

DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-319-330](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-319-330)
УДК 622.1

С.С. Іськов, к.т.н., доц.
О.М. Толкач, к.т.н., доц.
Г.В. Скиба, к.т.н., доц.
А.Г. Темченко, д.т.н., проф.
О.А. Темченко, д.т.н., проф.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Дослідження експлуатаційних втрат блочної сировини

У роботі досліджено експлуатаційні втрати залежно від способу видобувних робіт та обґрунтовано методику контролю і управління якістю масиву природного каменю. У результаті виконаних досліджень на основі застосування сучасних методів вимірювання та інформаційно-комп'ютерних технологій встановлено зв'язок між поширеними в практиці технологіями видобування і якістю кінцевої товарної продукції.

Виконано дослідження експлуатаційних втрат при застосуванні канатопильної установки та алмазних канатів різних виробників, експлуатаційних втрат при застосуванні буровибухових методів видобування природного каменю та експлуатаційних втрат при застосуванні буроклинових технологій.

На основі цих досліджень розроблено рекомендації стосовно оптимальних розмірів блоків та розроблено рекомендації з вдосконалення способів підготовки каменю до виїмання, технології відокремлення монолітів від масиву і їх поділу на кондиційні блоки з високим коефіцієнтом блочності та підвищенням їх якості і зниженням втрат природного каменю під час видобування.

Ключові слова: *природний камінь; експлуатаційні втрати; блоки природного каменю.*

Вступ. Україна здавна відома в Європі, країнах Близького і Далекого Сходу, Канаді, США як унікальна скарбниця природних запасів природного каменю. Внаслідок специфічного свого територіального розташування Україна має численні ресурси природного каменю, який знають та цінують далеко за її межами. Саме в надрах України зосереджені родовища високоміцних магматичних відмін, таких як: граніти, гранодіорити, сієніти, лабрадорити, габро, габро-анортозити, базальти, яким притаманні неповторні та досить високі декоративні, структурно-текстурні, колірні та фізико-механічні властивості. Природно-декоративний камінь, який широко використовують в будівництві, архітектурі та для створення неповторних інтер'єрів, відрізняється не тільки високою якістю і довговічністю, він доволі сильно емоційно впливає безпосередньо на саму людину: камінь притягує і зачаровує. Він поза конкуренцією в довговічності та престижності, красі та респектабельності.

Доволі багата палітра, глибока насиченість кольору, неповторний рисунок, дзеркально відполірована або фактурна поверхня, міцність і довговічність – всі ці якості натурального каменю надають необмежені можливості для втілення творчих ідей і оригінальних думок дизайнерів, будівельників та архітекторів. За всі ці якості вже багато років у світі знають і цінують український декоративний камінь, тому й не дивно, що попит як на вітчизняні різнопланові вироби з природного каменю так і сировину постійно зростає.

Природний камінь та вироби з нього останнім часом широко застосовують у народному господарстві України. Особливо за умом збільшення обсягів будівництва. Саме тому сучасні вітчизняні каменедобувна й каменеобробна галузі мають оптимістичні прогнози щодо нового витку розвитку, підкріплюючи свої можливості доволі значними запасами родовищ природного каменю [1–12].

Незважаючи на сказане вище та на наявність доволі великих (майже невичерпних) запасів природного каменю, Україна водночас має відносно нерозвинену як каменедобувну, так й каменеобробну галузі виробництва. Цей факт в свою чергу й призводить до того, що вироби з природного каменю є досить неконкурентоспроможними на світовому ринку декоративного каменю, а Україні у світовому рейтингу так званих «кам'яних» держав доводиться перебувати лише у групі «інші». Ресурсний потенціал дає можливість Україні займати провідне місце серед світових лідерів рейтингу «кам'яних» країн, і необхідною запорукою всього цього є вирішення значної кількості питань – від державного рівня (програма розвитку; підтримка галузі) до психології сприйняття «українського каменю» керівниками підприємств.

