

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ НА РОДОВИЩАХ БЛОЧНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ

(Представлено д.геол.н., проф. Підвисоцьким В.Т.)

Проблема обсягів виробництва є однією з основних в українському каменедобувному секторі. Типовий український кар'єр, який щорічно виробляє 1000–1500 м³, часто не здатен задовольнити потреби середньостатистичного європейського замовника. Це нерідко зумовлено неправильним формуванням технологічних комплексів, які не дозволяють виробити необхідний об'єм товарних блоків.

Метою роботи є визначення найкращих технологій відокремлення блоків каменю в умовах Українського кристалічного щита з точки зору найвищої технічної та економічної придатності. Дослідження процесу відокремлення виконувалися на кількох гранітних кар'єрах України та Італії. Було проведено порівняння кількох технологій відокремлення, посування, навантаження та транспортування товарних блоків. Обраховано експлуатаційні витрати на використання кожної з них.

Питомі витрати на відокремлення моноліту вибуховим способом (з використанням детонаційного шнура) є більше, ніж у 3 рази нижчими порівняно з використанням комбінації алмазного канатного різання з динамічним розщепленням у перерахунку на 1 м³ товарного блоку. Комбінація алмазного канатного різання з розщепленням хімічними генераторами кисню є дещо дешевшою, що виправдовує її розповсюдження на українських кар'єрах. З точки зору збереження цілісності масиву гірських порід та якості поверхні блоку всі перелічені технології є прийнятними для умов Українського кристалічного щита. Серед технологій посування та завалювання моноліту все більшого розповсюдження набуває використання колісного фронтального навантажувача зі змінним навісним обладнанням. Іноді на цій стадії застосовуються гідравлічні домкрати.

Поділ моноліту на товарні блоки на українських кар'єрах найчастіше виконується шляхом його розколювання гідравлічними чи ручними клинами. При високій вартості блоків моноліт іноді пасерують алмазною канатною установкою. Для транспортування блоків на невеликі відстані доцільно застосовувати колісні фронтальні навантажувачі, при значній віддаленості складу готової продукції від робочої площадки та для транспортування околу і негабаритних блоків – автосамоскиди.

Ключові слова: блочний облицювальний камінь; технологічний комплекс; експлуатаційна продуктивність; технологія видобування блочного каменю.

Постановка проблеми. Зростання кількості каменедобувних підприємств, дестабілізація економіки країни, підвищення цін на нафтопродукти, обладнання, витратні матеріали та інструмент, підвищення вимог до стандартів продукції з каменю обумовлюють необхідність у переоснащенні гірничодобувних підприємств України та вдосконаленні методології формування технологічних комплексів (ТК) на родовищах облицювального каменю (ОК).

Проблема обсягів виробництва є однією з основних в українському каменедобувному секторі [1]. Типовий кар'єр щорічно виробляє 1000–1500 м³ товарних блоків. Таким чином, дуже важко виконати навіть одне середньостатистичне замовлення 500–1000 м³ для експорту.

Деякі власники кар'єрів, особливо в умовах економічної кризи, віддають перевагу не завжди якісному китайському чи застарілому радянському обладнанню замість європейських, японських чи американських машин та запасних частин через високу їх вартість. На перший погляд цей вибір є обґрунтованим. Наприклад, ціна на екскаватор VEKS EO 5124 (СРСР, 1988) коливається в межах 10000–19000 доларів США в Україні. В той же час, ціна на аналогічний екскаватор Hitachi ZAXIS 330-3 набагато вища – 28000–55000 доларів США (Японія, 2008–2012). Проте, практика багатьох каменедобувних підприємств доводить, що тривалість простоїв, витрати на ремонт можуть бути значно зменшені, а продуктивність кар'єру збільшена під час використання більш сучасного обладнання.

На багатьох кар'єрах вибір обладнання здійснюється через переймання досвіду інших подібних підприємств. Ця практика призводить до невідповідності продуктивності декількох одиниць обладнання ТК одна одній. Наприклад, продуктивність екскаватора VEKS EO 4124 дозволяє видобувати до 6000 м³/рік гірської маси, коли автосамоскидом КамАЗ 6520-60 можна перевезти понад 10000 м³/рік. Такий вибір, як правило, призводить до надмірної витрати палива для транспортування та більш тривалих простоїв машин та механізмів. Отже, необхідно більш ретельно планувати ТК на кар'єрах ОК.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення найкращих технологій відокремлення блоків каменю в умовах Українського кристалічного щита (УКЩ) з точки зору найвищої технічної та економічної придатності.

Для того, щоб визначити такі технології, необхідно визначити:

- фактори, що впливають на формування ТК;
- технології, що можуть бути використані для видобування високоміцного каменю (ВОК);
- експлуатаційну продуктивність обладнання під час виконання певних операцій;
- економічний ефект від впровадження даних технологій.

Методологія. Дослідження процесу відокремлення виконувалися на кількох кар'єрах ВОК у Житомирській області (Кам'янобрідське Північне родовище габро, Човнівське родовище сієніту, Вол.-Волинське родовище габро, Осниківське родовище лабрадориту) та в Італії (П'ємонт). ОК на більшості родовищ в умовах УКЩ видобувається за двостадійною схемою, монолітами об'ємом 150–200 м³. Висота таких монолітів (блоків) зазвичай відповідає відстані між природними тріщинами в масиві ГП (3–4 м). Розміри товарних блоків коливаються в межах 1–5 м³ (5–15 т). Після виробництва блоки транспортуються на каменеобробні фабрики, де, залежно від призначення, розпилюються на сляби або іншу товарну продукцію.

