

В.К. Слободянюк, к.т.н., доц.
Ю.Ю. Турчин, аспір.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ГІРНИЧИХ РОБІТ ПРИ РОЗКРИТТІ ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАР'ЄРУ ПО РУДІ

Аналіз роботи вітчизняних залізрудних кар'єрів показав, що в останні десятиліття зі збільшенням їх контурів спостерігається ускладнення умов ведення гірничих робіт на глибоких горизонтах внаслідок періодичного підтоплення зливовими та підземними водами. В таких умовах існуючі технологічні схеми розкриття уступів із застосуванням лише прямих електричних лопат не є ефективними та безпечними.

Актуальним науковим напрямком є розробка і обґрунтування нових ресурсозберігаючих і безпечних технологічних схем, що адаптовані до складних гідрогеологічних умов глибоких горизонтів залізрудних кар'єрів. Важливим є вдосконалення методів проектування кар'єрів з урахуванням, при визначенні швидкості поглиблення гірничих робіт, впливу фільтраційних властивостей гірських порід горизонтів, які розкриваються. В статті розроблено та надано кваліфікацію комбінованих технологічних схем розкриття глибоких обводнених уступів залізрудних кар'єрів, визначено їх техніко-економічні показники. Встановлено залежність швидкості заглиблення кар'єру від організації робіт з розкриття уступу комбінованим виймально-навантажувальним обладнанням у діапазоні гідрогеологічних умов, характерних для залізистих горизонтів Криворізького залізрудного басейну.

Ключові слова: розкриття уступів; спосіб будівництва траншей; швидкість заглиблення кар'єру, продуктивність кар'єру.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Реалізація максимально можливої за гірничими умовами продуктивної потужності кар'єру по руді здебільшого гарантує досягнення оптимальних техніко-економічних показників внаслідок максимально повного використання гірничого обладнання. Її забезпечення здійснюється за рахунок нарощування та відновлення рудного фронту шляхом розкриття нових уступів. На залізрудних кар'єрах найбільші відхилення від виробничої програми пов'язані з гірничими роботами на його дні. З одного боку, саме ця зона кар'єру характеризується найбільш багатою рудою, але, разом з тим, саме в умовах глибоких горизонтів найбільш яскраво виражена залежність відкритих гірничих робіт від кліматичних умов. В даному випадку означена залежність виявляється у вигляді періодичного затоплення дна кар'єру стоком паводкових та зливових вод. З урахуванням існуючого постійного притоку в простір кар'єру підземних вод, на глибоких горизонтах створюються гірничотехнічні умови, які ускладнюють реалізацію проектних рішень через неможливість експлуатації прямих електричних лопат в обводнених умовах. Подальше використання існуючих технологічних схем розкриття уступів в умовах глибоких обводнених горизонтів призводитиме не лише до погіршення техніко-економічних показників, а й до виникнення аварійних ситуацій і постійного ризику виходу з ладу виймально-навантажувального обладнання через затоплення його електричних частин.

Разом з тим, вплив гідрогеологічних та кліматичних умов на ведення гірничих робіт на глибоких горизонтах кар'єрів не знайшов належного відображення в теорії гірництва. Аналіз результатів метеорологічних досліджень показав, що всій території України притаманна тенденція щорічного збільшення кількості та інтенсивності зливових опадів. У результаті вже на стадії прийняття передпроектних і проектних рішень щодо розробки родовища можуть бути допущені помилки у визначенні швидкості заглиблення кар'єру та його можливої продуктивності по руді. Виникає необхідність у вдосконаленні методів визначення швидкості заглиблення кар'єрів з урахуванням гідрогеологічних та кліматичних факторів та в розробці нових технологічних схем будівництва траншей в складних гідрогеологічних умовах.

Постановка мети і завдань дослідження. **Мета** роботи: вдосконалення методів проектування кар'єрів за рахунок урахування при визначенні швидкості заглиблення кар'єрів гідрогеологічних умов горизонтів, що розкриваються, і структури комплексу виймально-навантажувального обладнання, яке використовується при будівництві в'їзної траншеї.

Завдання дослідження:

1. Розробити та дослідити альтернативні способи будівництва в'їзної траншеї з використанням кар'єрних механічних і гідравлічних екскаваторів.
2. Визначити залежність економічних показників будівництва траншеї від гідрогеологічних умов горизонту, що розкривається, і структури комплексу виймально-навантажувального обладнання.
3. Дослідити залежність швидкості заглиблення кар'єру та його продуктивності від організації робіт з розкриття нового горизонту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У теорії проектування кар'єрів аналітичні принципи визначення можливої швидкості заглиблення відображені у [1, 2, 6, 11]. Дані залежності визначені для роботи екскаватора при проходці в'їзної траншеї на повну висоту уступу. Але при відпрацюванні глибоких кар'єрів на швидкість розкриття значно впливають гідрогеологічні умови. Розкривна виробка будується пошарово, при цьому в межах кожного з шарів необхідно понизити рівень депресійної воронки, що забезпечить безпечну експлуатацію електричних механічних лопат.

У [3, 4, 7, 8] закладено основи теорії руху підземних вод, розглядаються питання осушення та захисту кар'єрного простору від кар'єрних вод. Але взаємозв'язок питань будівництва траншеї і розвитку депресійної воронки зазначеними працями не враховується.

Авторами досліджень [9] визначена безпечна зона використання на залізорудних кар'єрах прямих механічних лопат залежно від головних параметрів кар'єру, об'єму зливого стоку в діапазоні інтенсивності випадання опадів, характерних для умов Кривбасу. Виконано аналіз ступеня придатності для будівництва траншей різних типів виймально-навантажувального обладнання, обґрунтовано застосування в складних гідрогеологічних умовах обернених гідравлічних лопат [5], визначено собівартість експлуатації електричних і гідравлічних екскаваторів в штатних умовах.