Таким чином, дослідження підвищення продуктивності технологічних комплексів з видобутку блоків природного блочного каменю, обґрунтування оптимальних параметрів технологічних комплексів, розробка та впровадження новітніх технологій і зменшення експлуатаційних втрат є важливим та актуальним. Це дозволить значно розширити сферу його застосування, суттєво знизити собівартість та підвищити якість як сировини, так й продукції, що зробить вітчизняну продукцію конкурентоспроможною на світовому ринку.

Отже, актуальність та необхідність даної тематики є очевидними.

Мета роботи:

1. Визначити динаміку експлуатаційних втрат залежно від методів видобування;
2. На основі отриманих даних розробити рекомендації зі зниження експлуатаційних втрат та з керування показниками якості природного каменю в процесі його видобування.

Викладення основного матеріалу. Прагнення до відпрацювання родовищ з мінімальними втратами при безпечному веденні робіт є одним з основних умов підвищення ефективності гірничого виробництва.

Класифікація втрат нерудних матеріалів і корисного компонента проводиться:

- для постановки спільного обліку втрат за видами в процесі здійснення відпрацювання родовищ;
- для здійснення всебічного й точного контролю за повнотою та якістю вилучення корисного компонента з масиву на різних стадіях процесу видобування;
- для вирішення різних практичних завдань щодо раціонального використання надр: для здійснення порівняння величини та відповідно аналізу різних видів втрат на різних гірничих підприємствах за використання різної технологій розробки та збагачення, а також виявлення економічних наслідків, викликаних втратами; встановлення нормативів втрат, визначення наднормативних втрат і причин їх утворення.

Класифікація втрат при розробці нерудних родовищ складена на основі «Єдиної класифікації втрат твердих корисних копалин під час розробки родовищ» [13].

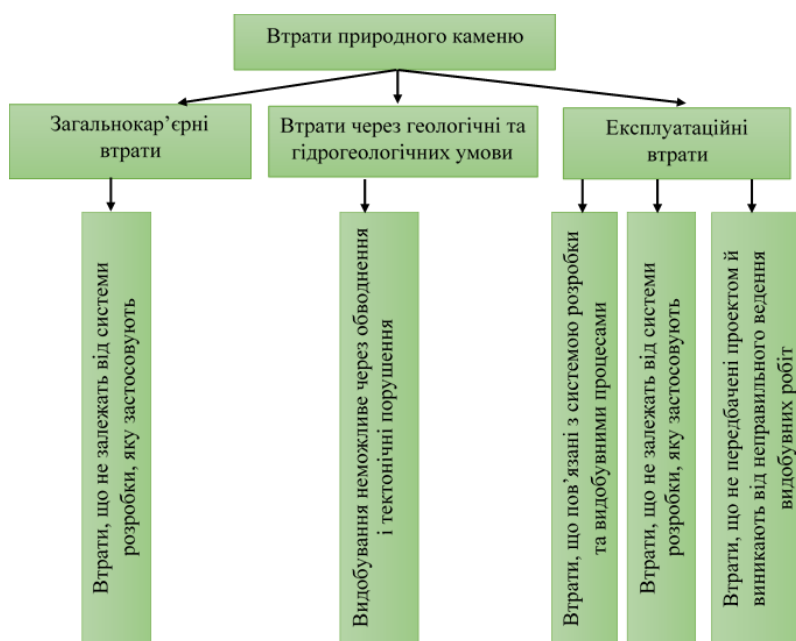


Рис. 1. Узагальнена класифікація втрат природного каменю

Під загальнокар'єрними втратами розуміють запаси в різного роду ціликах, що запроектовані, для того щоб підтримувати стабільну роботу гірничого підприємства, і які залишають в надрах навіть після повної ліквідації гірничого підприємства.