Було проведено порівняння чотирьох технологій відокремлення (1. Буріння та заряд детонаційного шнура (ДШ) + димний порох; 2. Буріння + ДШ; 3. Алмазне канатне різання (АКР); 4. Хімічні генератори кисню (ГКХ) «Літокол») та їх комбінацій. До уваги прийняті такі витрати: амортизація обладнання, трудові ресурси, сервісне обслуговування техніки та енергетичні затрати. Експлуатаційні витрати на видобування кожною з технологій розраховувалися за формулою 1.

$$E_b = \frac{n_p * T * z_p + \sum(B_p * T_{zag}) + \sum(n_{ob} * T_{zag} * A)}{V_{мон}}, \text{ EUR/м}^3 \quad (1)$$

де: n_p – кількість працівників;

T – затрачений час на вирізання 1 моноліту, год.;

z_p – заробітна плата 1 працівника, EUR/год.;

B_p – вартість витратних матеріалів, EUR/год.;

T_{zag} – загальний час роботи кожної одиниці техніки, год.;

n_{ob} – кількість одиниць обладнання;

A – витрати на амортизацію, EUR/год.;

$V_{мон}$ – об'єм моноліту, м³.

Викладення основного матеріалу. Комплексна механізація покликана охоплювати всі основні та допоміжні процеси і операції, замінити важку ручну працю, підвищити продуктивність та покращити техніко-економічні показники [2, 3]. Машини і механізми комплексу мають бути кількісно (число обладнання має задовольняти видобування блоків у близькому до оптимального режимі) та якісно (раціональний вибір видів обладнання по типорозмірам, відповідним до структури та міцності масиву) взаємопов'язані. Тобто потужність та технологічні можливості прийнятого комплексу обладнання мають відповідати виробничій потужності кар'єру та швидкості просування розкривних та видобувних робіт у часі та просторі.

Морфологічна і геологічна мінливість кам'яних покладів і природна диференціація фізичних характеристик порід дає підставу для існування великої кількості способів відпрацювання кар'єрів, навіть у межах однієї географічної зони. У результаті, цілий ряд технічних рішень, розроблених і прийнятих для видобутку природного ОК, надзвичайно широкий. Проте далеко не кожен з них можливо використовувати для видобування ВОК. Для правильної організації технологічного процесу видобування ВОК необхідно підібрати технологію відокремлення моноліту від масиву та поділу його на товарні блоки у найбільш економічно вигідний спосіб.

Існує безліч факторів, що мають прямий вплив на проектування та управління каменедобувним підприємством, що впливають на типологію, методи та технології видобування каменю (Таб. 1). Розрізняють природні, технологічні, технічні, організаційні та економічні фактори [4–6], наведені на рисунку 1.

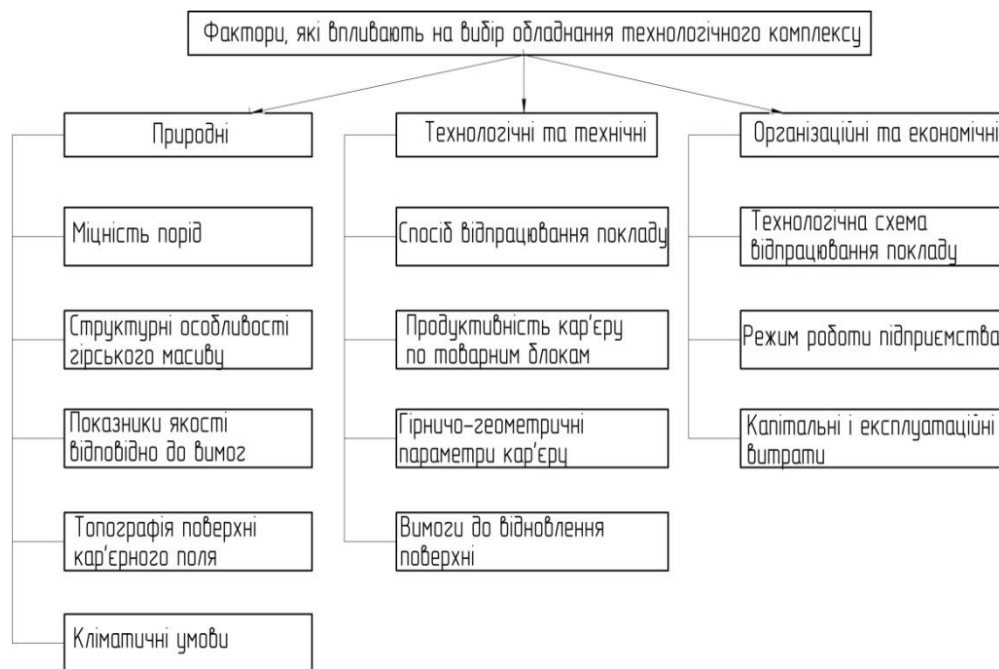


Рис. 1. Фактори, що впливають на вибір обладнання технологічного комплексу

Таблиця 1

Основні фактори, що впливають на організацію виробничого процесу

Фактор	Об'єкт впливу
Географія та морфологія родовища	Віддаленість від каменеобробних фабрик, організація транспортних шляхів, розташування відвалів, шляхи водопостачання тощо
Геометрія покладу (переважає горизонтальний чи вертикальний розвиток)	Висота уступів, параметри заходок, транспортна система тощо
Однорідність покладу (тріщинуватість)	Економічна доцільність розробки, вибір технологій відокремлення, стадійність розробки, параметри монолітів, що можливо відокремлювати, вибір виймально-навантажувального обладнання тощо
Структурна анізотропія (видима чи прихована)	Орієнтування фронту робіт
Фізико-технічні властивості породи (міцність, абразивність, вміст кварцу)	Технології підготовки моноліту до відокремлення, поділу на товарні блоки (різання чи динамічне розщеплення)
Кліматичні умови району	Ефективність застосування деяких технологій, питомі витрати вибухових речовин та НРС

У таблиці 2 перераховано технології, що найбільш ефективно застосовуються в світовій практиці для видобування блоків ВОК.