Викладення основного матеріалу і результати. У сухих умовах висока швидкість розкриття горизонтів забезпечується застосуванням технологічних схем, що припускають проходку в'їзних траншей канатною механічною лопатою на повну висоту уступу. На практиці при розкритті обводнених горизонтів із застосуванням прямої механічної лопати використовується пошарова схема [5], що припускає спорудження на кожному шарі декількох тимчасових зумпфів. У цьому випадку пряма механічна лопата працює за неефективною і небезпечною технологією, за якої можливе аварійне затоплення гірничого обладнання (рис. 1), розташованого на дні траншеї. У випадку затоплення устаткування його подальша експлуатація можлива після ремонту електричної частини екскаватора.

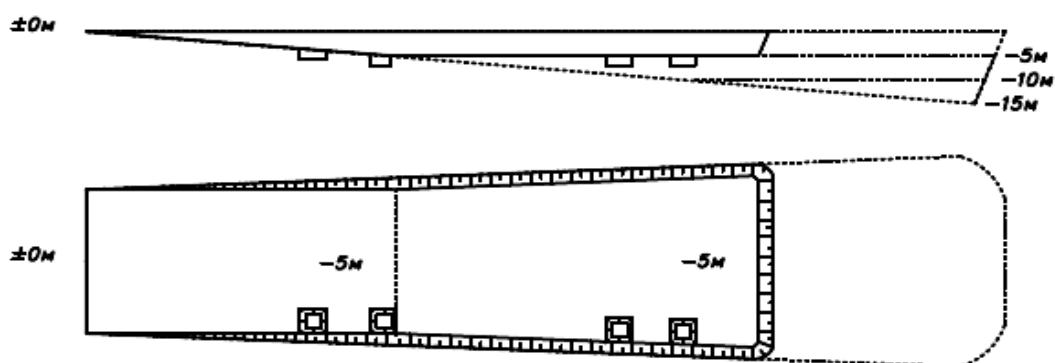


Рис. 1. Технологічна схема пошарової проходки траншеї прямою механічною лопатою

Були розроблені комбіновані технологічні схеми з використанням різномітного виймально-навантажувального обладнання: прямих механічних і обернених гідравлічних лопат. Головна ідея розроблених технологічних схем полягає у створенні сприятливих умов для роботи електричної механічної лопати за рахунок формування гідравлічним екскаватором в контурі

споруджуваної в'їзної траншеї випереджаючої водопонижувальної траншеї. Критерієм ефективності технологічної схеми є максимальне пониження депресійної воронки при мінімальному обсязі гірничих робіт, виконаному гідравлічним екскаватором.

Залежно від порядку виконання гірничих робіт і послідовності використання різнотипного виймально-навантажувального обладнання, комбіновані схеми проходки траншей в складних гідрогеологічних умовах можна поділити на схеми з паралельним і послідовним використанням різнотипного обладнання.

Паралельні схеми припускають одночасну роботу різнотипного виймально-навантажувального обладнання. Роботи з будівництва траншеї організовані таким чином, що вздовж проектного контуру виробки, що споруджується, обернена гідравлічна лопата буде випереджальною водопонижувальною траншеєю. Далі пряма мехлопата починає відпрацювання першого шару, при цьому після формування на підшві шару майданчика з параметрами, що допускають експлуатацію другого екскаватора, гідравлічна лопата здійснює заглиблення водопонижувальної траншеї [5] (рис. 2).

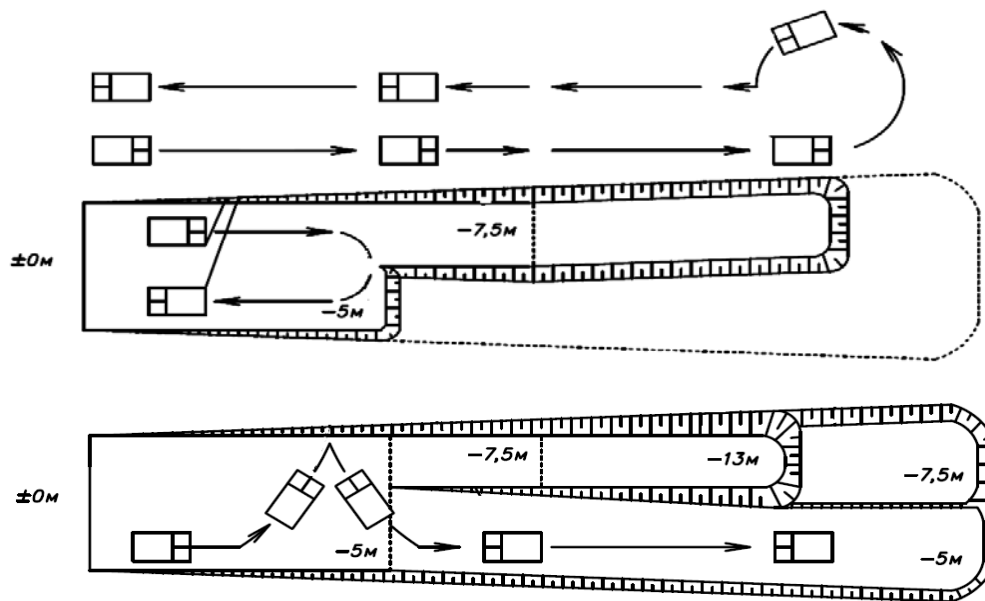


Рис. 2. Реалізація паралельної технологічної схеми ($K_{m.c.} = 0,51$, $K_{к.з.} = 1$)

При послідовних технологічних схемах спочатку свій об'єм робіт виконує гідравлічний екскаватор, після чого до роботи приступає механічна лопата. Очевидно, що мінімально необхідний об'єм робіт зі створення сприятливих умов для ефективно та безпечної експлуатації електричних механічних лопат дорівнює об'єму усіченої перевернутої піраміди з висотою, рівною висоті уступу з урахуванням глибини зумпфа. Одна грань піраміди повинна бути представлена поверхнею з кутом нахилу, що забезпечує переміщення гірничотранспортної техніки, яка використовується при будівництві відкритої гірничої виробки [5].

