаватором. Однак, як було зазначено вище, схеми із наскрізним фронтом робіт притаманні невеликим кар'єрам, а перехід на такі схеми на кар'єрах з діючим тупиковим фронтом робіт є недоцільним.

В таких умовах доцільною є схема внутрішньокар'єрного транспорту з петлевым розворотом автосамоскидів і фронтом робіт із відпрацюванням уступів поперечними панелями. Прикладом успішної реалізації такої технології є кар'єри рудника Escondida в Чилі. Вони є найбільшими в світі по виробництву міді (більше 9-10%). Продуктивність рудника становить 135 тис. т руди на добу або 47,3 млн. т руди на рік [12, 13].

У порівнянні з тупиковим розворотом автосамоскидів при застосуванні технології відпрацювання уступів поздовжніми панелями, перехід на їх відпрацювання поперечними панелями з петльовим розворотом автосамоскидів на навантаження дозволить збільшити продуктивність екскаваторів на 25-30%, що поряд зі зменшенням розносу бортів кар'єру компенсує інтенсивність розкриття рудного покладу зверху вниз в межах крутопохилих шарів [14, 15].

В умовах глибоких кар'єрів широке розповсюдження отримав автомобільно-конвеєрний транспорт, сутність схем якого полягає в тому, що гірнична маса автосамоскидом транспортується із вибою на концентраційний горизонт, на якому встановлено бункер-перевантажувач із дробаркою крупного дроблення. Після чого автосамоскид розвантажує гірничу масу в бункер, яка після дроблення потрапляє на похилий конвеєр, що встановлений у підземній галереї, яким далі транспортується на поверхню [16].

Розвантаження автосамоскидів в бункер відбувається наступним чином. Автосамоскид при наближенні до бункеру зменшує швидкість руху та починає виконувати маневрові операції тупикового розвороту. Далі заднім ходом автосамоскид під'їжджає до отвору приймального бункеру, зупиняється і починає розвантаження. Після розвантаження автосамоскид повертається на трасу та їде в напрямку вибою [17].

Для облаштування стаціонарного перевантажувального пункту (СПП) необхідна наявність борту кар'єру, поставленого в проектне положення. СПП може бути укомплектований дробильно-грохотильним обладнанням і бункером-накопичувачем. При відсутності бункера-накопичувача, біля СПП слід розміщувати склад гірничої маси з перевантаженням її екскаватором або колісним навантажувачем.

Час циклу розвантаження в бункер при тупиковому розвороті з урахуванням часу на маневрові операції складає 1,2-2,8 хвилини залежно від вантажопідйомності автосамоскиду [18]. Близько 45% цього часу припадає на маневрові операції, пов'язані із тупиковим розворотом автосамоскиду (рис. 2а). Окрім того, спорудження нових перевантажувальних пунктів через їх значні габарити в плані пов'язане із додатковим рознесенням бортів кар'єру. Зменшення цього часу пов'язане із впровадженням схем транспортування, що включають розвантаження автосамоскидів з їх наскрізним проїздом над приймальним отвором бункера (рис. 2б).

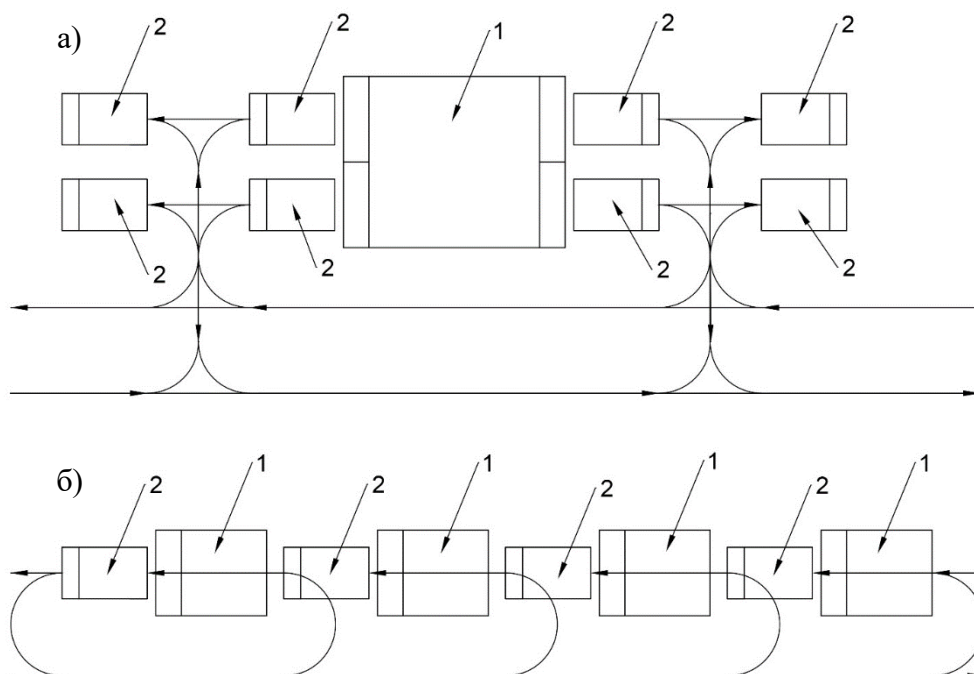


Рисунок 2. Схеми розвантаження гірничої маси автосамоскидами (2) в бункер (1) при тупиковому розвороті для розвантаження (а) та наскрізному проїзді над бункером (б)