Таблиця 2

Найбільш розповсюджені технології, пов'язані з різними фазами виробничого циклу

Технологічні операції	Технології та обладнання
Відокремлення моноліту від масиву	<ul style="list-style-type: none"> - Буріння + ВР - Буріння + клини - Суцільне оббурювання - Різання алмазною канатною установкою - Термічне різання - Різання струменем води високого тиску
Перекидання	<ul style="list-style-type: none"> - Гідро- та пневмоподушки - Гідродомкрати - Гідравлічні екскаватори - Лебідки - Тракторні тягачі - Колісні фронтальні навантажувачі з навісним обладнанням
Розділення на блоки	<ul style="list-style-type: none"> - Буріння + ВР - Буріння + клини - Буріння + НРЗ - Різання алмазною канатною установкою
Навантаження та транспортування	<ul style="list-style-type: none"> - Колісні фронтальні навантажувачі - Гусеничні гідравлічні навантажувачі - Гусеничні гідравлічні екскаватори - Дерик-крани
Допоміжне обладнання	<ul style="list-style-type: none"> - Преси - Аспіратори (поглиначі пилу від буріння) - Насоси - Електричні генератори - Крани

В таблиці 3 зазначено переваги та недоліки деяких технологій відокремлення моноліту ВОК від масиву (перша стадія двостадійної схеми видобування блоків).

Таблиця 3

Переваги та недоліки деяких способів відокремлення моноліту ВОК від масиву

Переваги	Недоліки
1	2
МЕХАНІЧНІ	
Алмазне канатне різання (АКР)	
<ul style="list-style-type: none"> - універсальність; - низький вплив на навколишнє середовище; - збереження цілісності масиву; - висока якість поверхні блоку; - безпечність використання 	<ul style="list-style-type: none"> - висока точність буріння свердловин; - вимагає наявності кваліфікованого персоналу; - постійна подача води; - неможливість використання при високій тріщинуватості; - висока вартість канату
Суцільне оббурювання	
<ul style="list-style-type: none"> - висока збереженість каменю; - точність розмірів виділених монолітів 	<ul style="list-style-type: none"> - великий обсяг бурових робіт; - великі експлуатаційні втрати; - можливість відхилення робочого інструмента від заданого напрямку буріння
Відокремлення монолітів розклинюванням	
а) Використання ручних клинів	
<ul style="list-style-type: none"> - не потребує дорогих машин і механізмів; - максимальне використання тріщинуватості масиву; - не утворює додаткових систем тріщин 	<ul style="list-style-type: none"> - використання важкої ручної праці; - низька продуктивність; - високий об'єм буріння шпурів; - обов'язкова наявність трьох площин відслонення у вибої

1	2
б) Використання гідравлічних клинів	
<ul style="list-style-type: none"> - висока продуктивність видобувних робіт; - невеликий обсяг ручної праці; - простота й безпека експлуатації; - максимальне використання тріщинуватості масиву; - не утворює додаткових систем тріщин 	<ul style="list-style-type: none"> - значний об'єм бурових робіт; - обов'язкова наявність трьох площин відслонення у вибої
Відкол розпірними пристроями – Хімічні генератори кисню (ГКХ) «Літокол» («Rocksplitter»)	
<ul style="list-style-type: none"> - невисока вартість; - видобування всіх видів порід; - можливість застосування при складних гірничо-геологічних умовах; - простота процесу та безпека використання; - не порушує цілісність масиву 	<ul style="list-style-type: none"> - вимагає точного буріння; - нерегулярність поверхні блоку; - помірне забруднення навколишнього середовища
ВИБУХОВІ	
Димний порох	
<ul style="list-style-type: none"> - можливість використання для видобування всіх видів гірських порід; - можливість застосування при складних гірничо-геологічних умовах; - невисока енерго- і матеріальноємність процесу підготовки блоків до виймання; - простота процесу; - невисокі експлуатаційні витрати 	<ul style="list-style-type: none"> - порушення монолітності породи; - небезпека ведення робіт; - можливість відмови заряду; - складність зберігання і перевезення ВР; - значний вплив на навколишнє середовище; - нерегулярність поверхні блоку; - втрата продуктивності при значній тріщинуватості масиву
Використання ДШ	
<ul style="list-style-type: none"> - видобування всіх видів порід; - збереження монолітності; - максимальний вихід блоків; - висока продуктивність; - невисокі експлуатаційні витрати; - прийнятна якість поверхні блоку 	<ul style="list-style-type: none"> - високий обсяг бурових робіт; - високі вимоги до точності буріння (шпури мають бути строго паралельними та мати однакову відстань один від одного); - зниження продуктивності при високій тріщинуватості масиву
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ	
Термічне різання	
<ul style="list-style-type: none"> – простота використання; – не вимагає високої кваліфікації робітників; – невисока вартість обладнання; – не вимагає виконання попередніх операцій; – високий вихід блоків; – висока якість поверхні блоків 	<ul style="list-style-type: none"> – можливість використання способу лише для видобування порід з високим відсотком кварцу; – висока вартість експлуатації; – високі втрати каменю на пропил; – високий коефіцієнт ручної праці; – значний вплив на навколишнє середовище; – низька швидкість проходки щілин; – високі вимоги до безпеки ведення робіт
Використання НРС	
<ul style="list-style-type: none"> - не потребує високої кваліфікації персоналу; - низький вплив на навколишнє середовище; - можливість відокремлення монолітів великих розмірів; - не порушує цілісність масиву; - спосіб незамінний на ділянках, через які проходять лінії електропередач 	<ul style="list-style-type: none"> - обмежена можливість використання НРС при низьких температурах; - нестабільність властивостей партій НРС; - необхідність точного дотримання співвідношення НРС і води в робочій суміші, порушення якого не тільки знижує працездатність НРС, але може призвести навіть до повної її втрати; - зниження продуктивності при значній тріщинуватості масиву