Запаси під будівлями, технічними і господарськими спорудами, що не належать до підприємства, а також запаси під водоймами, водоносними горизонтами, кар'єрними комунікаціями, заповідними зонами і в місцях, де недоцільно виймати гірничу масу в зв'язку зі складністю конфігурацією покладу в плані до загальнокар'єрних втрат не належать і в процесі проектування підлягають переведенню в позабалансові запаси [1–8]. Загальнокар'єрні втрати обчислюються в об'ємних одиницях і у відсотках від загальних балансових запасів родовища. До експлуатаційних належать втрати, що відбуваються безпосередньо в процесі видобутку нерудних матеріалів. Вони обчислюються в об'ємних одиницях і у відсотках від погашення балансових запасів [2–7]. Експлуатаційні втрати діляться на дві групи за стадіями запасів: втрати в масиві; втрати вилученого з масиву матеріалу. Крім того, втрати діляться за місцем їх утворення, а також на планові і фактичні. Відповідно до галузевої класифікації втрат [13] нерудних будівельних матеріалів маємо:

I клас. Загальнокар'єрні втрати

Втрати під капітальними траншеями і кар'єрними спорудами.

II клас. Експлуатаційні втрати

Група 1. Втрати матеріалу в масиві:

- у цілику всередині відпрацьованого кар'єру (ділянки, блоку);
- в бортах кар'єра, в недопрацьованій частині ціликів при відступі від проекту;

- в місцях виклинювання і складної конфігурації покладу в плані;
- у цілику затоплених, замулених ділянок;
- у цілику в місцях геологічних порушень.

Група 2. Втрати видобутого природного каменю:

- при вийманні разом з породами розкриву;
- при спільному видобуванні та змішуванні з некондиційним нерудним матеріалом;
- в місцях навантаження, розвантаження, складування, при транспортуванні.

Втрати експлуатаційні – частина балансових запасів корисних копалин, фактично залишена в надрах. Ці втрати знаходяться в прямій залежності від системи розробки, що застосовують, та від правильності ведення гірничих робіт. До експлуатаційних втрат належить частина балансових запасів, вивезена в відвали з порожніми породами. Ці втрати називають також фактичними втратами.

Втрати залежно від причин, що їх викликають, поділяють на чотири групи:

1) втрати корисної копалини за гірничо-геологічними і гідрологічними умовами, неминучі при будь-якій раціональній системі розробки;

2) втрати корисної копалини, що залежать від використаної в цьому випадку системи розробки, але за умови відповідності цієї системи геологічним, гідрологічним та гірничотехнічним умовам розробки родовища;

3) втрати корисної копалини в запобіжних і бар'єрних ціликах;

4) втрати корисної копалини від неправильного ведення гірських робіт.

До втрат корисних копалин за гірничо-геологічними і гідрологічними умовами належать передбачені проектом втрати:

а) у цілику залишаються для виключення можливості прориву в гірничі виробки води з підземних водойм або пливунів, а також від обвалення слабкої покрівлі виробок (рис. 2);

б) в ділянках з тектонічними порушеннями пластів, покладів у зонах скидання, підвищеної тріщинуватості і зм'яття;

в) пов'язані зі складністю контурів тіла корисної копалини і неможливістю з цієї причини при нормальній роботі витягти з надр всі запаси в відгалуженнях від нього.

