

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 679.8.02

М.Т. Бакка, д.т.н., проф.**О.О. Кісель, асист.***Житомирський державний технологічний університет***ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ СИРОВИНИ
ПРИ ОБРОБЦІ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ**

Розглянуті і проаналізовані основні способи обробки каменю. Запропонована класифікація втрат природного каменю під час його обробки, яка базується на поопераційному виході продукції. Розроблений комплекс заходів зі зменшення технологічних втрат в процесі виробництва.

Вступ. На території України зосереджені значні запаси природного облицювального каменю. Однак, незважаючи на це, Україна не реалізовує в повній мірі свій ресурсний потенціал і поки ще не займає провідного місця в світі з видобування і неробочого облицювального природного каменю. Проте технологічний прогрес в каменедобувній і каменеобробній галузях розвивається швидкими темпами. На вітчизняних підприємствах все частіше застосовують нові технології та сучасне устаткування з видобування й обробки природного каменю, що дає змогу суттєво підвищити продуктивність і якість як видобувних робіт, так і виготовлення різноманітної продукції. Однак втрати мінеральної облицювальної сировини при видобуванні і особливо при переробці на облицювальні матеріали і архітектурно-будівельні вироби залишаються все ще високими і становлять приблизно 50 % [2–5].

Постановка проблеми. Проблема раціонального використання мінерально-сировинних ресурсів в каменеобробній галузі є досить актуальною, тому що в процесі виробництва облицювальних виробів утворюється велика кількість відходів, які іноді складають до 90 % сировини (особливо мрамору). Крім того, матеріалоемність облицювальних виробів (витрати сировини на одиницю продукції), досить висока, що обумовлює їх значну собівартість. Ось чому зменшення кількості відходів виробництва, якісний підрахунок і класифікація втрат є важливим питанням, яке потребує невідкладного вирішення.

Збільшення виробництва різноманітної продукції з природного каменю і зниження втрат може бути досягнуто шляхом ефективної організації технології виробництва та впровадження високопродуктивного сучасного устаткування.

Вибір способу обробки природного каменю великою мірою обумовлюється його міцністю. На основі аналізу роботи каменеобробних підприємств країни і узагальнення їх досвіду способи обробки високоміцного природного каменю можна класифікувати так, як це представлено на рис. 1.

Кожен з розглянутих способів обробки каменю обумовлює певні його втрати, які залежать, з одного боку, від технологічних особливостей обробки, а з іншого – від якісних показників блочної сировини. З метою зменшення основних технологічних втрат природного каменю в процесі його обробки було проведено дослідження шляхом вдосконалення процесів каменеобробки та комплексного використання сировини.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанням вивчення втрат каменю при його видобуванні й обробці в різні часи займалися різні дослідники: Ю.І. Сичов [6], [8], [10], Ю.Г. Карасьов [7], І.В. Волуєв [8], Д.А. Азієв [1], М.Г. Картавий [8], Є.П. Полевічек [9], А.Ф. Пижніченко [9], Ю.Я. Берлін [6], [8], [10], М.П. Бут [9], М.Т. Бакка [2, 3, 4, 5] і багато інших. Однак для правильного підрахунку, нормування і розробки організаційно-технічних заходів зі зниження втрат сировини необхідно створити науково обґрунтовану класифікацію втрат та розробити методи їх визначення, які б базувались на поопераційному виході продукції.

Викладення основного матеріалу дослідження. Технологія виробництва виробів з каменю складається з комплексу технологічних процесів і операцій, кожна з яких обумовлює якісні і кількісні втрати природної сировини.