Закінчення табл. 3

1	2
Різання струменем води високого тиску	
<ul style="list-style-type: none"> - висока якість поверхні блоків; - автоматизація процесу різання та, відповідно, невеликий обсяг ручної праці; - безпека ведення робіт; - мінімальний вплив на навколишнє середовище 	<ul style="list-style-type: none"> - низька швидкість різання; - висока гучність струменю води; - високі витрати на початкові інвестиції; - необхідність постійного технічного обслуговування із залученням кваліфікованої праці операторів; - необхідність подачі та рециркуляції великої кількості води

Виймання відокремленого моноліту з вибою – це наступний по технології видобування каменю процес. В загальному випадку він містить дві основні операції: посування моноліту від вибою та перекидання для наступного розділення на блоки; іноді ці операції суміщаються.

Найбільш поширені способи посування монолітів: перекидання монолітів гідродомкратами; посування та перекидання монолітів за допомогою пристроїв, що розширюються; посування та перекидання моноліту за допомогою колісного фронтального навантажувача зі знімним обладнанням.

Коротка характеристика кожного способу виймання монолітів з вибою наведені в таблиці 4.

Розділення моноліту на товарні блоки (друга стадія двостадійної схеми видобування блоків) виконується тими ж способами, що й відокремлення моноліту від масиву, але має деякі технологічні особливості. Найбільш поширеними способами поділу моноліту є: розколювання моноліту ручними клинами/гідроклинами; поділ монолітів розклинюванням; розколювання монолітів підриванням ДШ; гідроімпульсне розколювання монолітів; АКР; використання фізико-технічних способів [7].

Висновки та перспективи подальших розвідок. Схеми для вибору технологій та обладнання ТК показані на рисунках 2 та 3.

В даний час, в Україні існує необхідність використовувати такі технології, які будуть відповідати як відносно низькій ціні, так і мають бути орієнтовані на отримання якісної продукції відповідно до державних та європейських стандартів. У світовій практиці часто дешеві технології нехтують: для підприємств важливим є максимальний вихід блоків з мінімальним створенням відходів, адже часто імпортований камінь є достатньо рідкісним та обмеженим у запасах. Наприклад, італійські підприємства іноді змушені відокремлювати моноліти довжиною 500 м та площею різку 25 м² в поперечнику. Витрати на видобування такого блоку можуть складати приблизно 500000 EUR. Але у відсотковому відношенні кількість «корисної» сировини отримується найбільша, що в кінцевому результаті призводить до отримання найбільшого прибутку від реалізації готової продукції. Отже, найкраща технологія не завжди відповідає найдешевшій. Таким чином, в каменедобувному секторі більш досконалі та, як наслідок, більш дорогі методи набувають все більшого значення.

Таблиця 4

Коротка характеристика способів виймання окремих монолітів з вибою

Переваги	Недоліки
Перекидання монолітів гідродомкратами	
<ul style="list-style-type: none"> - можливість використання як при відриванні від вертикальної площини, так і похилої та горизонтальної; - відокремлення блоків різних розмірів 	<ul style="list-style-type: none"> - необхідність утворення спеціальних ніш; - велика вага домкратів (від 64 до 90 кг); - необхідність встановлення обладнання вручну; - значні втрати часу на відривання моноліту
Посування та перекидання монолітів за допомогою пристроїв, що розширюються (пневматичних подушок)	
<ul style="list-style-type: none"> - невелика маса обладнання; - немає необхідності у виконання додаткових операцій; - відокремлення блоків різних розмірів 	<ul style="list-style-type: none"> - розміри подушок мають стандартні розміри, тобто є доволі товстими та їх часто неможливо помістити у вузькі щілини; - висока вартість подушок, можливість пошкодити подушки гострими кутами каменю
Посування та перекидання моноліту за допомогою колісного фронтального навантажувача з навісним обладнанням (стріла та вила)	
<ul style="list-style-type: none"> - немає необхідності в стропуванні моноліту; - відсутність ручної праці; - невеликі втрати часу 	<ul style="list-style-type: none"> - обмежений розмір монолітів, що посуваються