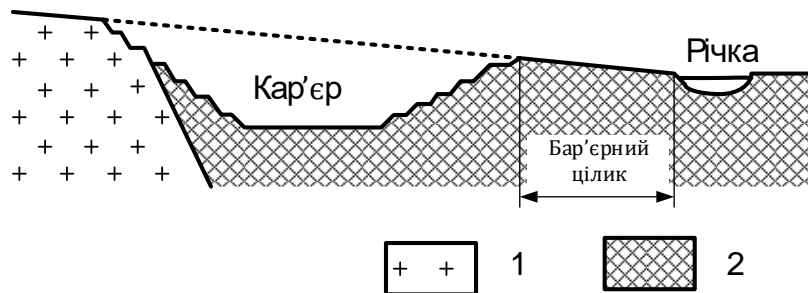


Рис. 2. Бар'єрний цілик

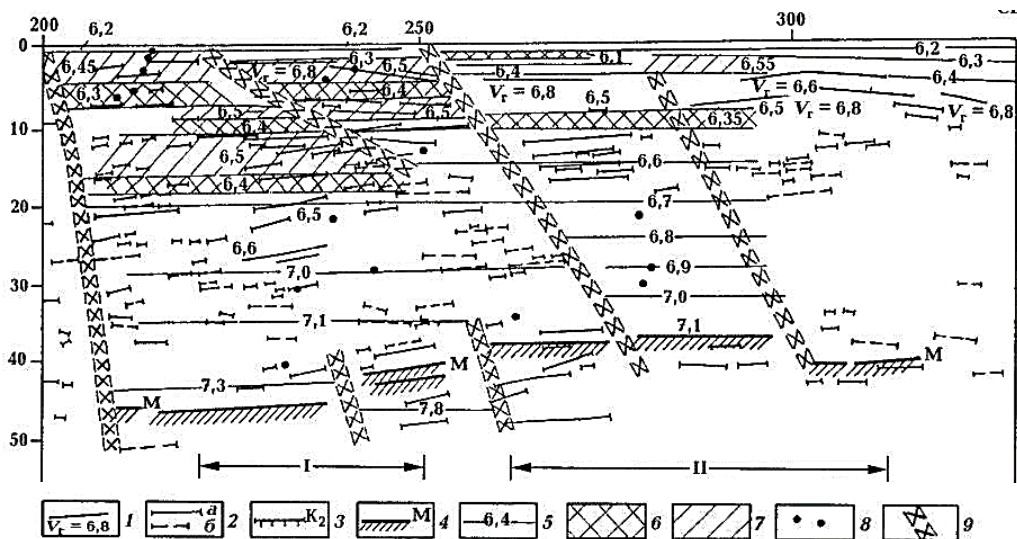


Рис. 3. Глибинний сейсмічний розріз Коростенського плутону по профілю Шепетівка – Чернігів (геотраверс II);

На рисунку 3 показано: 1 – заломлюючі межі з вказаним значенням граничної швидкості, км/с, V_2 ; 2 – відбиваючі межі та елементи, побудовані за закритичними (а) і докритичними (б) хвилями; 3 – відбиваюча межа K_2 в земній корі; 4 – поверхня Мохоровичича (M); 5 – ізолінії швидкості, км/с; 6 – шар з пониженою швидкістю; 7 – шар з підвищеною швидкістю; 8 – точки дифракції; 9 – глибинні розломи за даними ГСЗ; I і II – Волинський і Чоповицький масиви основних порід.

Структура товщі природного каменю, а також визначення кількісних і якісних його параметрів та властивостей, в запланованій до видобування підприємством частині масиву, на даний момент є першорядними завданнями під час прогнозування та оцінки запасів природного каменю та можливих його втрат.

Прогнозування запасів та втрат, як правило, переважно здійснюється за допомогою кількісних методів. Але про точність прогнозування можна говорити лише в разі підтвердження подібності математично отриманих результатів з результатами пробного видобування. З іншого боку, якість геологічних та гірничо-геометричних побудов також залежить від кількісного достовірного прогнозу. До того ж повна характеристика гірничо-геологічних умов є дуже складним завданням, оскільки кількість чинників, що необхідно врахувати, дуже велика. Все це створює значні труднощі з формалізації природних властивостей гірничо-геологічних умов розробки родовищ природного каменю.