Будівництво випереджаючої водопонижувальної траншеї здійснюється пошарово похилими шарами. Відпрацювання першого шару виконується з переміщенням забою екскаватора в напрямку зниження дна в'їзної траншеї, а відпрацювання другого і наступних шарів здійснюють з підрізкою верхніх шарів у зворотному напрямку (рис. 3). Для зменшення довжини і об'єму випереджаючої водопонижувальної траншеї останній шар відпрацьовують з підвищеним уклоном, що допускає переміщення гусеничної техніки.

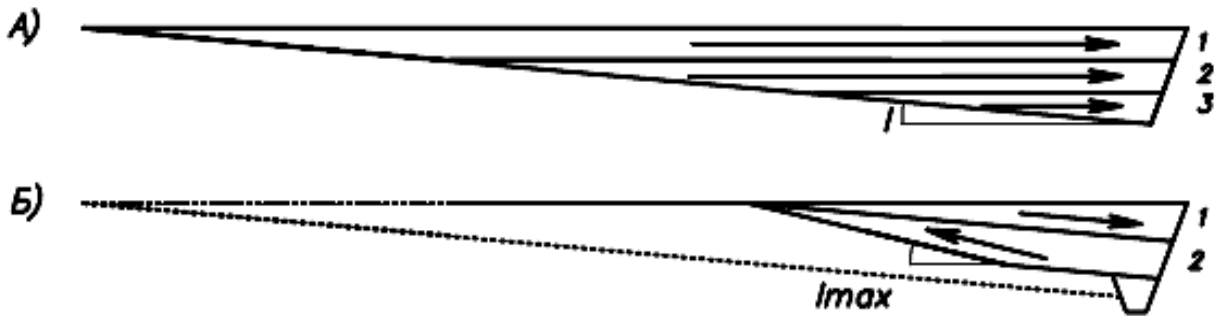


Рис. 3. Напрямок переміщення забою оберненої гідравлічної лопати при роботі за паралельними (А) і послідовними (Б) схемами.

1, 2, 3 – відповідно перший, другий і третій шари водопонижуючої траншеї; штриховою лінією позначено проектний контур в'їзної траншеї

У торцевій частині в'їзної траншеї, що споруджується, обернена гідравлічна лопата буде похилу випереджальну водопонижуючу траншею. Мінімальна ширина траншеї понизу повинна бути не меншою за ширину односмугової автодороги з урахуванням берм безпеки. Для зниження собівартості експлуатації гідравлічного екскаватора і витрат на будівництво траншеї об'єм робіт, що виконується оберненою лопатою, повинен бути мінімально можливим. Виходячи з цього, подальше заглиблення випереджаючої водопонижуючої траншеї необхідно проводити без збільшення її довжини. Для виконання зазначених умов обернений гідравлічний екскаватор зворотним ходом здійснює підрізу підшви випереджаючої траншеї таким чином, що частину її дна по ширині підрізають з підвищеним уклоном, формуючи при цьому майданчик для роботи екскаватора, а іншу частину – на 2–3 м глибше за першу [5] (рис. 4). Таким чином, в поперечному перерізі дно випереджальної траншеї набуває ступінчастої форми. Нижня частина дна виконує функцію зумпфа. Основною відмінністю послідовних схем є те, що пряма механічна лопата відпрацьовує траншею суцільним забоем на повну висоту уступу. Це наближує технічні показники роботи екскаватора до показників при відпрацюванні не обводненого горизонту.

Для характеристики розроблених схем будівництва траншей використовується коефіцієнт технологічної схеми, який чисельно дорівнює об'єму гірських порід, що екскавуються оберненою гідравлічною лопатою, до загального об'єму гірничих робіт з будівництва траншеї. Так, якщо значення коефіцієнта технологічної схеми $k_{ТС}$ дорівнює 0,5, це означає, що половину об'єму гірничої маси в контурі траншеї екскавує обернена гідравлічна лопата; $k_{ТС} = 0$ – весь об'єм відпрацьовується механічною лопатою; $k_{ТС} = 1$ – весь об'єм відпрацьовується гідравлічною лопатою. Для характеристики довжини зони роботи гідравлічної лопати використаний коефіцієнт зони роботи гідравлічного екскаватора, який чисельно дорівнює відношенню довжини виробки, що споруджується гідравлічним екскаватором, до загальної довжини траншеї [5].

На прикладі механічної лопати і оберненого гідравлічного екскаватора з ємностями ковшів 10 і 15 м³ відповідно виконано техніко-економічні розрахунки для розроблених комбінованих схем будівництва в'їзних траншей. За вихідні дані для економічного розрахунку приймалися показники, що наведені в каталозі-довіднику «Mine and mill equipment costs» [10]. Використання цих даних дозволяє адекватно оцінити вартість експлуатації машини, адже моделі ідентифіковані лише за специфікацією, без зазначення виробника. Експлуатаційні витрати на використання запропонованих технологічних схем розкриття нових горизонтів наведено на графіку (рис. 6).