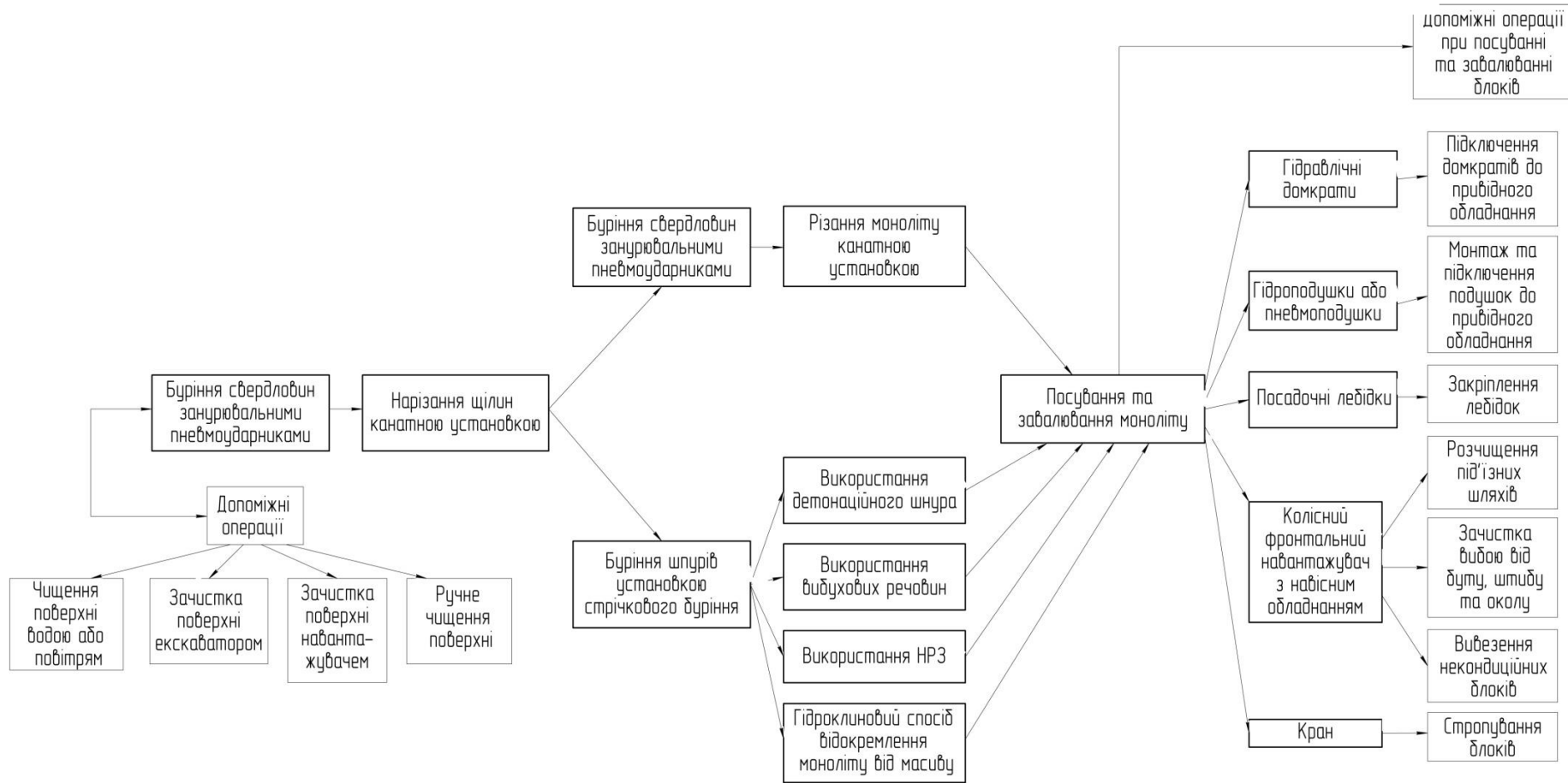


Рис. 2. Можливі технологічні схеми першої стадії видобування блочного каменю. Відокремлення моноліту від масиву (різання, посування та завалювання)

Найбільш розповсюдженими в світовій практиці є 2 технології: АКР та буріння + ДШ. Деякі українські кар'єри ВОК все ще практикують використання вибухової технології з застосуванням димного порошу. Через ряд суттєвих недоліків (Табл. 4) спостерігається тенденція до зниження її популярності. З точки зору чистої вартості різання 1 м² поверхні, вибухова технологія є більш дешевою, ніж АКР. Проте не варто нехтувати завданням правильно оцінити вартість видобування 1 м³ товарного блоку. Порівняно з канатним різанням, вибух (особливо використання порошу, проте це не стосується окремого використання ДШ) спричиняє утворення більшої кількості відходів та більші втрати каменю через утворення додаткових систем тріщин у масиві. Тому при виборі технології відокремлення моноліту від масиву варто оцінювати кінцеву вартість блоків, а не керуватися лише початковою дешевизною методу.

Питомі витрати на відокремлення моноліту вибуховим способом (ДШ) складають приблизно 5 EUR/м³, тоді як при виконанні АКР+ДШ вартість в середньому складає 17,5 EUR/м³. Коливання витрат на видобування 1 м³ ВОК на різних родовищах показана на рисунку 3. Відповідно до графіку, найбільш дешевою є технологія ДШ, найбільш дорогою – АКР + ДШ. Технологія АКР + ГКХ є дещо дешевшою, що виправдовує її розповсюдження на українських кам'янодобувних підприємствах [8].