Дослідження транспортних схем показало (рис. 3), що найбільш ефективною з точки зору енергозбереження є схема з наскрізним фронтом робіт і наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні в бункер [19]. Ефективність досягається за рахунок зменшення часу на маневрові операції. Найбільший ефект досягається для висоти підйому гірничої маси до 45 м. Найменш ефективною є схема з тупиковим фронтом робіт і тупиковим розворотом автосамоскидів при розвантаженні. Ефективність запропонованих схем зростає

з ростом річного об'єму перевезень. Річна економія витрат на дизельне паливо і паливно-мастильні матеріали (ПММ) становить 3,5-190 тис. USD в залежності від схеми транспорту та виробничої потужності [20].

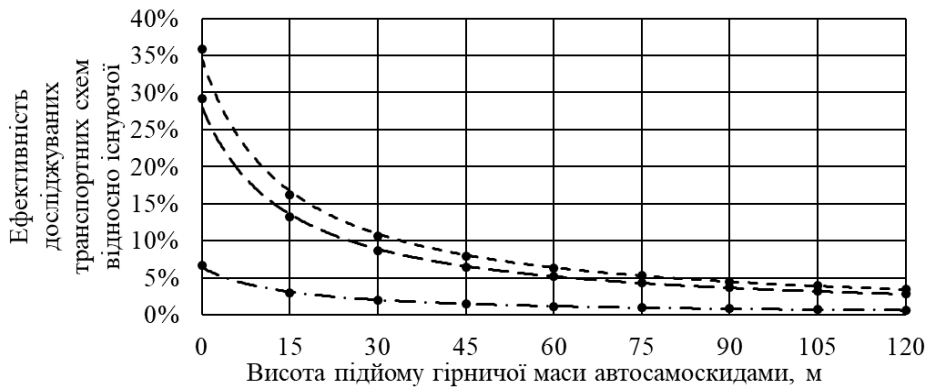


Рисунок 3. Спад ефективності досліджуваних транспортних схем з наскрізним фронтом і тупиковою розвантаженням в бункер (.....), з тупиковим фронтом і наскрізним проїздом над бункером (-----), з наскрізним фронтом і наскрізним проїздом над бункером (.....) відносно існуючої

Спорудження нових перевантажувальних пунктів через їх значні габарити в плані пов'язане з додатковим рознесенням бортів кар'єру. Особливо гостро це питання стає в умовах кар'єрів глибиною понад 300-400 м. Так, мінімальна ширина площадки уступу, на якому розміщено перевантажувальний пункт складає (рис. 4):

$$Ш_{y,l} = z + b + 2y + 2a + 3R + x + c, \text{ м}, \quad (1)$$

де z – ширина призми можливого обвалення, м (3-5 м); b – ширина захисного валу, м (1,5-3 м); y – ширина узбіччя дороги, м (1-1,5 м); a – ширина автосамоскиду, м (3,8-9,7 м); R – радіус повороту автосамоскиду, м (8,7-19,8 м); x – безпечна відстань між кузовами зустрічних автосамоскидів, м (2-3 м); c – безпечна відстань між бункером та нижньою брівкою уступу, м (5 м).

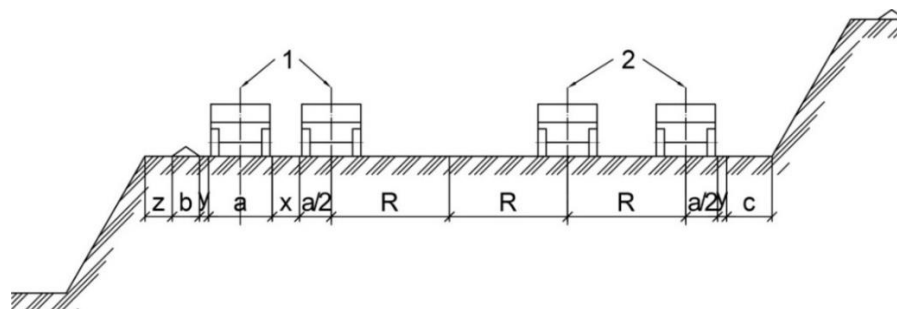


Рисунок 4. Схема до розрахунку ширини перевантажувального пункту при тупиковому розвороті автосамоскидів

Таким чином, ширина площадки уступу при тупиковому розвороті (рис. 4) для розвантаження автосамоскидів складає 47,2-97,8 м. Однак при наскрізному проїзді (рис. 5) автосамоскидів над бункером ширина площадки уступу значно зменшиться й складатиме 24-48,5 м. Її величина обчислюється за формулою:

$$Ш_{y2} = z + b + 2y + a + R_n + c, \text{ м.} \quad (2)$$

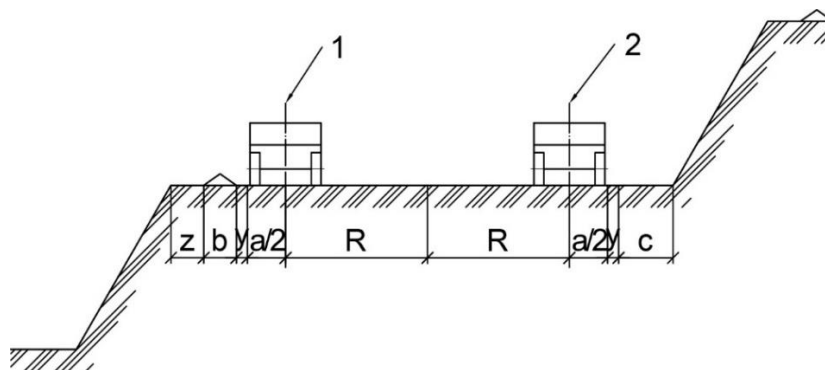


Рисунок 5. Схема до розрахунку ширини перевантажувального пункту при наскрізному проїзді автосамоскидів

При спорудженні перевантажувального пункту із наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером об'єм гірничих порід, що не виймається, слід визначати за формулою [21]:

$$V_E = \frac{1}{6} H^2 (l + 2L) (\text{ctg} \alpha_1 - \text{ctg} \alpha_2), \text{ м}^3, \quad (3)$$

де H – висота борту кар'єру, м (300-400 м); l, L – ширина борту кар'єру низом та верхом, м (300 м і 1000 м відповідно); α_1, α_2 – кути укосів борту кар'єру при розвантаженні автосамоскидів із тупиковим розворотом та наскрізним проїздом над бункером відповідно, град.

$$\text{ctg} \alpha_1 = \frac{\sum 3 + Ш_{y1}}{H}, \text{ctg} \alpha_2 = \frac{\sum 3 + Ш_{y2}}{H}, \quad (4)$$

де $\sum 3$ – закладення укосу борта, м.

Підставивши вирази (4) у формулу (3) отримаємо:

$$V_E = \frac{1}{6} H (l + 2L) (Ш_{y1} - Ш_{y2}). \quad (5)$$

Врахуємо формули (1) і (2):

$$V_E = \frac{1}{6} H (l + 2L) (a + 2R + x). \quad (6)$$

Таким чином, шляхом спорудження перевантажувального пункту із наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером на глибині 300 м можливо зменшити об'єм виймання гірничих порід на 2,7-5,7 млн. м³, на глибині 400 м на 3,5-7,5 млн. м³. Відомо, що виймання 1 м³ гірничої маси коштує приблизно 4 USD [22]. Тоді з точки зору виймання гірничих порід економія від впровадження запропонованого рішення складе 10-30 млн. USD (рис. 6) [23].

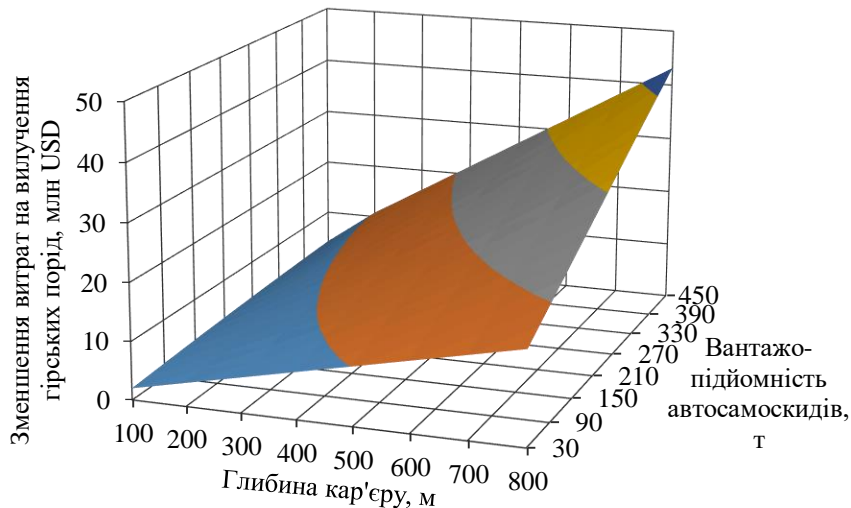


Рисунок 6. Графік залежності загальної економії коштів на виймання порід розкриття від глибини кар'єру при спорудженні перевантажувального пункту з наскрізним проїздом у порівнянні з тупиковим розвантаженням автосамоскидів

Площа землі, необхідна для виділення в гірничий відвід при розносі борту на 1 м вглиб масиву, обчислюється за формулою:

$$S_1 = l + H(ctg \beta_1 + ctg \beta_2), \text{ м}^2, \quad (7)$$

де l – довжина борта кар'єру низом, м; H – висота борту кар'єру, м; β_1, β_2 – результуючі кути укосу суміжних бортів кар'єру, град.

Отже, зменшення ширини перевантажувального горизонту на 23,2-49,3 м, залежно від моделі автосамоскиду, призведе до скорочення площі земель, що порушуються відкритими гірничими роботами щонайменше на 2-4 га для висоти борту кар'єру 300 м, 2,5-5 га – для 400 м. Крім того, зменшення гірничо-капітальних робіт при формуванні зовнішнього відвалу висотою 100 м дозволить скоротити площу земельного відводу на величину від 2,7-5,7 га до 3,5-7,5 при висоті борту кар'єру 300-400 м.