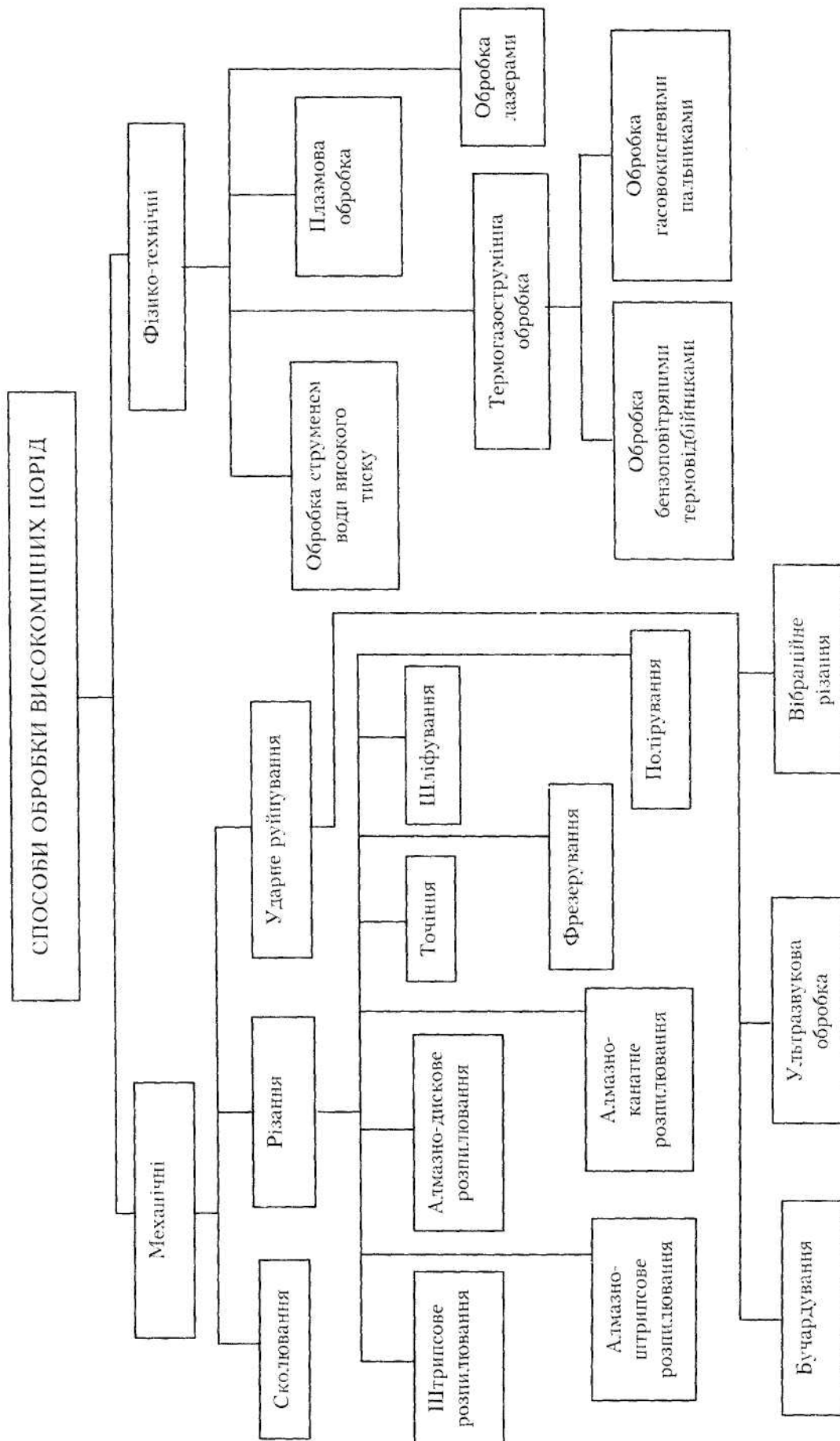


Рис. 1. Технологія обробки високошвидкісних порід

Технологічні втрати каменю при обробці можна визначити як

$$B_T = B_{\phi} + B_P + B_O + B_{III.II} + B_{V.T} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (1)$$

де B_{ϕ} – втрати каменю при формуванні ставок; B_P – втрати при розпилюванні блока; B_O – втрати при окантуванні плит; $B_{III.II}$ – втрати при шліфуванні–поліруванні; $B_{V.T}$ – втрати при упакуванні і транспортуванні готових виробів.

Розглянемо окремо кожен складову цієї суми втрат і дамо деякі практичні рекомендації щодо зниження втрат сировини в процесі обробки.

