

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИДОБУВАННЯ ШТУЧНОГО КАМЕНЮ НА УКРАЇНІ

В статті наведено існуючі методи визначення продуктивності технологічних комплексів та виходу блочної продукції на кар'єрах штучного каменю. Викладено перспективні напрямки досліджень в цій галузі.

Перебіг технологічних процесів на кар'єрах з видобування блоків природного каменю характеризується певною послідовністю, а саме: підготовка каменю до виймання, відокремлення моноліту та його переділ на блоки, вантаження, транспортування й обробку. Через великий об'єм супутньої гірської маси для її вантаження й транспортування застосовують одноковшеві екскаватори, навантажувачі, автосамоскиди, які працюють за загальновідомими схемами, застосовуваними на відкритих гірничих розробках. З огляду на своєрідну специфіку видобування природного облицювального каменю основну увагу приділятимемо розгляду процесів підготовки до виймання, вантаження, транспортування і частково пасерування блоків.

Основним технологічним процесом, що змінює агрегатний стан і місцеположення каменю, є підготовка його до виймання. Цю підготовку проводять багатьма способами напрямленого руйнування гірських порід (та їх комбінаціями), які забезпечують концентрацію критичних напружень строго в потрібних площинах розколу або розрізу каменю.

Фізико-технічні властивості та мінералогічний склад каменю, умови його залягання в масиві, а також вимоги до одержуваної продукції визначають схеми виконання робіт у кар'єрах.

Міцність, мінералогічний склад і структура каменю за інших рівних умов істотно впливають на продуктивність каменерізних, газоструменевих, канатних, бурових, гідроклинових, водометних та інших установок.

Притаманні родовищам облицювального каменю розвинені системи тріщин окремостей визначають лінійні розміри блоків, що видобувають, їх об'єми та можливий вихід із корисної копалини, а наявність мікроорієнтування мінералів полегшує розколювання каменю в певному напрямку.

Продуктивність каменеобробних верстатів залежить од ступеня завантаженості їх приймального простору, а отже, від лінійних розмірів блоків. Тому лінійні розміри добуваних блоків облицювального каменю мають бути близькими до параметрів верстатів або кратними їм за довжиною та шириною.

Нормативами (ДСТУ БВ.2.7-59-97) передбачені такі максимальні лінійні розміри блоків: довжина – 3,5, ширина та висота – по 2 м [1].

Напрямок мікроорієнтування мінералів у породі блока каменю, відносно площини його розпилювання на каменерозпилювальних верстатах, при виготовленні облицювальних виробів впливає на можливий вихід готової продукції, в процесі технологічної переробки блоків та одержаний рисунок виробу в шліфованій або полірованій фактурі обробки.

Отже, для ефективного використання сировини при виготовленні облицювальних виробів потрібно вже під час видобування блоків їх грані орієнтувати в напрямі мікроорієнтування мінералів. Тому, для вибору способів підготовки блоків до виймання та технологічних схем потрібні спеціальні узагальнювальні показники, що враховують властивості порід.

Вибираючи технічні засоби для виконання окремих процесів технології видобутку, найдоцільніше використовувати показники трудності їх провадження, які визначаються з урахуванням властивостей розроблюваних порід та умов залягання корисної копалини. Для вибору способу підготовки блоків до виймання при розробці мармурових родовищ використовують показник трудності розробки P_r мармурового масиву [2].

Питання продуктивності комплексу обладнання розглядалося багатьма дослідниками. В своїх роботах Бакка М.Т. розглядав проблему раціональної комплектації структури комплексної механізації на родовищах природного облицювального каменю за принципом поєднання технологічних параметрів розробки масивів з характеристиками машин і механізмів. Технологічні параметри масивів Бакка М.Т. характеризує підтипом: I – масив породи із щільністю тріщин $0-0,25$ м/м² і піддається термічному різанню; II – масив породи із щільністю тріщин $0-0,25$ м/м² і не підлягає термічному різанню; III – масив породи із щільністю тріщин $0,25-0,5$ м/м²; IV – масив породи із щільністю тріщин більше $0,5$ м/м². Ефективність комплексу оцінюють за остаточним результатом роботи, а саме – за виходом блока з видобутої корисної копалини. Бакка М.Т. стверджує: "Обсяг роботи, який може реально виконати за одиницю часу машина, що входить до складу ланки, комплекс механізації ланки і весь комплекс устаткування, становлять експлуатаційну продуктивність комплексу. Вона обчислюється з урахуванням

необхідних втрат часу на технічні, технологічні та інші роботи з огляду на перерви і залежить в кожному конкретному випадку від багатьох факторів, але значно менша за паспортну продуктивність гірничих і транспортних машин і механізмів. Експлуатаційну продуктивність можна визначити за методикою, запропонованою академіком В.В. Ржевським [3]. Фактичну продуктивність запропонованих комплексів установлюють на основі даних виробничого обліку, вона нижча від розрахункової" [2]. Тобто питання визначення продуктивності комплексу обладнання з урахуванням фізико-механічних властивостей масиву, його структури (орієнтації мінералів в просторі, а не тільки тріщинуватості), технологічних параметрів блоку-вибою в роботі згаданих авторів – не вирішено досконало.