Геометрична інтерпретація геологічної будови товщі природного каменю дає можливість охарактеризувати поклад і оцінити його обсяг з однієї сторони та визначити оптимальні напрями відпрацювання і можливі втрати з іншої. Основою для подання гірничо-геологічних даних для родовищ природного каменю є цифрові моделі родовища. Створення та аналіз різнопланових цифрових моделей вимагає відповідної форми подання вихідних даних (основним є набір географічних координат точок X , Y , Z) і способу їх структурного опису. Це дає можливість відновлювати та аналізувати одержану поверхню шляхом застосування методів як інтерполяції так і апроксимації вихідних даних. За підходу до представлення даних цифрове моделювання родовищ підрозділяється на блокове і каркасне. Різниця цих двох видів моделювання полягає в тому, що при каркасному моделюванні побудова моделі проводиться геометричним способом, без застосування інтерполяції, іншими словами будується каркас родовища. У той час як суть блокового моделювання полягає саме в інтерполяції гірничо-геологічних показників у блоках. Необхідно також зауважити, що каркасне моделювання оперує в основному геометричними образами, такими як багатокутники, поліедри й інше. Побудовою ж блокової моделі є заповнення відбудованих каркасів елементарними блоками, з інтерпольованими гірничо-геологічними характеристиками. Блокова модель вважається найбільш наближеною до реалій виробництва.

У роботі досліджувались експлуатаційні втрати при розробці блочних кар'єрів. При цьому використовувались як класичні методи, так і сучасні фотограмметричні методи з використанням цифрових технологій [8–12].

Дослідження експлуатаційних втрат при застосуванні канатопильної установки та алмазних канатів різних виробників.

На сучасному етапі розвитку каменедобувної можна виокремити доволі перспективний технологічний напрям видобутку блочного природного каменю, який базується на застосуванні каменерізних технологій, а особливо канатопильних установок. Цей напрям передбачає одержання блоків природного каменю в 2 стадії. На початковій – відокремлення монолітів від масиву, на наступній – поділ на кондиційні товарні блоки з використанням канатних каменерізних машин та верстатів (рис. 4).



Рис. 4. Використання канатопильної установки при видобуванні блочного каменю

Відмінною особливістю даного способу є можливість максимально зберегти монолітність як масиву так і самого блоку. Тобто одержати максимально якісний товарний блок з мінімальною нерівністю лицьових поверхонь, з відсутністю пошкоджених мікротріщинами ділянок та з паралельними протилежними сторонами. При цьому з'являється можливість повною мірою враховувати геологічні та структурні особливості масиву природного каменю та конкретні геометричні параметри вибою. Також канатним установкам притаманна висока продуктивність, простота будови та конструкції та можливість застосування при видобуванні монолітів на похилих і крутопадаючих родовищах, яким притаманна складна геометрія вибою. Така технологія широко застосовується при видобутку блочного каменю низької та середньої міцності (туф, мрамур, гіпс, травертин та ін.), але останнім часом вона широко впроваджується в кар'єрах з видобутку високоміцних магматичних порід, таких як лабрадорит, граніт та габро. Ефективному використанню канатних пил сприяє відносно однорідна геологічна та структурна будова масиву природного каменю без густої мережі систем тріщин та з чітким виділенням природних окремостей.

Відхилення порушень бічної грані блоку природного декоративного каменю при алмазному канатному пилянні встановлено емпіричним шляхом. Під час дослідження були проведені вимірювання довжини поверхні блоку та її відхилення від площини бічної грані (рис. 5). Дані вимірювань наведені в таблиці 1.