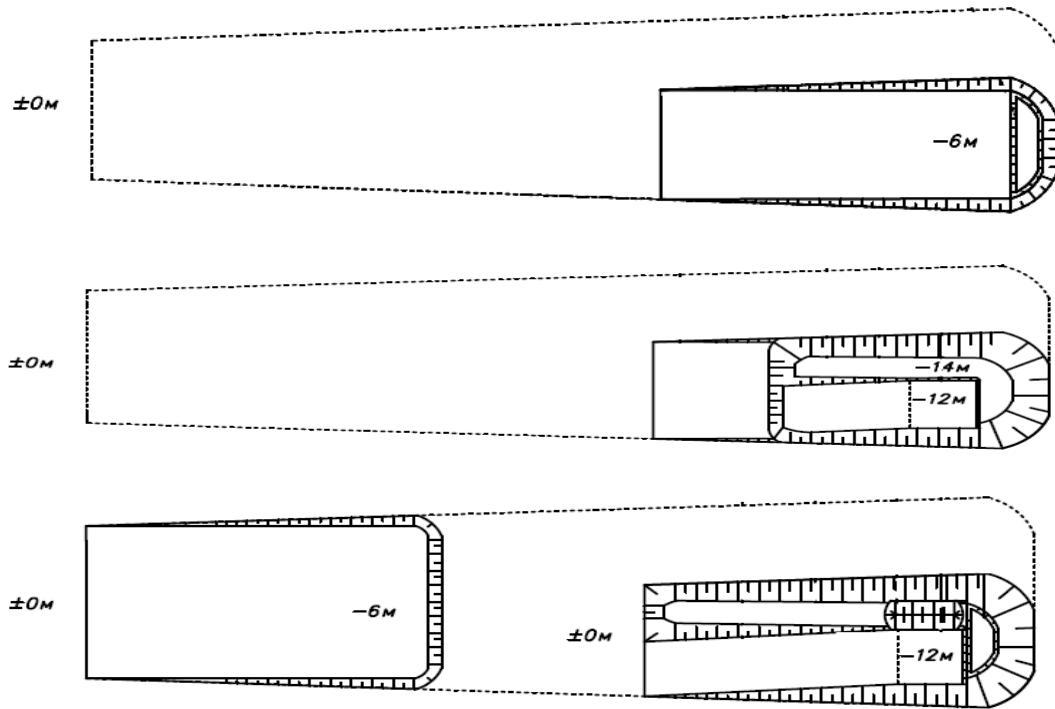


Рис. 4. Реалізація послідовної технологічної схеми ($K_{m.c.} = 0,21$, $K_{к.з.} = 0,4$)

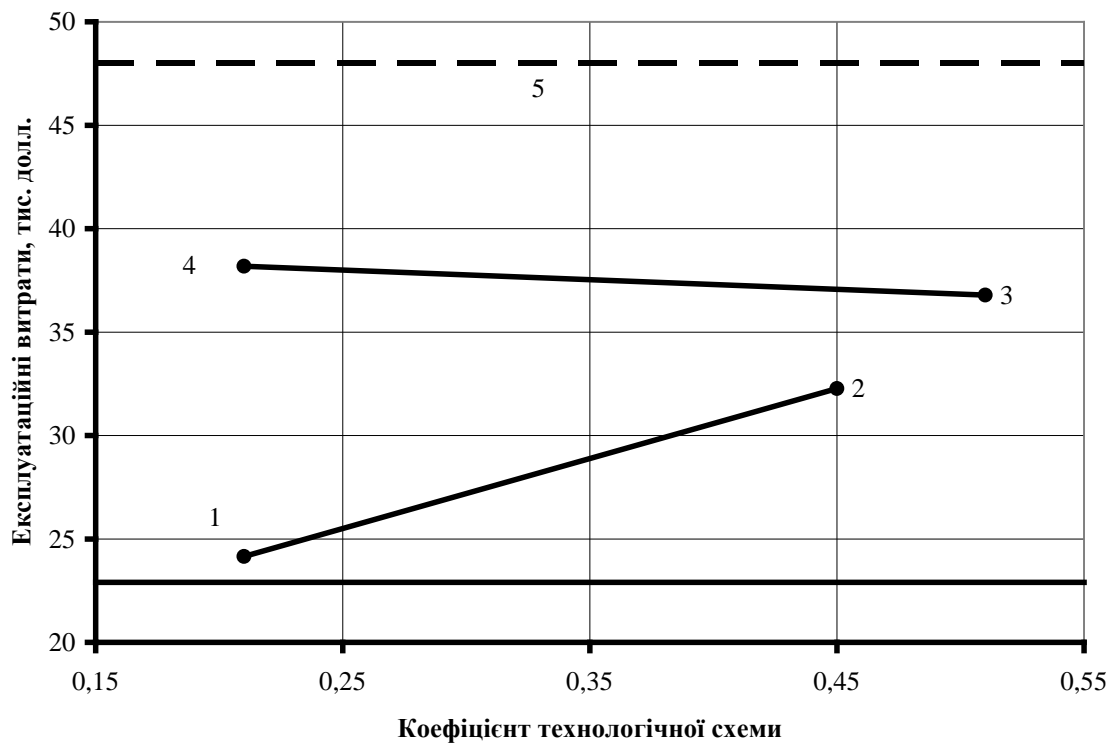


Рис. 5. Експлуатаційні витрати на виймально-навантажувальні роботи при паралельних (1, 2) і послідовних (3, 4) схемах; суцільною і штриховою (5) лініями позначено експлуатаційні витрати при використанні лише механічної лопати в сухих і обводнених умовах відповідно

Горизонтом, що підготовлений до експлуатації, вважають горизонт, на якому пройдена розрізна траншея довжиною, що забезпечує можливість її розширення. Час розкриття та підготовки горизонту до експлуатації відраховується від початку розширення розрізної траншеї

на уступі, що лежить вище, до завершення робіт з будівництва в'їзної та розрізної траншей на горизонті, що лежить нижче. При застосуванні автомобільного транспорту підготовка горизонту до експлуатації закінчується після формування в торці в'їзної траншеї котловану з параметрами, що забезпечують нормальну експлуатацію гірничотранспортного обладнання [1, 2, 6, 11].