Існує низка конструктивних рішень, які дозволяють автосамоскидам розвантажувати гірничу масу без необхідності в маневрових операціях та полягають в підйманні проїжджих колій над бункером за рахунок гідравлічних, рейкових, шарнірно-важільних та інших механізмів. Виділяють чотири типи

перевантажувальних пристроїв з наскрізним проїздом автосамоскидів: з підйомним мостом, з поперечно-рухомим мостом, з привідними балками та з поворотною платформою [24].

Пристрої з підйомним мостом працюють наступним чином: автосамоскид проїжджає над бункером по мосту, після чого він піднімається, що дозволяє автосамоскиду розвантажити гірничу масу в бункер [25]. Пристрої з рухомим мостом працюють наступним чином: після проїзду над бункером автосамоскид зупиняється під розвантаження за мостом, який на рейках або роликах від'їжджає у напрямку, перпендикулярному вісі руху автосамоскида, далі автосамоскид розвантажує гірничу масу, після чого міст закривається [26]. Відомо низка конструкцій перевантажувальних пунктів із привідними балками [27, 28]. Їх робота полягає в тому, що завантажений автосамоскид проїжджає над бункером по поворотним балкам, розвантажується на них, після чого балки обертаються, завдяки чому гірничу масу з поверхні балок потрапляє в бункер. Відомі також перевантажувальні пункти, які містять поворотну платформу [29]. Принцип роботи таких пристроїв полягає в наступному: завантажений гірничою масою автосамоскид заїжджає на поворотну платформу, після чого вона починає повертатися навколо вертикальної осі разом із самоскидом таким чином, щоб останній став під прямим кутом до осі руху для розвантаження в бункер. Після розвантаження гірничої маси поворотна платформа повертає автосамоскид у вихідне положення, який продовжує рух у початковому напрямку.

Всі відомі пристрої потребують окремого досить потужного приводу для підняття або руху мосту, чи повертання платформи або балок. Однак існує група пристроїв, яку через характерну відмінну рису можна віднести до п'ятого типу перевантажувальних пристроїв, що забезпечують наскрізний проїзд автосамоскидів при їх розвантаженні. Це пристрої із поворотними мостами, що рухомо закріплені до опорних балок (транспортних колій) з можливістю повороту у вертикальній площині. Відомо низка пристроїв, що належать до цієї групи [30, 31] в тому числі і авторський [32, 33]. Така конструкція дозволяє відмовитися від приводу, а повертання розвантажувальних мостів вести за рахунок дії сили ваги гірничої маси.

5. ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Таким чином, запропонована схема відповідає вимогам сформульованих положень щодо впровадження нових схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту, а саме:

1. Загальні витрати на транспортування гірничої маси за новою схемою комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту будуть менші, ніж витрати на транспортування за старою схемою за рахунок скорочення витрат на гірничо-капітальні роботи.

2. Розмір капітальних витрат на спорудження пристроїв із наскрізним проїздом автосамоскидів не будуть перевищувати різниці витрат на розробку родовища між старою та новою схемами комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту, особливо на значних глибинах 300-400 м через скорочення витрат на гірничо-капітальні роботи на 10-30 млн. USD.

3. Об'єм гірничо-капітальних робіт при переході на схему з наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні буде мінімальним через зменшені габарити перевантажувального пункту.

4. Схема комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту з наскрізним проїздом автосамоскидів передбачає меншу ширину перевантажувального горизонту на 23,2-49,3 м, ніж при тупиковому розвороті, що дозволяє використовувати наявні транспортні комунікації для спорудження перевантажувального пункту.

5. Схеми з наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні не передбачають додаткових транспортних ціликів і не потребують додаткового розносу бортів.

6. Можлива розконсервація запасів корисної копалини під ціликами перевантажувальних пунктів із тупиковим розворотом автосамоскидів.

7. Загальна відстань транспортування гірничої маси не зміниться.

8. Собівартість видобування корисної копалини зменшиться за рахунок скорочення витрат на дизельне паливо та інші паливно-мастильні матеріали.

6. ВИСНОВКИ

1. При розкритті глибоких горизонтів залізрудних кар'єрів з точки зору зменшення споживання автосамоскидами дизельного палива пропонується впровадження транспортної схеми з наскрізним фронтом робіт і наскрізним проїздом автосамоскидів при розвантаженні їх в бункер. При цьому витрата палива за один транспортний цикл скоротиться на 2 літри, таким чином, при річній продуктивності 10 млн. т економія дизельного палива складе 150 тис. л.

2. За рахунок спорудження перевантажувального пункту з наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером на глибині 300 м можливо зменшити об'єм гірничо-капітальних робіт на 2,7-5,7 млн. м³, на глибині 400 м – 3,5-7,5 млн. м³ на весь термін експлуатації кар'єру.

3. Площі земель, що будуть збережені від порушення відкритими гірничими роботами при впровадженні запропонованої схеми складає 5-13 га земель за рахунок зменшення розносу бортів кар'єру і скорочення площі зовнішніх відвалів порід розкриву.