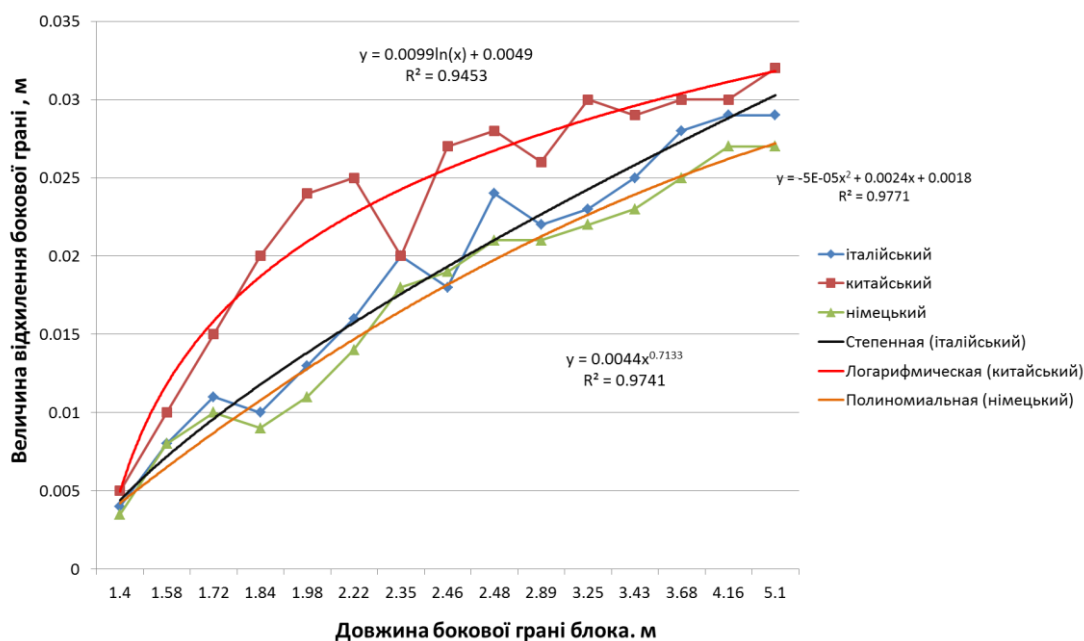


Рис. 5. Графічні залежності, що відображають відхилення поверхні блоку від її довжини при використанні алмазних канатів різних виробників

Таблиця 1

Відхилення бокової грані блоку природного каменю при застосуванні алмазно-канатної установки залежно від її довжини

Довжина бокової грані блоку, м	Величина відхилення бокової грані від вертикальної площини, м		
	італійський	німецький	китайський
1,54	0,004	0,0039	0,006
1,67	0,013	0,0088	0,011
1,84	0,021	0,0110	0,017
2,02	0,011	0,0099	0,022
2,18	0,028	0,0121	0,026
2,33	0,018	0,0154	0,028
2,37	0,022	0,0198	0,022
2,60	0,020	0,0209	0,030
2,73	0,029	0,0231	0,031
3,18	0,024	0,0231	0,029
3,47	0,025	0,0242	0,033
3,77	0,028	0,0253	0,032

Залежність відхилення поверхні блоку від її довжини можна описати за допомогою математичних формул:

Застосування китайського канату	$b_{\text{від}} = 0,01 \ln(L_{\text{бл}}) + 0,005, \text{ м}$	$R^2 = 0,93$
Застосування італійського канату	$b_{\text{від}} = 0,005 \cdot L_{\text{бл}}^{0,7133}, \text{ м}$	$R^2 = 0,96$
Застосування німецького канату	$b_{\text{від}} = -5 \cdot 10^{-5} L_{\text{бл}}^2 + 0,0025 L_{\text{бл}} + 0,002, \text{ м}$	$R^2 = 0,97$

де $b_{\text{від}}$ – величина відхилення поверхні блоку (моноліту) природного каменю від встановленої площини розпилювання, м; $L_{\text{бл}}$ – довжина блоку природного каменю (моноліту), м.