Необхідний обсяг робіт на горизонті, що лежить вище, полягає в розширенні котловану і розгонці уступу на відстань, що забезпечує можливість будівництва похилої траншеї на горизонт, що лежить нижче, і створення котловану в її торцевій частині з урахуванням необхідності збереження робочого майданчика.

Можливу швидкість заглиблення кар'єру (v) з урахуванням часу, необхідного для пониження воронки депресії підземних вод (t^1) і часу виконання обсягу робіт з розгону уступу, що лежить вище, і проходки похилої траншеї на той, що лежить нижче, (T) можна визначити за виразом:

$$v = \frac{h}{T + t^1} \text{ (м/міс.)}.$$

Час зниження депресійної воронки визначається рішенням рівняння Тейса-Джейкоба (рис. 6) [3, 4, 7, 8]:

$$t = \frac{r^2}{2,25 \cdot a} \cdot e^{\frac{4\pi \cdot k \cdot m \cdot S}{Q}} \text{ (діб)},$$

де Q – дебіт дрени, м³/добу; S – зниження рівня в точці спостереження, м; k – коефіцієнт фільтрації, м/добу; m – потужність пласта (водоносного горизонту), яка з урахуванням зниження рівня в точці спостереження (S) і глибини розкриття дренаю водоносного горизонту (m_0), визначає динамічну зміну напору (H) в породах пласта:

$$H = m + S - m_0 \text{ (м)};$$

km – водопровідність пласта (водоносного горизонту), м²/добу; r – приведений радіус дрени, м; a – п'єзопроводність пласта ($a^* = km/\mu^*$), м²/добу; R – радіус депресійної воронки, $R = 1,5 \cdot \sqrt{a \cdot t}$, м; μ – водовіддача горизонту, частки одиниці; t – час від початку збурення дрени, діб.

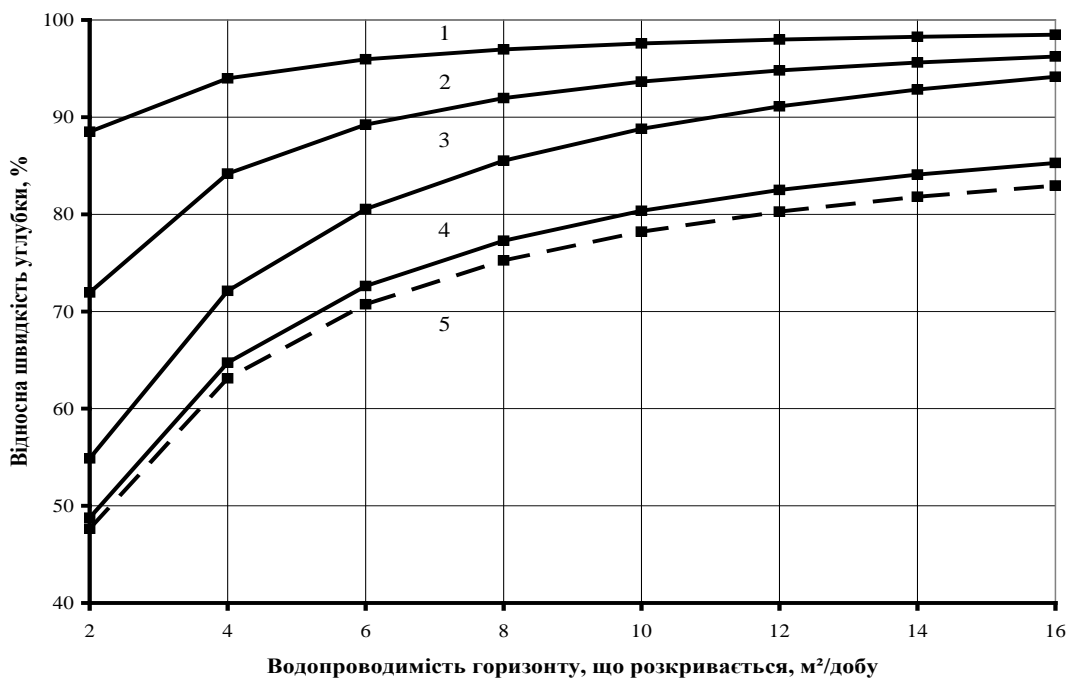


Рис. 6. Залежність можливої швидкості заглиблення кар'єру від гідрогеологічних умов при послідовних схемах – $k_{м.с.} = 0,21$ (1), $k_{м.с.} = 0,45$ (2), паралельних схемах – $k_{м.с.} = 0,21$ (4), $k_{м.с.} = 0,51$ (3), пошаровій проходці траншеї в обводнених умовах (6); до 100 % віднесена робота в сухих умовах

Для розрахунку прийняті прямі механічні і обернені гідравлічні лопати з ємністю ковша 10 і 15 м³ відповідно. Розглядався водоносний горизонт, для якого задавалися різні значення швидкості виснаження та перерозподілу його запасів. У розрахунках коефіцієнт фільтрації варіював в діапазоні 0,01–0,1 м/добу з кроком 0,01 м/добу. Потужність водоносного пласта була прийнята 200 м, водовіддача 0,07 часток одиниці.

Для кожної зі схем проходки траншеї розглядалося по два варіанти, що відрізняються значенням коефіцієнта технологічної схеми. Для паралельних схем приймалися значення коефіцієнтів технологічних схем 0,21 і 0,51, для послідовних – 0,21 і 0,45 відповідно. Результати моделювання винесено на графік (рис. 6).