4. Ефективність схем із наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні з точки зору зменшення об'єму гірничо-капітальних робіт, витрат палива і землезбереження залежить від моделі автосамоскидів, що застосовується для транспортування гірничої маси і глибини спорудження перевантажувального пункту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трубецкой, К.Н., Пешков, А.А., & Тимченко, О.А. (1989). Определение технологического содержания понятия “глубокий карьер”. In З.А. Терпогосов (Ed.), *Развитие рудников при комплексном освоении месторождений* (pp. 8–21). ИПКОН АН СССР.

2. Перегудов, В.В., Федин, К.А., Несмашный, Е.А., Колесников, Д.В., Удод, Е.Г., & Короленко, М.К. (2012). *Обоснование оптимальных параметров открытых*

горных выработок на Криворожских карьерах: монография. Дионис.

3. Ракишев, Б.Р. (2015). *Технологические комплексы открытых горных работ: Учебник.*

4. Shustov, O., & Dryzhenko, A. (2016). Organization of dumping stations with combined transport types in iron ore deposits mining. *Mining of Mineral Deposits*, 10(2), 78–84. <https://doi.org/10.15407/mining10.02.078>

5. Хорольский, А.А., & Гринев, В.Г. (2020). Возможности создания новой технологии оптимального проектирования природопользования. *Горно-геологический журнал*, 61, 4–12.

6. Хорольский, А.А., & Гринев, В.Г. (2018). Выбор сценария освоения месторождений полезных ископаемых. *Геология и охрана недр*, 3, 68–74.

7. Гриньов, В.Г., & Хорольський, А.О. (2020). Дослідження основ технології оптимального проектування раціонального користування родовищами цінних копалин. *Мінеральні ресурси України*, 2, 19–24.

8. Адамчук, А.А., & Шустов, О.О. (2018). Системний підхід до вибору нових засобів транспорту для роботи на глибоких кар'єрах. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 54, 8–18. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2018_54_3

9. Ржевский, В.В. (1980). *Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Учебник, изд. 3, перераб. и доп.* Недра.

10. Дриженко, А.Ю. (2014). *Відкриті гірничі роботи: підручник.* Національний гірничий університет.

11. Дриженко, А.Ю. (2011). *Карьерные технологические горнотранспортные системы: монография.* НГУ.

12. Kalybekov, T., Rysbekov, K.B., Sandibekov, M.N., Zhakypbek, Y., & Begymzhanova, Y.Y. (2020). The study of rational technology of reclamation of the mine-out quarry space. *Journal of Advanced Research in Natural Science*, 9, 63–70. <https://doi.org/10.26160/2572-4347-2020-9-63-70>

13. Vuyeykova, O., Sladkowski, A., Stolpovskikh, I., & Akhmetova, M. (2016). Rationalization of road transport park for the carriage of mining rocks in the open mines. *Transport Problems*, 11(1), 79–85. <https://doi.org/10.20858/tp.2016.11.1.8>

14. Moldabayev, S.K., Adamchuk, A.A., Toktarov, A.A., Aben, Y., & Shustov, O.O. (2020). Approbation of the technology of efficient application of excavator-automobile complexes in the deep open mines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 30–38. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/030>

15. Адамчук, А.А., & Шустов, А.А. (2020). Разработка технологических решений по применению экскаваторно-автомобильных комплексов в глубоких карьерах. *Труды сатпаевских чтений “Сатпаевские чтения - 2020” Том 1*, 333–336.

16. Короленко, М.К., Перегудов, В.В., Федин, К.А., Романенко, А.В., & Протасов, В.П. (2012). *Совершенствование транспортных схем выдачи руды для условий ОАО «Южный ГОК» : монография.* Дионис.

17. Адамчук, А.А. (2017). Обґрунтування доцільних схем розвантаження автосамоскидів в бункер при комбінованому автомобільно-конвеєрному транспорті. *II Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі»*, 73.

18. Смирнов, В.П., & Лель, Ю.И. (2002). *Теория карьерного большегрузного автотранспорта.* УрО РАН.

19. Сарыбаев, Н.О., & Адамчук, А.А. (2019). К установлению целесообразности применения крутонаклонных конвейеров в карьерах. *Інноваційні технології – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК: Труды сатпаевских чтений*, 691–695.