Втрати сировини при формуванні ставок:

$$B_{\phi} = \kappa \cdot V_{\phi} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (2)$$

де V_{ϕ} – об'єм блока, що розпилюється; κ – коефіцієнт, який враховує втрати від розколювання каменю при формуванні ставок ($\kappa = 0,01-0,03$).

Головний шлях усунення цих втрат – видобування блоків в кар'єрах з врахуванням робочого простору розпилювальних верстатів, а також підбирання блоків оптимальних розмірів і вибір раціональних схем установки їх на робочому столі.

Втрати каменю при розпилюванні блока:

$$B_P = P_P + P_{T.B} + P_H + P_{B.T} + P_{T.P} \text{ (м}^3\text{)}. \quad (3)$$

Втрати каменю на пропили при абразивно-штрипсовому розпилюванні:

$$P_P = \frac{t_m + 4d}{T + t_m + 4d} \cdot V_{\phi} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (4)$$

при алмазно-штрипсовому розпилюванні:

$$P_P = \frac{t_{a.e} \cdot (1 + \kappa_1)}{t + t_{a.e} \cdot (1 + \kappa_1)} \cdot V_{\phi} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (5)$$

де t_m – товщина корпусу штрипса, мм; $t_{a.e}$ – товщина алмазних елементів, мм; T – товщина слябу, мм; d – діаметр дроби, мм; κ_1 – коефіцієнт, який враховує биття ріжучого інструмента (при товщині брусків 4,2–8 мм $\kappa_1 \approx 0,15$).

Обов'язковою умовою технології, що забезпечує мінімальні втрати на пропили та його високу якість, є дотримання співвідношення діаметра дроби до товщини штрипса в межах 1:4, відсутність в ній великого дроби (для цього потрібне просіювання на віброгрохотах, оснащених відповідними ситами), правильне приготування абразивної пульпи й її подача насосами.

Втрати від технологічного браку приблизно можна підрахувати таким чином:

$$B_{T.B} = \kappa_{T.B} \cdot (V_{\phi} - P_P) \text{ (м}^3\text{)}, \quad (6)$$

де $\kappa_{T.B}$ – коефіцієнт, який враховує вихід блока ($\kappa_{T.B} \approx 0,15$).

Основні шляхи зниження технологічних втрат сировини в процесі розпилювання блоків: формування ставок, що забезпечує надійну стійкість блока при розпилюванні; вирівнювання площин розпилювання заливанням верхніх граней цементним або гіпсовим розчином; правильна установка і натяг штрипсів; застосування міцних штрипсів і дотримання нижнього ексцентриситету лінії натягу для алмазних пил; якісне приготування абразивної пульпи; вибір оптимальної швидкості подачі різання і режиму роботи каменерізальних верстатів; усунення або зниження шкідливого впливу дезоксиду загальноприйнятими методами.

Втрати від недопилу P_H зумовлені недосконалістю технології розпилювання і можуть бути повністю виключені. Величина цих втрат може бути визначена із залежності

$$P_H = \frac{h + \Delta h}{H} \cdot V_{\phi} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (7)$$

де H – висота розпилювального блока, мм; h – недопил по висоті блока, мм; Δh – висота кромки зламу плит при розбиранні розпилених ставок (з досвіду підприємств $\Delta h = 20-30$ мм для гранітів, 30–40 мм для лабрадоритів)

Зменшити ці втрати можна, дотримуючись правил формування ставок і встановлювання блоків для розпилювання: створення монолітності основи блока гіпсовим або цементним розчином і ретельне закріплення його після встановлення в зоні робочого простору верстата (наприклад, сносів розкланювання).

Величина втрат на бокові грані блока $P_{\phi,z}$ залежить від відповідності форми блока, що розпилюється, прямокутному паралелепіпеду, вирівнювання верхніх граней блока, правильності

встаповлення штрипсів по вертикалі, товщини плит, що випилюються, і рівномірного розміщення штрипсів по ширині блока. Цей вид втрат може бути визначений, як

$$P_{\bar{a},s} = \frac{b}{B} \cdot V_{\bar{a}} (1 + \kappa_T) \quad (\text{м}^3), \quad (8)$$

де B – ширина блока, що розпилюється, мм; b – величина відхилення суміжних граней блока від прямого кута, мм; κ_T – технологічний коефіцієнт (для конкретних умов $\kappa_T = 0,12-0,16$, а $P_{\bar{a},s}$ складає 7–12 %).