Аналіз результатів моделювання показує, що найменші витрати часу забезпечуються застосуванням послідовних технологічних схем розкриття уступів. При $k_{TC} = 0,21$ швидкість заглиблення наближується до швидкості заглиблення, яка характерна для прямої механічної лопати, що працює в сухих умовах. Застосування існуючих пошарових технологічних схем розкриття уступу із застосуванням лише прямих механічних лопат призведе до зниження можливої швидкості заглиблення на 20–60 %. При паралельних схемах швидкість заглиблення буде тим вищою, чим більший об'єм робіт з будівництва траншеї виконує гідравлічний екскаватор. Це свідчить, що ефективність їх застосування насамперед визначається об'ємом робіт, що виконує гідравлічна лопата, і майже не залежить від ступеня адаптованості організації робіт з розкриття уступу до складних гідрогеологічних умов.

Для визначення економічної ефективності послідовних схем було виконане моделювання експлуатаційних затрат на виймально-навантажувальне обладнання залежно від обсягу робіт, що виконує обернена гідравлічна лопата. Розрахунок обсягу робіт, що виконує обернена гідравлічна лопата, виконувався на базі формул Є.Ф. Шешко. Для розрахунку приймалися наступні вихідні дані: ширина випереджаючої водопонижуючої траншеї 18–36 м (з кроком у 6 м), уклон дна – 80–200 ‰ (з кроком в 10 ‰), глибина траншеї 15 м. Експлуатаційні витрати на будівництво траншеї визначалися за показниками, наведеними в каталозі «Mine and mill equipment costs» [10]. Результати моделювання представлені на графіках (рис. 7, 8).