20. Адамчук, А.А., Шустов, О.О., & Отюський, А.О. (2018). Енергетична оцінка транспортних схем при автомобільно-конвеєрному транспорті на глибоких горизонтах залізородних кар'єрів. *Матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації»*, 1, 2–3.
21. Адамчук, А.А. (2017). Исследование параметров доработки глубоких карьеров открытым способом. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 50, 10–17. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2017_50_3
22. Бабець, Є.К., Мельникова, І.Є., Гребенюк, С.Я., & Лобов, С.П. (2015). *Дослідження техніко-економічних показників гірничодобувних підприємств України та ефективності їх роботи в умовах змінної кон'юнктури світового ринку залізородної сировини: монографія* (Є.К. Бабець (ed.)). вид. Р.А. Козлов.
23. Адамчук, А.А., & Шустов, О.О. (2017). Обґрунтування раціональних схем при автомобільно-конвеєрному транспорті на глибоких кар'єрах України. *Матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації»*, 1, 2–3.
24. Шапарь, А.Г., Лашко, В.Т., & Новожилов, С.М. (2001). *Перегрузочные пункты при автомобильно-конвейерном транспорте на рудных карьерах: монография*. ИППЭ НАН Украины.
25. Тартаковский, Б.Н., Крымский, В.И., Андрущенко, А.В., Лашко, В.Т., & Аникин, Н.Н. (1980). *Устройство для разгрузки автосамосвалов в бункер*.
26. Пасхин, Б.М., & Попов, А.Н. (1960). *Устройство для разгрузки самосвалов в бункер* (Patent No. 132123).
27. Меньшиков, Б.А., & Сисин, А.Г. (1978). *Мост для надбункерной разгрузки автосамосвалов* (Patent No. 606796).
28. Буданов, В.Е., Корякин, А.И., & Лоханов, Б.Н. (1981). *Устройство для надбункерной разгрузки автосамосвалов* (Patent No. 800077).
29. Макашов, В.Н., Корбинский, Г.М., Дриженко, А.Ю., & Гринберг, Э.М. (1983). *Устройство для разгрузки автосамосвалов* (Patent No. 1057393).
30. Шверник, А.М., Шлихтер, Л.В., & Тункель, Н.Р. (1959). *Приемное устройство для угля и других сыпучих и кусковых материалов* (Patent No. 120157).
31. Анистратов, Ю.И., Ржевский, В.В., Каретников, В.Н., & Ляпин, Л.А. (1962). *Мост для разгрузки сыпучих материалов в бункеры и рудоспуски* (Patent No. 147533).
32. Дриженко, А.Ю., Адамчук, А.А., Шустов, О.О., Молдабаев, С.К., & Нікіфорова, Н.А. (2019). *Пристрій для розвантаження порід із автосамоскидів у бункер* (Patent No. 119491).
33. Молдабаев, С.К., Кузьменко, С.В., Калюжный, Е.С., Дриженко, А.Ю., & Адамчук, А.А. (2020). *Устройство для перегрузки скальных пород с автотранспорта на конвейерный подъемник* (Patent No. 34570).

REFERENCES

1. Trubetskoy, K.N., Peshkov, A.A., & Timchenko, O.A. (1989). Opredelenie tekhnologicheskogo soderzhaniya ponyatiya "glubokiy kar'yer". In Z.A. Terpogosov (Ed.), *Razvitie rudnikov pri kompleksnom osvo-enii mestorozhdeniy* (pp. 8–21). IPKON AN SSSR.
2. Peregudov, V.V., Fedin, K.A., Nesmashnyu, E.A., Kolesnikov, D.V., Udod, E.G., & Korolenko, M.K. (2012). *Obosnovanie optimal'nykh parametrov otkrytykh gornykh vyrabotok na Krivorozhskikh kar'yerakh: monografiya*. Dionis.
3. Rakishev, B.R. (2015). *Tekhnologicheskie komplekсы otkrytykh gornykh rabot: Uchebnik*.

4. Shustov, O., & Dryzhenko, A. (2016). Organization of dumping stations with combined transport types in iron ore deposits mining. *Mining of Mineral Deposits*, 10(2), 78–84. <https://doi.org/10.15407/mining10.02.078>
5. Khorol'skiy, A.A., & Grinev, V.G. (2020). Vozmozhnosti stvoreniya novoy tekhnologii optimal'nogo proektirovaniya prirodopol'zovaniya. *Gorno-Geologicheskii Zhurnal*, 61, 4–12.
6. Khorol'skiy, A.A., & Grinev, V.G. (2018). Vybory stsenariya osvoiniya mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. *Geologiya i Okhrana Nedr*, 3, 68–74.
7. Hrinov, V.H., & Khorolskiy, A.O. (2020). Doslidzhennia osnov tekhnologii optimal'nogo proektuvannya ratsional'nogo korystuvannya rodovyshchamy tsinnykh kopalyn. *Mineralni Resursy Ukrainy*, 2, 19–24.
8. Adamchuk, A.A., & Shustov, O.O. (2018). Systemnyi pidkhyd do vyboru novykh zasobiv transportu dlia roboty na hlybokykh kar'ierakh. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsional'nogo Hirnychoho Universytetu*, 54, 8–18. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2018_54_3
9. Rzhavskiy, V.V. (1980). *Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya otkrytykh gornykh robot. Uchebnik, izd. 3, pererab. i dop.* Nedra.
10. Dryzhenko, A.Yu. (2014). *Vidkryti hirnychi roboty: pidruchnyk*. Natsionalnyi hirnychiy universytet.
11. Drizhenko, A.Yu. (2011). *Kar'yernye tekhnologicheskie gornotransportnye sistemy: monografiya*. NGU.
12. Kalybekov, T., Rysbekov, K.B., Sandibekov, M.N., Zhakypbek, Y., & Begymzhanova, Y.Y. (2020). The study of rational technology of reclamation of the mine-out quarry space. *Journal of Advanced Research in Natural Science*, 9, 63–70. <https://doi.org/10.26160/2572-4347-2020-9-63-70>
13. Vuyeykova, O., Sladkowski, A., Stolpovskikh, I., & Akhmetova, M. (2016). Rationalization of road transport park for the carriage of mining rocks in the open mines. *Transport Problems*, 11(1), 79–85. <https://doi.org/10.20858/tp.2016.11.1.8>
14. Moldabayev, S.K., Adamchuk, A.A., Toktarov, A.A., Aben, Y., & Shustov, O.O. (2020). Approbation of the technology of efficient application of excavator-automobile complexes in the deep open mines. *Naukovyi Visnyk Natsional'nogo Hirnychoho Universytetu*, 4, 30–38. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/030>
15. Adamchuk, A.A., & Shustov, A.A. (2020). Razrabotka tekhnologicheskikh resheniy po primeneniyu ekskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov v glubokikh kar'yerakh. *Trudy Satpaevskikh Chteniy "Satpaevskie Chteniya – 2020" Tom 1*, 333–336.
16. Korolenko, M.K., Peregudov, V.V., Fedin, K.A., Romanenko, A.V., & Protasov, V.P. (2012). *Sovershenstvovanie transportnykh skhem vydachi rudy dlya usloviy OAO «Yuzhnyy GOK»: monografiya*. Dionis.
17. Adamchuk, A.A. (2017). Obgruntuvannya dotsilnykh skhem rozvantazhennia avtosamoskydiv v bunker pry kombinovanomu avtomobilno-konveiernomu transporti. *II Mizhnarodna Naukovo-Tekhnichna Internet-Konferentsiia «Innovatsiyni Rozvytok Hirnychodobuvnoi Haluzi»*, 73.
18. Smirnov, V.P., & LeI', Yu.I. (2002). *Teoriya kar'yernogo bol'shegruznogo avtotransporta*. UrO RAN.
19. Sarybaev, N.O., & Adamchuk, A.A. (2019). K ustanovleniyu tselesoobraznosti primeniya kruto-naklonnykh konveyerov v kar'yerakh. *Innovatsionnye Tekhnologii – Klyuch k Uspeshnomu Resheniyu Fundamental'nykh i Prikladnykh Zadach v Rudnom i Neftegazovom Sektorakh Ekonomiki RK: Trudy Satpaevskikh Chteniy*, 691–695.
20. Adamchuk, A.A., Shustov, O.O., & Otiuskiy, A.O. (2018). Enerhetychna otsinka transportnykh skhem pry avtomobilno-konveiernomu transporti na hlybokykh horyzontakh