Втрати $P_{\bar{a},s}$ можуть бути зведені до мінімуму при дотриманні вказаних вище вимог.

Найбільш суттєві втрати виникають внаслідок тріщинуватості кам'яних блоків P_{Tr} . Аналіз роботи ряду підприємств дозволяє ствердити, що зростання втрат через тріщинуватість блоків описується функцією виду

$$P_{Tr} = 32,72 \cdot T_U \quad (\text{м}^3), \quad (9)$$

де T_U – питома щільність тріщин або сумарна довжина тріщин, що відноситься до площі граней блока, м/м².

Практично при питомій тріщинуватості більше 3 м/м² вихід плит дорівнює нулю. Тому з метою зниження втрат каменю через тріщинуватість при його розпилюванні рекомендується: оцінювати якість блока та його питому тріщинуватість, для чого широко зацпроваджують ультразвукову дефектоскопію; визначають раціональну схему розпилювання блока, що полягає в правильній його орієнтації відносно робочого простору камнерозпилювального верстата.

Втрати каменю при окантуванні плит V_O іноді досягають 15 % сумарної площі плит, що окантовуються. Вони визначаються як

$$V_O = O_{cn} + O_{Tr} + O_{TB} \quad (\text{м}^3). \quad (10)$$

Специфічні втрати каменю при окантуванні O_{cn} складаються з втрат на пропили при різанні відрізним кругом і на обрізки, які отримуються в результаті розкрою заготовок на плити заданого розміру:

$$O_{cn} = T \cdot t \cdot \sum l + \kappa_{cn} \cdot V_{\bar{a}} \quad (\text{м}^3), \quad (11)$$

де t – ширина ріжучої частини відрізного круга, м; $\sum l$ – сумарна довжина різів по специфікації плит, що вирізаються, м; κ_{cn} – коефіцієнт, який враховує специфічні втрати (з досвіду роботи підприємств, $\kappa_{cn} = 0,03$).

Для того, щоб зменшити величину втрат O_{cn} , необхідно застосовувати оптимальні карти розкрою заготовок і виконувати вторинне окантування відходів з метою виготовлення плит малих розмірів.

Втрати граніту (%) при окантуванні O_{Tr} в зв'язку з наявністю тріщин в камені можуть бути визначені за формулою:

$$O_{Tr} = 3,27 \cdot T_U, \quad (12)$$

а втрати при окантуванні через технологічний брак –

$$O_{TB} = \kappa_{TO} \cdot V_O \quad (\text{м}^3), \quad (13)$$

де κ_{TO} – коефіцієнт, який враховує технологічний брак при окантуванні; V_O – об'єм сировини, що підлягає окантуванню.

Цей коефіцієнт залежить від жорсткості вузлів фрезерувального верстата, що обумовлює розмір допусків при вирізанні плит, і від необхідності вторинного окантування відходів. Втрати можливо усунути шляхом систематичної перевірки геометричних елементів фрезерувального верстата виконанням відповідних перевірок точності установки інструмента.

Втрати каменю при шліфуванні–поліруванні плит

$$V_{m,n} = R_{\phi} \cdot m \cdot V_{\bar{a}} + (\kappa_{Tr} + \kappa_{TB} + \kappa_{p,n}) \cdot V_{\bar{a}} \quad (\text{м}^3), \quad (14)$$

де R_{ϕ} – фактичний вихід плит, м²/м³; m – товщина шару каменю (мм), що знімається робочим інструментом (з досвіду підприємств, $m \approx 1$ мм); κ_{Tr} – коефіцієнт, що враховує втрати каменю від наявності мікротріщин ($\kappa_{Tr} = 0,01$); κ_{TB} – коефіцієнт, який враховує втрати від технологічного браку ($\kappa_{TB} = 0,01$); $\kappa_{p,n}$ – коефіцієнт, який враховує роздавлювання плит ($\kappa_{p,n} = 0,01-0,03$).