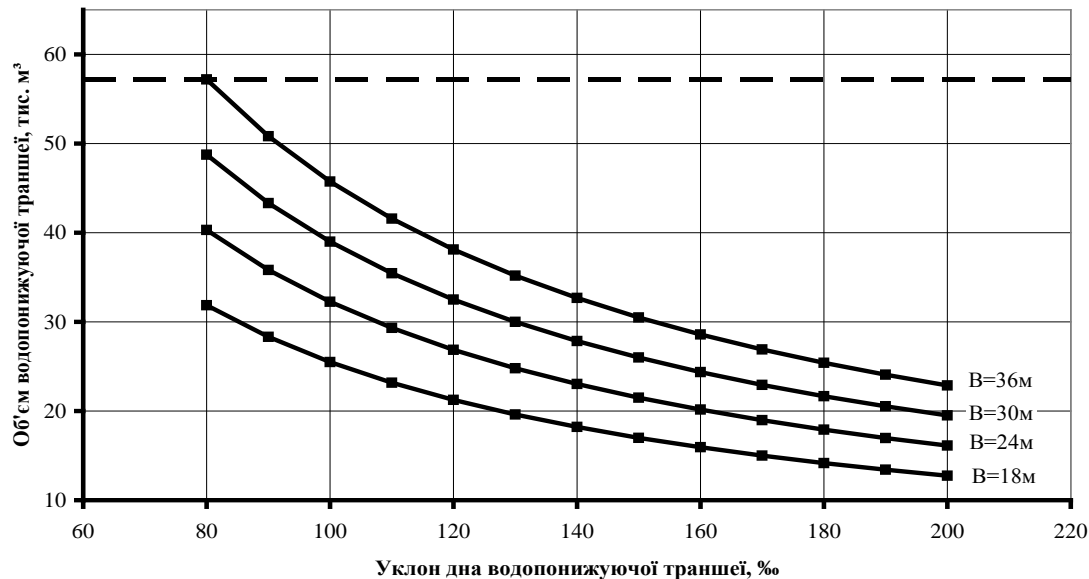


Рис. 7. Залежність обсягу водопонижуючої траншеї від уклону її дна

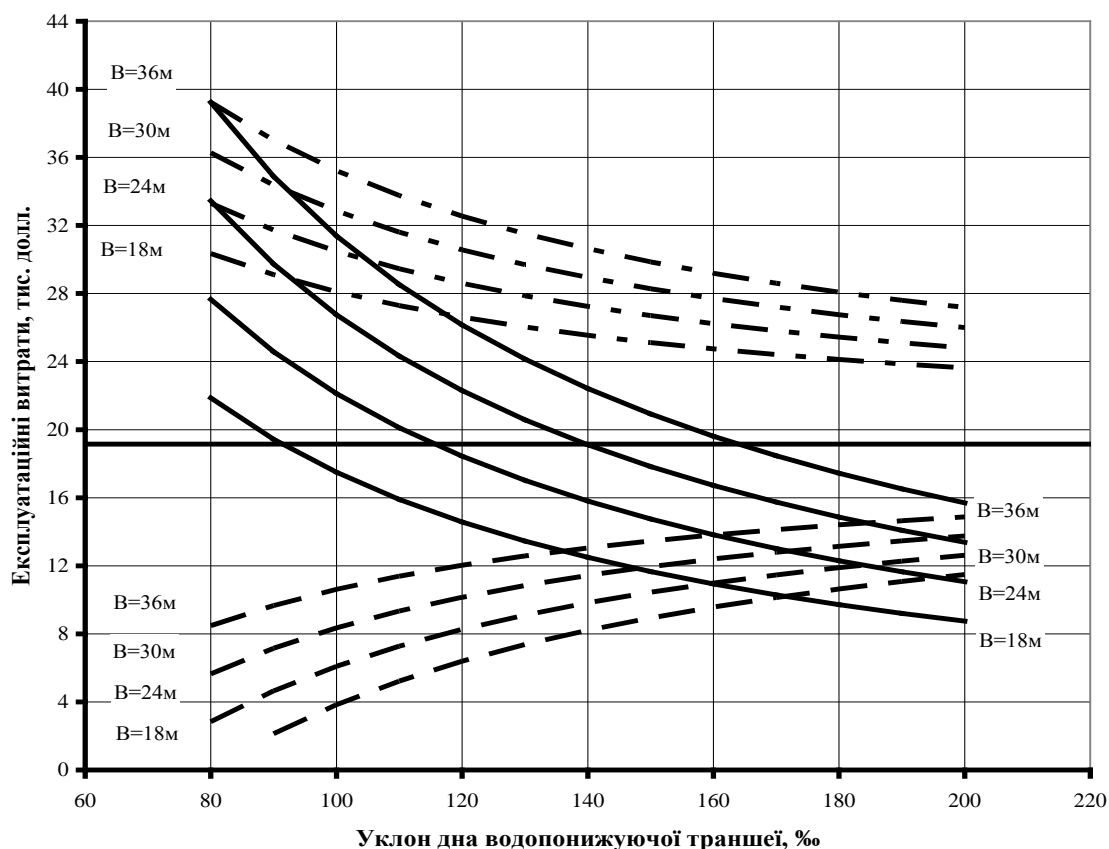


Рис. 8. Залежність експлуатаційних витрат на розкриття горизонту при послідовних технологічних схемах від параметрів водопонижуючої траншеї. Суцільними лініями позначена робота гідралічної лопати, штриховими – механічної лопати. Штрихпунктирні лінії характеризують витрати на розкриття горизонту, окремо винесено витрати на розкриття уступу в сухих умовах (суцільна пряма)

Аналіз результатів моделювання свідчить про те, що формування дна випереджальної траншеї з підвищеним уклоном призводить до зменшення обсягу робіт, що виконується гідралічним екскаватором. Можна констатувати, що при застосуванні послідовних технологічних схем розкриття уступу досягається висока швидкість створення умов для продуктивної роботи прямої механічної лопати. При цьому, чим більшим буде значення уклому, тим меншим буде обсяг робіт, що виконується оберненим гідралічним екскаватором. Результати економічного розрахунку доводять, що мінімум експлуатаційних витрат досягається шляхом застосування послідовних технологічних схем будівництва траншеї, які передбачають формування дна водопонижуючої виробки з підвищеним уклоном. Це наближає економічні показники запропонованої технології до показників, якими характеризується розкриття в сухих умовах.

Згідно з нормами технологічного проектування, можлива продуктивність кар'єру по руді визначається за формулою [1, 2, 6, 11]:

$$A_p = h_r S_p \rho \frac{1-r}{1-v} (\tau),$$

де h_r – швидкість зниження видобувних робіт, м/рік; S_p – площа рудного тіла, в межах якої здійснюється пониження гірничих робіт, м²; ρ – щільність руди в надрах, т/м³; r – експлуатаційні втрати руди, частки одиниці; v – коефіцієнт вагового зuboжіння.

Наведена вище формула є загальноприйнятною.

У конкретних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах визначальним параметром розрахунку можливої продуктивності кар'єру є показник інтенсивності розробки крутопадаючих родовищ – швидкість зниження гірничих робіт.

На прикладі умовного родовища, за визначеною швидкістю заглиблення кар'єру, була розрахована його можлива продуктивність по руді при застосуванні комбінованих

технологічних схем розкриття горизонтів. Приймалось, що в розробці знаходиться рудний поклад довжиною 600 м і потужністю 500 м. Щільність руди приймалась 3,5 т/м³, експлуатаційні втрати руди – 0,5 часток одиниці, коефіцієнт вагового зубожіння – 0,5. Результати розрахунку для паралельних (3, 4) і послідовних схем (1, 2) виведені на графік (рис. 9).

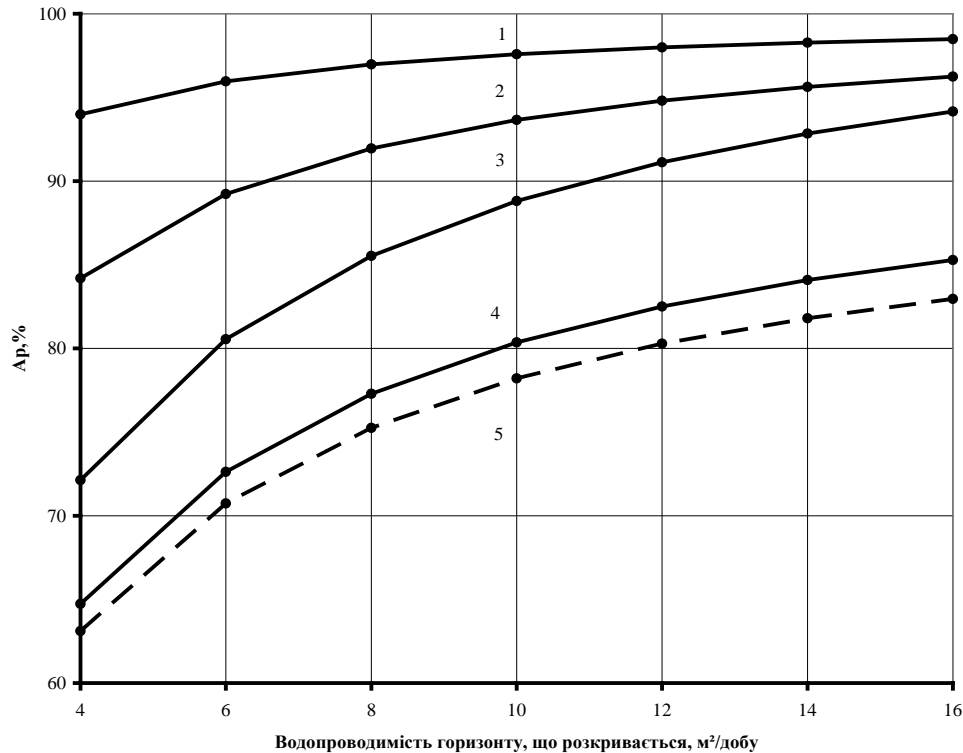


Рис. 9. Залежність відносної продуктивності кар'єру по руді від гідрогеологічних умов горизонту, що розкривається при застосуванні послідовних схем ($k_{м.с.} = 0,21$ (1), $k_{м.с.} = 0,45$ (2)), паралельних схем ($k_{м.с.} = 0,21$ (4), $k_{м.с.} = 0,51$ (3)) та при пошаровій проходці траншеї в обводнених умовах (5)