В роботах російського дослідника Косолапова О.І. [4] вибір способу підготовки монолітів до виймання здійснюється з урахуванням взаємоув'язці його з іншими процесами і показниками міцності і тріщинуватості порід. Ефективність застосування того чи іншого способу підготовки каменю до виймання розраховується за формулою:

$$\mathcal{E}_i = (B_{oi} - B_{mini}) B_{oi} \quad (1)$$

де B_{oi} – коефіцієнт виходу товарних блоків,

B_{mini} – мінімально-промисловий коефіцієнт виходу блоків.

Приймають спосіб, що відповідає умові: $\mathcal{E}_i \rightarrow \max$

Способи, для яких значення показника \mathcal{E}_i близькі між собою, зрівнюють за критерієм проф. В.С.Хохрякова:

$$P_n = \sum C_n - \sum Z_n \rightarrow \max \quad (2)$$

де P_n – приведений прибуток, грн;

C_n – приведена цінність продукції, грн;

Z_n – приведені витрати, грн.

Тобто, основними показниками вибору способу відокремлення моноліту від масиву є економічні, що майже не враховують технологічні втрати каменю, і відповідність обраного устаткування фізико-механічним властивостям масиву. Вихід блоків є важливим показником роботи кар'єру по видобутку природного облицювального каменю, він повинен обов'язково доповнюватися технологічними втратами каменю.

Щодо гранітних родовищ, то Дегтяренком М.В. запропоновано поділити їх за фізико-механічними характеристиками можна на дві групи – Т і М. Для групи Т краще застосовувати термічний, а для М – механічний спосіб руйнування. При поділі гранітів на групи за основний показник (головну ознаку) пропонується брати вміст темноколірних мінералів (біотиту та рогової обманки). До групи Т слід відносити породи з вмістом темноколірних мінералів до 9%, зерен мінералів розмірами понад 5 мм до 25% і межею міцності при стиску понад 150 МПа. До групи М відносять породи з вмістом темноколірних мінералів понад 9%, зерен мінералів розмірами понад 5 мм – понад 25% і межею міцності при стиску менш як 150 МПа. Перехідними між цими групами високоміцними каменями є ті, яким притаманні ознаки обох груп, але з переважанням основного показника, поділяються вони на групи ТМ і МТ.

Підготовка блоків до виймання зводиться до утворення в породі масиву штучних площин відслонення, які є гранями блока, і площа яких визначається лінійними розмірами відокремлюваного од масиву моноліту або блока. Один і той самий відокремлений од масиву моноліт можна поділити на велику кількість блоків. Чим менші лінійні розміри блока, тим більшу кількість штучних площин відслонення потрібно створити в моноліті при поділі його на блоки.

Готуючи блоки до виймання, застосовують різноманітні й різнотипні установки, кожна з яких у певній послідовності виконує відповідну операцію, спрямовану на утворення штучних площин відслонення. В зв'язку з цим залежно від типу масиву, застосовуваних способів і схем підготовки блоків до видання питомі площі відслонення, утворені різними установками, та інші показники підготовки блоків до виймання щоразу матимуть свої конкретні вираження. Коефіцієнт добування блоків з видобуваної корисної копалини М.В. Дегтяренко пропонує визначати так:

$$K_{вид} = K_z - K_{вид} - K_{зв} \quad (3)$$

де K_z – геологічний /теоретичний/ коефіцієнт виходу блоків із масиву, який з достатньою точністю визначається гірничо-геометричними методами;

$K_{вид}$ – коефіцієнт, що враховує техногенні руйнування каменю в штучних площинах відслонення при підготовці блоків до виймання;

$K_{зв}$ – коефіцієнт, що враховує зниження виходу блоків при завалюванні та перекиданні монолітів і блоків, значення якого залежить від висоти падіння монолітів і блоків, а також наявності в камені мікро- та макротріщин. Звичайно $K_{зв} = 0,005...0,003$.