Таблиця 2

Дослідження точності визначення експлуатаційних втрат природного каменю при використанні алмазно-канатної технології видобування

Довжина бокової грані блоку, м	Втрати		Точність визначення втрат класичними методами, %	Точність визначення втрат новітніми методами, %
	м ³	%		
1	0,76	2,4	8	3,5
2	1,14	3,4	7	3,7
3	1,51	5,1	7	3,7
4	1,91	6,2	8	3,6
5	2,41	6,9	8	3,6

В результаті дослідження процесу алмазного канатного різання встановлено, що переважно відхилення грані блоку природного каменю від його площини досягає 6–8 мм на кожні 1 м довжини блоку. Пошкодження бічної грані блоку довжиною 1 м при алмазному канатному різанні складе $N = 24 \dots 44$ мм, а при довжині 3 м – $N = 40 \dots 60$ мм. Експлуатаційні втрати складуть 0,76–1,52 м³, що становитиме 2,4–5,1 %. При цьому точність визначення експлуатаційних втрат при застосуванні технології алмазного канатного видобутку складе: при використанні класичних способів інструментального вимірювання в межах 6–8 %, новітніх – 3,5 %.

Дослідження експлуатаційних втрат при застосуванні буровибухових методів видобування природного каменю

Серед усіх відомих способів видобутку природного блочного каменю саме механічні та фізико-технічні методи практично не змінюють властивостей видобутої породи, а тому даним методам і надають перевагу. Якщо ж враховувати матеріальні витрати на видобування та продуктивність безпосередньо технологічних процесів, то, безумовно, існує ряд недоліків. Переважно це пов'язано з досить значною твердістю та міцністю магматичних порід. Даний факт й обумовлює досить низьку продуктивність, а відповідно і високу собівартість робіт під час видобування блоків природного каменю з використанням даних методів. Саме тому вибухові способи широко застосовуються в кар'єрах для видобутку високоміцних гірських порід, таких як граніти, хоча і мають ряд суттєвих недоліків. Основні недоліки обумовлені появою та поширенням у масиві та блоці природного каменю різного роду тріщин, які суттєво знижують як міцнісні, так і декоративні властивості блочного каменю (рис. 6–8).



Рис. 6. Підготовка до проведення буровибухових робіт на блочному кар'єрі

Практично на всіх блочних кар'єрах відділення розкривних порід від масиву здійснюють з використанням вибухових способів. Тому саме від ступеня обґрунтованості параметрів, залежно від структурних гірничих та геологічних умов родовища, яке розробляють, залежить збереження блоків та монолітів природного каменю в масиві, який готують до виймання. А отже залежить й коефіцієнт виходу блоків та величина якісних і кількісних пошкодження готової блочної продукції кар'єру, тобто експлуатаційні втрати.

У роботі дослідження за цією тематикою проводилися саме з метою визначення впливу буровибухових робіт на якість блочної сировини та можливі експлуатаційні втрати.