Аналіз результатів моделювання доводить, що подальше застосування існуючих технологічних схем розкриття уступу може призвести до зниження продуктивності кар'єру по руді на 20–40 %. На глибоких кар'єрах найбільш доцільним буде застосування послідовних комбінованих схем розкриття уступу, які навіть за максимально несприятливих гідрогеологічних умов гарантують виконання 95–98 % планових об'ємів видобутку. Застосування паралельних схем розкриття уступу гарантуватиме виконання планової продуктивної потужності лише на 70–80 %.

Висновки та напрямки подальших досліджень. У статті розглянуті питання вдосконалення технології відкритих гірничих робіт при розробці глибоких горизонтів в складних гідрогеологічних умовах. Продуктивність кар'єра по руді залежить від швидкості заглиблення дна кар'єру. Теорією проектування кар'єрів не враховується той факт, що можлива швидкість заглиблення кар'єру залежить від швидкості і тривалості протікання фільтраційних процесів при розвитку депресійної воронки. У статті розроблена методика визначення можливої швидкості заглиблення кар'єру, яка враховує гідрогеологічні умови розкриваних горизонтів.

У глибоких кар'єрах швидкість заглиблення знижується через використання при будівництві траншей прямих механічних лопат, ефективність експлуатації яких різко знижується в умовах обводнених горизонтів. Авторами розроблено та обґрунтовано нові комбіновані схеми проходки траншей при розкритті глибоких горизонтів залізородних кар'єрів, вдосконалено методи визначення швидкості заглиблення кар'єру. Основною ідеєю розроблених технологічних схем є використання для проходки траншей зворотних гідравлічних екскаваторів

до моменту створення умов для безпечної експлуатації прямих механічних лопат. За швидкістю будівництва траншей в обводнених умовах комбіновані схеми наближаються до показників прямої механічної лопати при роботі в сухих умовах.

У статті вирішене актуальне наукове завдання обґрунтування технологічних схем розкриття та введення в експлуатацію глибоких горизонтів залізорудних кар'єрів в складних гідрогеологічних умовах. Подальші дослідження будуть спрямовані на встановлення залежності продуктивності кар'єру по руді з урахуванням технології розкриття глибоких горизонтів і параметрів робочої зони кар'єру.

Список використаної літератури:

1. *Дриженко А.Ю.* Открытая разработка железных руд Украины: состояние и пути совершенствования : монография / А.Ю. Дриженко, Г.В. Козенко, А.А. Рыкус ; под ред. А.Ю. Дриженка. – Дніпропетровськ : Нац. гірничий ун-т ; Полтава : Полтавський літератор, 2009. – 452 с.
2. *Арсентьев А.И.* Разработка месторождений твердых полезных ископаемых открытым способом : учебник / А.И. Арсентьев. – СПб., 2010. – 115 с.
3. *Мироненко В.А.* Динамика подземных вод / В.А. Мироненко. – М. : Изд-во Московского гос. горного ун-та, 2005. – 519 с.
4. *Ленченко Н.Н.* Динамика подземных вод (теоретический курс) / Н.Н. Ленченко. – М. : Изд-во Московского гос. геологоразведочного ун-та, 2004. – 209 с.
5. Дослідження та розробка нових технологічних схем розкриття та введення в експлуатацію глибоких горизонтів залізорудних кар'єрів : звіт про НДР (закл.) / ДВНЗ «Криворізький національний університет» ; кер. В.К. Слободянюк. – ДР 0115U003347; Інв. 0715U004949. – Кривий Ріг, 2015. – 92 с.
6. *Ржевский В.В.* Технология и комплексная механизация открытых горных работ / В.В. Ржевский. – М. : Недра, 1968. – 639 с.
7. *Абрамов С.К.* Защита карьеров от воды / С.К. Абрамов, М.С. Газизов, В.И. Костенко. – М. : Недра, 1976. – 230 с.
8. *Плотников Н.И.* Подземные воды рудных месторождений / Н.И. Плотников, М.В. Сыроватко, Д.И. Щеголев. – М. : Металлургиздат, 1957. – 616 с.
9. *Слободянюк В.К.* Исследование влияния ливневого стока на горные работы в глубоком карьере / В.К. Слободянюк, Ю.Ю. Турчин // Сталий розвиток промисловості та суспільства : матер. конф. (22–25 трав. 2012). – Кривий Ріг : ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2012. – Т. 1.
10. Mine and mill equipment costs. Western Mine Engineering, Inc. Washington, Copyright 1995.
11. *Бизов В.Ф.* Проективання гірничих підприємств / В.Ф. Бизов. – Кривий Ріг : Мінерал, 2003. – 341 с.

СЛОБОДЯНЮК Валерій Костянтинович – кандидат технічних наук, доцент ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Наукові інтереси:

- продуктивність кар'єру;
- технологія гірничих робіт.

ТУРЧИН Юрій Юрійович – аспірант кафедри відкритих гірничих робіт ДВНЗ «Криворізький національний університет».

Наукові інтереси:

- технологія гірничих робіт.

Стаття надійшла до редакції 13.10.2015.