Дослідженнями [1, 2, 3] встановлено, що зі збільшенням об'єму видобуваного блока, з 1,2 до 6,5 м³ коефіцієнт $K_{вид}$ збільшується на 5-12% (залежно від способу та схеми підготовки блоків до виймання).

Показник одночасності виконання операцій беруть за коефіцієнт, що враховує суміщення операцій при підготовці блоків до виймання. Значення цього коефіцієнта залежить од способу підготовки блоків до виймання, а саме $K_{co} = 1,0...1,8$.

Обчислення продуктивності комплексу устаткування при підготовці блоків до виймання має ґрунтуватися на врахуванні питомих значень показників операцій підготовки штучних площин відслонення, виконуваних кожним механізмом, який входить до комплексу.

Продуктивність комплексу устаткування при підготовці блоків до виймання М.В.Дегтяренко запропонував обчислювати за такою методикою: за результатами геологорозвідувальних робіт на родовищі згідно з мінералогічним складом, структурою і міцністю породи та структурою масиву визначають тип масиву; з урахуванням типу масиву вибирають спосіб і технологічну схему підготовки блоків до виймання та встановлюють лінійні розміри видобувних блоків; на підставі показників роботи кар'єрів визначають продуктивність установок, що входять до комплексу устаткування; з урахуванням питомих площ відслонення, питомої довжини шпурів, продуктивності установок, що входять до комплексу устаткування, та коефіцієнта добування блоків визначають питомий час підготовки відслонення і коефіцієнт суміщення операцій; згідно з установленими вихідними показниками визначають продуктивність комплексу устаткування для підготовки блоків до виймання.

Згадана продуктивність підвищується зі збільшенням об'єму видобуваного блока за всіх типів масиву, способів і схем підготовки блоків до виймання. Пояснити це можна тим, що зі збільшенням об'єму блока зменшується питома площа штучних площин відслонення блока, утворюваних з допомогою установок, які входять до комплексу. При підготовці до виймання блоків на всю висоту природної верстви (до пластової тріщини окремоті біля основи) продуктивність комплексу збільшується прямопропорційно до об'єму видобуваного блока. При поділі потужності міжтріщинної відстані між пластовими тріщинами на штучні верстви продуктивність комплексу знижується, причому змінювання її залежно від об'єму видобуваного блока описується гіперболічною кривою, що пояснюється збільшенням питомих штучних площ відслонення блока. З цієї причини продуктивність видобувного комплексу на масивах з потужністю природної верстви, що дорівнює висоті видобуваного блока, вища, ніж на масивах з потужністю верстви, більшою за висоту блока каменю.

Встановлено, що на гранітних масивах продуктивність комплексу устаткування інтенсивно підвищується зі збільшенням висоти уступу до 4...6 см, а далі темп її зростання сповільнюється і становить близько 1% на 1 м збільшення висоти уступу. Такий характер зміни продуктивності видобувного комплексу пояснюється насамперед тим, що зі збільшення висоти уступу змінюються площі відслонення блока, утворювані різними механізмами, які входять до комплексу, а також рядом інших чинників. При підготовці блоків до виймання з масиву, уступ якого складається з горизонтальних верств потужністю, що дорівнює висоті видобуваного блока, продуктивність комплексу устаткування від висоти уступу майже не залежить.

В своїх роботах М.В. Дегтяренко приймає технологічне руйнування порід у площі оголення для гранітів і для кожного способу підготовки до виймання у вигляді постійної величини, яка не розраховується. Тому, однією з задач подальших досліджень є створення методики розрахунку технологічних втрат, виходячи з фізичних констант масиву: межі міцності на стиск і розтяг, коефіцієнту темнокольорових мінералів, вмісту зерен мінералів різного діаметру.

Продуктивність комплексу устаткування з підготовки блоків до виймання збільшується прямо пропорційно до зростання коефіцієнта добування блоків із видобуваної корисної копалини за суцільної фронтальної технологічної схеми. Продуктивність комплексу в разі застосування згаданої схеми та термовибухклинового способу підготовки підвищується зі збільшення довжини відокремлюваного моноліту до 8...10 м. Установлено, що коли ширина панелі 5...6 м і довжина відокремлюваного моноліту 8...10 м, то продуктивність комплексу з підготовки блоків до виймання досягає свого раціонального значення.

В дослідженнях М.В. Дегтяренка не враховується вплив параметрів блоку-забою (S , H , L) на продуктивність технологічного комплексу. Параметри блоку-забою мають оптимальне співвідношення і абсолютне значення оптимального розміру блока.