zalizorudnykh kar'ieriv. *Materialy VI Vseukrainskoi Naukovo-Tekhnichnoi Konferentsii Studentiv, Aspirantiv i Molodykh Vchenykh «Molod: Nauka Ta Innovatsii», 1, 2–3.*

21. Adamchuk, A.A. (2017). Issledovanie parametrov dorabotki glubokikh kar'yerov otkrytym sposobom. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 50, 10–17.* http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2017_50_3

22. Babets, Ye.K., Melnykova, I.Ye., Hrebeniuk, S.Ya., & Lobov, S.P. (2015). *Doslidzhennia tekhniko-ekonomichnykh pokaznykiv hirnychodobuvnykh pidpriemstv Ukrainy ta efektyvnosti yikh roboty v umovakh zminnoi kon'unktury svitovoho rynku zalizorudnoi syrovyny: monohrafiia* (Ie. K. Babets (ed.)). vyd. R.A. Kozlov.

23. Adamchuk, A.A., & Shustov, O.O. (2017). Obgruntuvannia ratsionalnykh skhem pry avtomobilno-konveyernomu transporti na hlybokyykh kar'ierakh Ukrainy. *Materialy V Vseukrainskoi Naukovo-Tekhnichnoi Konferentsii Studentiv, Aspirantiv i Molodykh Vchenykh «Molod: Nauka Ta Innovatsii», 1, 2–3.*

24. Shapar', A.G., Lashko, V.T., & Novozhilov, S.M. (2001). *Peregruzochnye punkty pri avtomobil'no-konveyernom transporte na rudnykh kar'yerakh: monografiya.* IPPE NAN Ukrainy.

25. Tartakovskiy, B. N., Krymskiy, V. I., Andryushchenko, A. V., Lashko, V. T., & Anikin, N. N. (1980). *Ustroystvo dlya razgruzki avtosamosvalov v bunker.*

26. Pashkin, B. M., & Popov, A. N. (1960). *Ustroystvo dlya razgruzki samosvalov v bunker* (Patent No. 132123).

27. Men'shikov, B.A., & Sisin, A.G. (1978). *Most dlya nadbunkernoy razgruzki avtosamosvalov* (Patent No. 606796).

28. Budanov, V.E., Koryakin, A.I., & Lokhanov, B.N. (1981). *Ustroystvo dlya nadbunkernoy razgruzki avtosamosvalov* (Patent No. 800077).

29. Makashov, V.N., Korbinskiy, G.M., Drizhenko, A.Yu., & Grinberg, E.M. (1983). *Ustroystvo dlya razgruzki avtosamosvalov* (Patent No. 1057393).

30. Shvernik, A.M., Shlikhter, L.V., & Tunkel', N.R. (1959). *Priemnoe ustroystvo dlya uglya i drugikh sypuchikh i kuskovykh materialov* (Patent No. 120157).

31. Anistratov, Yu.I., Rzhhevskiy, V.V., Karetnikov, V.N., & Lyapin, L.A. (1962). *Most dlya razgruzki sypuchikh materialov v bunkery i rudospuski* (Patent No. 147533).