Витрати на первинне відокремлення моноліту, використовуючи технології АКР + ДШ та окремо ДШ побудовані на рисунку 4 у вигляді функції вартості товарного блоку. Точка перетину двох прямих графіку визначає перехідний момент, в який використання АКР стає більш вигідним в міру зростання вартості товарного блоку порівняно з технологією ДШ.

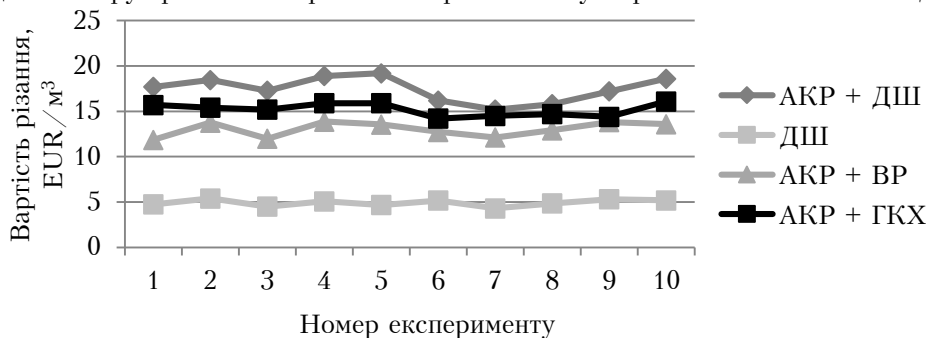


Рис. 3. Витрати на відокремлення 1 м³ ВОК

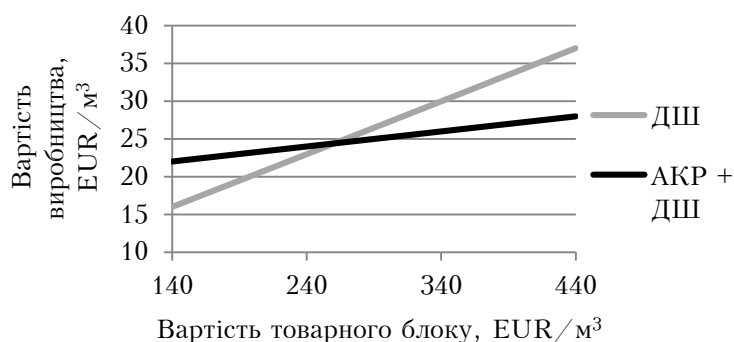


Рис. 4. Зміна вартості виробництва різними способами відповідно до ціни блоку

В таблиці 5 описано сучасний стан використання деяких технологій видобування блоків ВОК.

Таблиця 5
Сучасний стан використання деяких технологій видобування блоків ВОК

Традиційні технології			Альтернативні технології			Інноваційні технології
Буріння + ВР	Буріння + розклинювання	АКР	Термічне різання	Суцільне оббурювання	Буріння + НРЗ	Різання струменем води
дуже часто	дуже часто	часто	локально	дуже рідко	рідко	експериментально

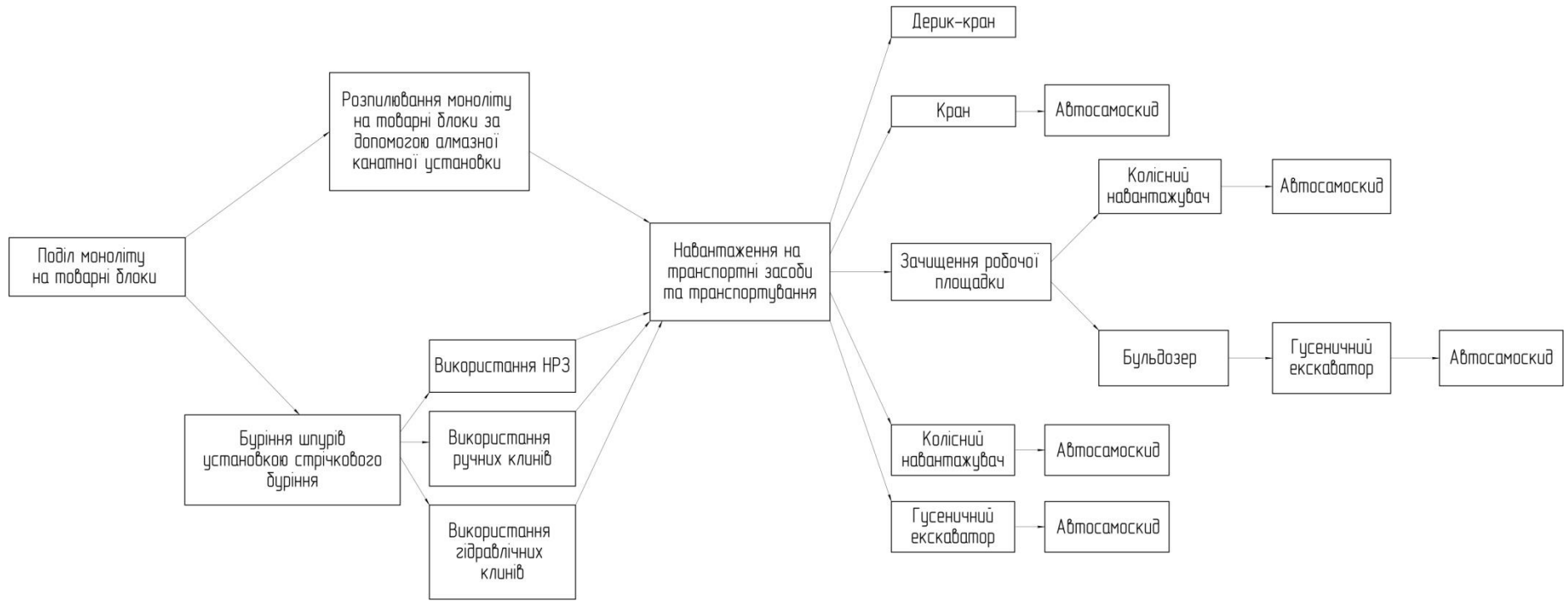


Рисунок 5. Можливі технологічні схеми другої стадії видобування блочного каменю. Поділ моноліту на товарні блоки, їх навантаження, транспортування та складування

У таблиці 6 наведено порівняльний аналіз найбільш розповсюджених технологій відокремлення моноліту від масиву.