Це твердження базується також на дослідженнях А.І. Косолапова. В його роботі наведені такі пропозиції: вихід блоків в значній мірі обумовлено тріщинуватістю гірничих порід; коефіцієнт виходу блоків тим більше, чим менша інтенсивність тріщин і більше параметри заходок при відокремленні каменя від масиву і чим менший об'єм блока придатний для переробки на облицювальні плити і будівельні деталі. Вплив розмірів заходки на коефіцієнт виходу блоків при мінімальному об'ємі блоку $1,0 \text{ м}^3$ показан на рис. 1.

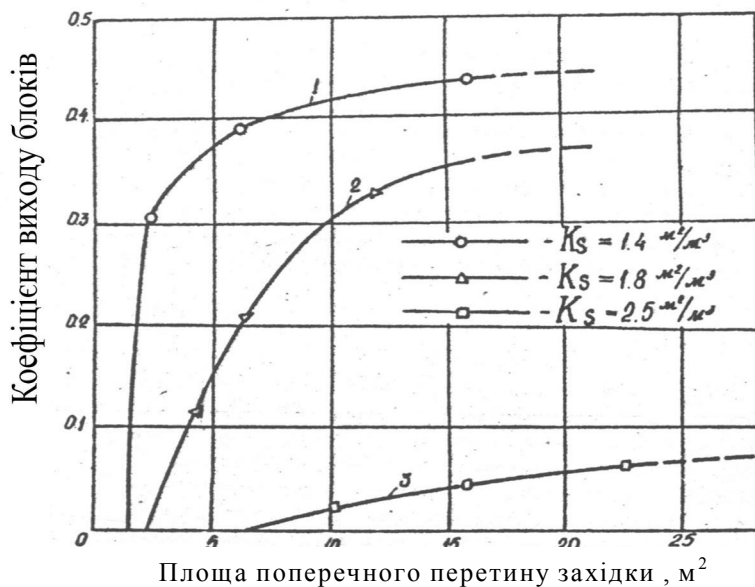


Рис. 1. Вплив розмірів західки на коефіцієнт виходу блоків при мінімальному об'ємі блоку $1,0 \text{ м}^3$

На рис. 1. зростання коефіцієнта виходу блоків показано в залежності від показника тріщинуватості, який характеризує відношення сумарної площі площин тріщин, перетинаючих оцінюваний масив, до його об'єму, $\text{м}^2/\text{м}^3$.

Але, на думку автора, існує певний об'єм блоків, видобуток якого не призводить до збільшення питомої поверхні відбійки і собівартості. В світовій практиці вважається доцільним видобувати блоки об'ємом 6 м^3 у вигляді паралелепіпеда з розмірами $1,5 \times 1,5 \times 2,7 \text{ м}$. Розрахунки показують, що об'єм блоків менше 6 м^3 призводить до збільшення питомої поверхні відбійки і собівартості, а більше 6 м^3 не дає значного зниження цих показників, але потребує використання більш вантажоємного обладнання і потужних підйомних засобів.

Фактично на Україні немає науково-дослідних організацій, які б займались прогресом у сфері розробки систем технології і комплексної механізації, тому робота за вказаними напрямками є актуальною.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бершвили Г.А., Михельсон Р.В. Новые методы изготовления блочного камня. – Тбилиси: Мецниереба, 1973. – 91 с.
2. Косолапов А.И. Технология добычи облицовочного камня. – Красноярск.: КрасГУ, 1990. – 148 с.
3. Ржевский В.В. Открытые горные работы. – М.: Недра, 1985. – 549 с.
4. Бакка М.Т., Кузьменко О.Х., Сачков Л.С. Видобування природного каменю: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1994. – 448 с.
5. Дегтяренко Н.В. Исследование и разработка технологии добычи гранитных блоков при комбинированных способах подготовки их к выемке: Автореф. дис...канд.техн. наук: 05.15.03 / Моск. горн. ин-т. – М., 1983. – 18 с.

КАЛЮЖНА Вікторія Володимирівна – кандидат технічних наук, асистент кафедри геотехнології інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– відкрита розробка родовищ природного каменю.

Анализ теоретически-экспериментальных исследований добычи блочного камня на Украине.
/В.В. Калюжная/

Определение производительности технологических комплексов и выхода блочной продукции на карьерах блочного камня. Изложены перспективные направления исследований в этой области.

The analysis of theoretical-experimental researches of production of a block stone in Ukraine.
/В.В. Kalyujnaya/

Definition of productivity of technological complexes and output of block production on careers of a block stone. The perspective directions of researches in this field are stated.