Головним шляхом усунення цієї категорії втрат є забезпечення раціонального вкладання і кріплення плит на полірувальному столі, застосування ефективного інструмента для калібрування і шліфування, дотримання режиму охолодження каменю, вибір оптимального тиску інструмента і дотримання необхідних експлуатаційних параметрів шліфувального обладнання.

Втрати при упакуванні і транспортуванні плит на склади

$$B_{VT} = \kappa_{VT} \cdot V_{от} \quad (\text{м}^3), \quad (15)$$

де κ_{VT} – коефіцієнт, який враховує розколювання плит в процесі упакування і транспортування ($\kappa_{VT} = 0,01$).

Застосування пневмоприсосних механізмів при навантажувальних операціях набагато знижує брак виробів.

Відносні втрати каменю при обробці визначаються за формулою:

$$B_{от} = \frac{B_T}{V_{от}} \cdot 100 \quad (\%). \quad (16)$$

Висновки. Отже, створена класифікація технологічних втрат, що базується на поопераційному виході продукції дає змогу визначити причини виникнення втрат і методи їх усунення. Дотримуючись вище зазначених рекомендацій щодо зменшення втрат на кожній операції обробки можна суттєво їх знизити.

Перехід на виготовлення більш тонких гранітних плит (товщиною 10–20 мм) і дотримання вище викладених прийомів і методів обробки каменю дозволили ряду підприємств вдвічі збільшити вихід плит з 1 м³ сировини, на 35 % зменшити технологічні втрати каменю при обробці і в 2 рази зменшити матеріалоемність виробів з граніту. Середній вихід плит товщиною 20 мм з 1 м³ сировини складає 25 м², матеріалоемність – 0,04 м³/м²; величина сумарних втрат каменю при обробці не перевищує 50 %.

На основі вдосконалення технології розпилювання каменю підприємства досягли значного скорочення відходів виробництва, підвищення ефективності роботи каменеобробного обладнання і якості готових виробів, що дозволило підвищити техніко-економічні показники виробничої діяльності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Лазев Д.А.* Разработка ультразвукового метода контроля структурной поврежденности облицовочного мрамора под влиянием экстремальных термических воздействий: Автореф. дис...к.т.н. – М., 1998.
2. *Бакка Н.Т.* Перспективные направления в технологии обработки природного камня в Украине // Горный журнал. – 2001. – № 3. – С. 17–18.
3. *Бакка М.Т.* Класифікація втрат і збіднювання облицовувальних гранітів // Будівельні матеріали і конструкції. – 1976. – № 1. – С. 38–39.
4. *Бакка Н.Т.* Уменьшение потерь сырья при обработке природного камня // Строительные материалы. – 1978. – № 8. – С. 13–15.
5. *Бакка Н.Т.* Разработка технологий и комплексов оборудования добычи блоков из высокопрочных трещиноватых пород: Дис...д.т.н. – М.: Фонды МГИ, 1987.
6. *Берлин Ю.Я., Сычев Ю.И., Шаласев И.Я.* Обработка строительного декоративного камня. – Л., 1979. – 232 с.
7. *Карасев Ю.Г., Бакка Н.Т.* Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. – Санкт-Петербургский горный ин-т, 1997. – 428 с.
8. *Картавий Н.Г., Сычев Ю.И., Волуев И.В.* Оборудование для производства облицовочных материалов из природного камня. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
9. *Полевичек Е.П., Бут Н.П., Нижниченко А.Ф.* Рациональная технология добычи блоков с помощью газоструйной резки // Строительные материалы. – 1973. – № 3. – С. 11–12.
10. *Сычев Ю.И., Берлин Ю.Я.* Распиловка облицовочного камня. – М.: Стройиздат, 1989. – 320 с.

БАККА Микола Терентійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- екологія
- маркшейдерська справа.

КІСЕЛЬ Олена Олександрівна – асистент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерська справа.