32. Dryzhenko, A.Yu., Adamchuk, A.A., Shustov, O.O., Moldabaiev, S.K., & Nikiforova, N.A. (2019). *Prystrii dlia rozvantazhennia porid iz avtosamoskydiv u bunker* (Patent No. 119491).

33. Moldabaev, S.K., Kuz'menko, S.V., Kalyuzhnyy, E.S., Drizhenko, A.Yu., & Adamchuk, A.A. (2020). *Ustroystvo dlya peregruzki skal'nykh porod s avtotransporta na konveyernyy pod'emnik* (Patent No. 34570).

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Обґрунтування ефективності комбінованої внутрішньокар'єрної автомобільно-конвеєрної транспортної схеми з наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні з точки зору економічної, технологічної та екологічної умов переходу на нову схему транспорту.

Методика. Для обґрунтування ефективності запропонованої схеми з наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні було застосовано системний підхід, що враховує економічну, технологічну та екологічну умови переходу на нову схему транспорту і, сформульовані на їх підґрунті положення щодо впровадження нових схем комбінованого внутрішньокар'єрного транспорту на глибоких кар'єрах.

Результати. Було порівняно чотири схеми комбінованого автомобільно-конвеєрного транспорту: з тупиковим фронтом і тупиковим розвантаженням, з наскрізним фронтом і тупиковим розвантаженням, з тупиковим фронтом і наскрізним проїздом із наскрізним фронтом і наскрізним проїздом автосамоскидів над бункером. Найбільш ефективні за трьома умовами переходу на нову схему транспорту є схеми з наскрізним проїздом автосамоскидів при їх розвантаженні.

Наукова новизна. Окрім відомих чотирьох типів перевантажувальних пристроїв із наскрізним проїздом автосамоскидів: з підйомним мостом, з поперечно-рухомим мостом, з привідними балками та з поворотною платформою, вперше було виділено п'ятий тип перевантажувальних пристроїв – з поворотними мостами, що рухомо закріплені до опорних балок (транспортних колій) з можливістю повороту у вертикальній площині. Така конструкція дозволяє відмовитися від приводу, а повертання розвантажувальних мостів вести за рахунок дії сили ваги гірничої маси.

Практична значимість. Встановлено, що впровадження схем із наскрізним проїздом автосамоскидів дозволяє скоротити об'єм гірничо-капітальних робіт на 2,7-7,5 млн. м³, витрати палива на 150 тис. л (2 літри за кожен транспортний цикл автосамоскидів), зберегти землі від порушення відкритими гірничими роботами розміром 5-13 га в залежності від моделі автосамоскидів, що застосовується для транспортування гірничої маси і глибини спорудження перевантажувального пункту.

Ключові слова: автосамоскид, комбінована схема транспорту, перевантажувальний пункт, наскрізний проїзд при розвантаженні автосамоскидів, перевантажувальний пристрій, автомобільно-конвеєрний транспорт

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Цель. Обоснование эффективности комбинированной внутрикарьерной автомобильно-конвейерной транспортной схемы со сквозным проездом автосамосвалов при их разгрузке с точки зрения экономической, технологической и экологической условий перехода на новую схему транспорта.

Методика. Для обоснования эффективности предложенной схемы со сквозным проездом автосамосвалов при их разгрузке были применены системный подход, учитывающий экономическую, технологическую и экологическую условия перехода на новую схему транспорта и, сформулированные на их основе положения по внедрению новых схем комбинированного внутрикарьерного транспорта на глубоких карьерах.

Результаты. Были сравнены четыре схемы комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта: с тупиковым фронтом и тупиковой разгрузкой, со сквозным фронтом и тупиковой разгрузкой, с тупиковым фронтом и сквозным проездом со сквозным фронтом и сквозным проездом автосамосвалов над бункером. Наиболее эффективные по трем условиям перехода на новую схему транспорта есть схемы со сквозным проездом автосамосвалов при их разгрузке.

Научная новизна. Кроме известных четырех типов перегрузочных устройств со сквозным проездом автосамосвалов: с подъемным мостом, с поперечно-

подвижным мостом, с приводными балками и с поворотной платформой, впервые было выделено пятый тип перегрузочных устройств – с поворотными мостами, подвижно закрепленными к опорным балкам (транспортных путей) с возможностью поворота в вертикальной плоскости. Такая конструкция позволяет отказаться от привода, а поворот разгрузочных мостов вести за счет действия силы тяжести горной массы.

Практическая значимость. Установлено, что внедрение схем со сквозным проездом автосамосвалов позволяет сократить объем горно-капитальных работ на 2,7-7,5 млн. м³, расход топлива на 150 тыс. л (2 литра за каждый транспортный цикл автосамосвалов), сохранить земли от нарушения открытыми горными работами размером 5-13 га в зависимости от модели автосамосвалов, которая применяется для транспортировки горной массы и глубины сооружения перегрузочного пункта.

Ключевые слова: автосамосвал, комбинированная схема транспорта, перегрузочный пункт, сквозной проезд при разгрузке автосамосвалов, перегрузочное устройство, автомобильно-конвейерный транспорт

ABOUT AUTHORS

Adamchuk Andrii, Senior Researcher, Dnipro University of Technology, 19 Dmytra Yavornitskoho Avenue, Dnipro, Ukraine, 49005. E-mail: Adamchuk.A.A@nmu.one