Серед технологій посування та завалювання моноліту все більшого розповсюдження набуває використання колісного фронтального навантажувача (КФН) зі змінним навісним обладнанням. Перевагою є швидкодія, маневреність та універсальність машини. Поряд з навантажувачами часто на цій стадії застосовуються гідравлічні домкрати. Недоліком їх є необхідність у використанні додаткового обладнання, вирізанні спеціальних ніш для встановлення домкратів та застосуванні ручної праці.

Поділ моноліту на товарні блоки (рис. 5) на українських кар'єрах найчастіше виконується шляхом буріння в моноліті стрічки шпурів із подальшим розколюванням гідравлічними чи ручними клинами. Використання ручних клинів має бути скорочено до мінімуму для покращання умов праці робітників. Зарубіжні ж підприємства (наприклад, італійські кар'єри ВОК) практикують АКР, що іноді пов'язано з меншою тріщинуватістю масиву, та, відповідно, вищою вартістю блоків через невеликі запаси певного виду каменю.

На кар'єрах ОК існують такі види перевезень: доставка блоків на склад готової продукції; доставка блоків споживачу або на пункт залізничного навантажування; доставка некондиційних блоків на склад-відвал; доставка розкриву у відвал; доставка околу на ділянки ремонту автодоріг.

Таблиця 6

Порівняльний аналіз технологій відокремлення моноліту від масиву з використанням детонаційного шнура, алмазної канатної установки та їх комбінації

Характеристика	ДШ	АКР	АКР+ДШ	ВР	ВР+АКР	АКР+ГКХ
Якість поверхні	-	+	+	-	+	+
Продуктивність по гірничій масі, м ² /год	+ (7-10)	± (1-4)	+ (10)	+ (7-10)	+ (10)	+ (10)
Енергоспоживання	-	±	±/-	-	±/-	±/-
Капітальні витрати	-	±	±	-	±/-	±/-
Витрати на інструмент	-	+	+	-	+	+
Вплив на навколишнє середовище	+	-	±	+	+	-
Рівень механізації	-	±	±/-	-	±/-	±/-
Безпека ведення робіт	-	±	±	-	-	±
Витрати води	-	±	±	-	±	±
Вплив на масив ГП	±	-	±	+	±	-

«-» – низький; «±» – середній; «+» – високий

Для навантаження та транспортування блоків найчастіше застосовуються колісні фронтальні навантажувачі (КФН). Сучасний кар'єр важко собі уявити без навантажувача, що підтверджує досвід останніх років роботи кар'єрів Європи, Канади, США. Під час створення навантажувачів спостерігається прагнення до максимальної уніфікації вузлів і деталей. Потужності двигунів і місткості ковшів навантажувачів постійно удосконалюються і збільшуються [9]. Хоча вартість навантажувача в кілька разів вище вартості дерик-крана, питома маса використання навантажувачів набагато перевищує питому вагу використання дерик-кранів. В Апуанських Альпах співвідношення навантажувачів до дерик-кранів складає 10:1, причому це співвідношення постійно змінюється на користь навантажувачів. На фінських гранітних кар'єрах на один навантажувач припадає 10-15 тис. м³ гірської маси, що видобувається, в Італії на мармурових кар'єрах – 5-10 тис. м³ [2]. Здатність здійснювати навантажування навіть за умови обмеженого простору робить їх придатними і для виконання багатьох інших операцій. В таблиці 7 описано можливість використання виймально-навантажувального обладнання при видобуванні ВОК на різних технологічних етапах.

Транспортування околу та некондиційних блоків найчастіше виконується автосамоскидами з попереднім навантаженням КФН або екскаватором. Якщо відстань транспортування блоків невелика, зникає необхідність у використанні автосамоскида, адже економічно вигідно переміщувати блоки навантажувачем. Якщо відстань транспортування перевищує 300 м, з точки

зору витрат палива та витратних матеріалів вигідніше навантажувати блоки КФН, краном або екскаватором (якщо ківш має достатній для блоків об'єм) [10].

Таблиця 7

Можливість використання виймально-навантажувального обладнання при видобуванні ВОК на різних технологічних етапах

Операція	Колісний фронтальний навантажувач	Екскаватор
Вилучення та складування відходів виробництва	ефективно	ефективно
Обслуговування робочих площадок, під'їзних шляхів	ефективно	достатньо ефективно
Створення пом'якшуючих подушок для завалювання моноліту	ефективно	ефективно
Перекидання моноліту	ефективно	ефективно
Навантаження блоків	ефективно	достатньо ефективно
Пересування обладнання	ефективно	не застосовується
Навантаження відходів	ефективно	достатньо ефективно
Видалення тріщинуватих порід	ефективно	ефективно
Подрібнення (розшарування) некондиційних блоків	не застосовується	ефективно (з відбійним молотом)
Установка бурового обладнання	не застосовується	ефективно
Транспортування товарних блоків	ефективно	не застосовується

Список використаної літератури:

1. *Majewski O.* L'attrattiva delle pietre dell'Ucraina // *MarmoMacchine Mag.* – 2011. – Вид. 21. – № 222. – С. 20–41.
2. *Карасев Ю.Г.* Природный камень. Добыча блочного и стенового камня / *Ю.Г. Карасев, Н.Т. Бакка.* – Россия : Санкт-Петербургский горный ин-т., 1997. – 428 с.
3. *Карасев Ю.Г.* Технология горных работ на карьерах облицовочного камня / *Ю.Г. Карасев.* – М. : Недра, 1995. – 198 с.
4. *Мельников Н.В.* Краткий справочник по открытым горным работам. 2-е вид / *Н.В. Мельников.* – М. : Недра, 1968. – 311 с.
5. *Кокунина Л.В.* Выбор рациональных технологических параметров при подготовке к выемке блочного камня / *Л.В. Кокунина* // Уральский государственный горный университет. – 2006. – 159 с.
6. *Філіпова Н.П., Котенко В.В.* Аналіз чинників, які визначають ефективність роботи технологічних комплексів на кар'єрах блочного каменю / *Н.П. Філіпова, В.В. Котенко* // Тези XXXVII науково-практичної міжвузівської конференції, присвяченої Дню науки «Розробка родовищ корисних копалин. Промислова екологія». – Житомир : Редакційно-видавничий відділ ЖДТУ, 2012. – С. 309–310.
7. *Ashmole I.* Dimension stone: the latest trends in exploration and production technology / *I.Ashmole, M.Motlounq* // *Surf. Min.* – 2008. – Вид. 35. – С. 35–70.
8. *Філіпова Н.П.* Техніко-економічне обґрунтування способів відокремлення високоміцних порід на кар'єрах блочного облицовального каменю України / *Н.П. Філіпова* // Вісник Національного гірничого університету. – 2016.
9. *Бычков Г.В.* Направления повышения эффективности технологий добычи и обработки природного камня на Урале / *Г.В. Бычков* // Уральская государственная горно-геологическая академия. – 2003. – 385 с.
10. *Filipova N.* Substantiation of the wheel loader employment at dimension stone quarries in Ukraine / *N.Filipova* // *Int. J. Adv. Inf. Sci. Technol.* – 2016. – Вид. 54. – № 54.

References:

1. Majewski, O. (2011), L'attrattiva delle pietre dell'Ucraina, *MarmoMacchine Magazine*, Vol. 21 (222), p. 20–41.
2. Karasev, Yu.G. and Bakka, N.T. (1997), *Prirodnyi kamen'. Dobycha blochnogo i stenovogo kamnya* [Natural stone. Dimension stone exploitation], St. Petersburg Mining Institute, St. Petersburg, 428 p.
3. Karasev, Yu.G. (1995), *Tehnologiya gornyh rabot na karjerah oblitsovochnogo kamnya* [Technologies of mining operations at dimension stone quarries], Nedra, Moscow, 198 p.
4. Mel'nikov, N.V. (1968), *Kratkii spravochnik po otkrytym gornym rabotam* [A short guide to open-cast mining], 2nd ed., Nedra, Moscow, 311 p.
5. Kokunina, L.V. (2006), *Vybor ratsional'nykh tekhnologicheskikh parametrov pri podgotovke k vyemke blochnogo kamnya* [Choosing of rational technological parameters in dimension block excavation]: *dissertation*, Ural State Mining University, 159 p.
6. Filipova, N.P. and Kotenko, V.V. (2012), “Analiz chynnykiv, jaki vyznachajut' efektyvnist' roboty tehnologichnyh kompleksiv na kar'jerah blochnogo kamenju” [Analysis of factors that determine the efficiency of techniques employed at dimension stone quarries], *Proceedings of the XXXVII scientific and practical interuniversity conference, devoted to the Day of Science “Mining. Industrial Ecology”*, p. 309–310.
7. Ashmole, I. and Motloun, M. (2008), “Dimension stone: the latest trends in exploration and production technology”, *Surface Mining*, Vol. 35, p. 35–70.
8. Filipova, N.P. (2016), “Tehniko-ekonomichne obgruntuvannja sposobiv vidokremlennja vysokomicnyh porid na kar'jerah blochnogo oblycjuval'nogo kamenju Ukrai'ny” [Technological and economic justification of dimension stone exploitation techniques in Ukrainian granite or similar quarries], *Scientific Bulletin of National Mining University*.
9. Bychkov, G.V. (2003), *Napravleniya povysheniya effektivnosti tekhnologiy dobychi i obrabotki prirodnogo kamnya na Urale* [Approaches to increase the efficiency of natural stone mining and processing techniques in the Urals]: *dissertation*, Ural State Mining University.
10. Filipova, N. (2016), “Sabstantiation of the wheel loader employment at dimension stone quarries in Ukraine”, *International Journal of Advanced Information Science and Technology (IJAIST)*, Vol. 54 (54).

ФІЛІПОВА Ніна Павлівна – асистент кафедри геотехнологій ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія розробки родовищ корисних копалин;
- проблеми каменедобувної галузі України.

Тел.: (063) 671–89–96.

E-mail: ninykla@bk.ru.

Стаття надійшла до редакції 20.09.2016.