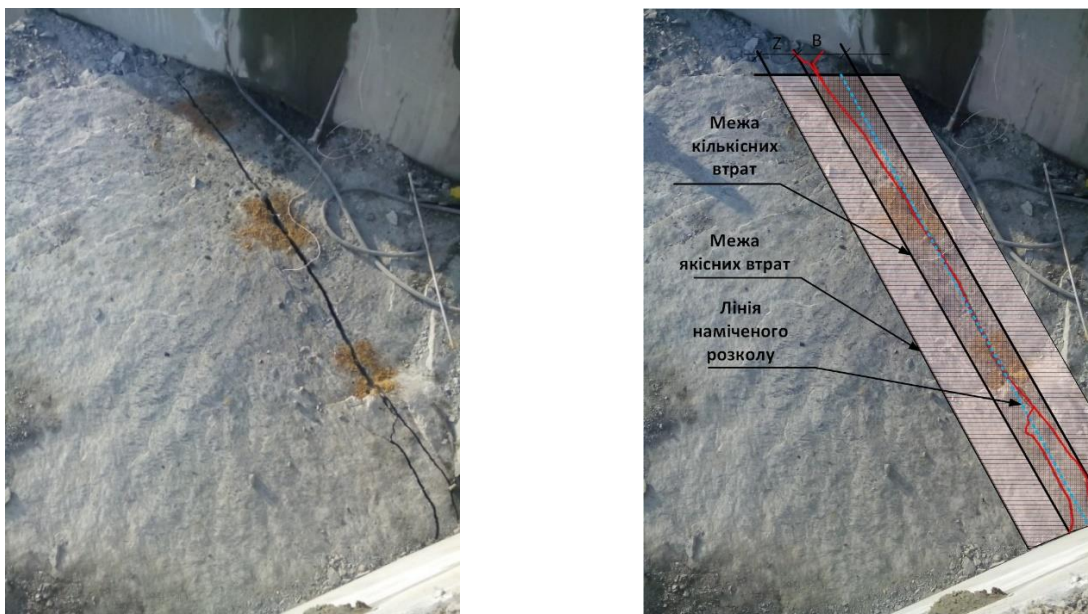


Рис. 7. Вплив буровибухових робіт на якість блочної продукції кар'єру



Рис. 8. Зони порушення вибухом масиву природного каменю

Зону порушення Z (рис. 8) необхідно вважати приблизно рівною зоні порушення при застосуванні буроклинового способу видобування блочного каменю, тоді $Z = 100 \dots 200$ мм. Зона B , як видно з даних досліджень, для Корнинського родовища складе $B = 240$ мм. Динаміку втрат проілюстровано на рисунку 9. Отже, ширину порушеної зони обчислюють за формулою:

$$N_{\text{пош}} = Z + B, \text{ м.} \quad (2)$$

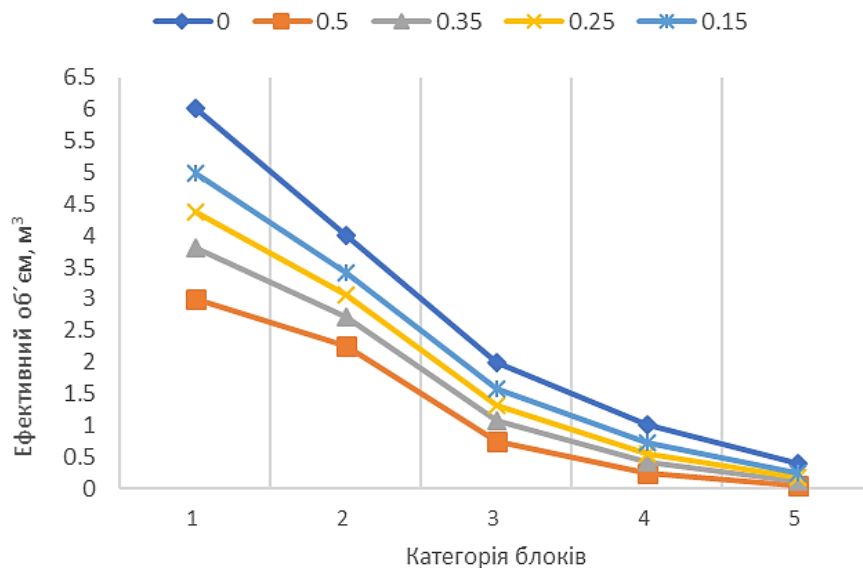


Рис. 9. Зміна ефективного об'єму блоку природного каменю Корнинського родовища залежно від поширення тріщин у різних категоріях блоків

Таблиця 3
Дослідження точності визначення експлуатаційних втрат при застосуванні буровибухових технологій під час видобування природного каменю

Категорія блоків	Втрати при видобуванні		Точність визначення втрат з використанням класичних методів, %	Точність визначення втрат з використанням новітніх методів, %
	м ³	%		
1	1–3	16–510	11	4,5
2	0,51–1,81	12,5–46	12	4,8
3	0,51–1,21	24–61	11	4,7
4	0,16–0,52	29–76	12	4,7
5	0,16–0,52	39–91	13	4,6

При врахуванні ширини порушення грані блока детонаційною хвильою вибуху та ширини впливу буровибухових робіт на якість поверхні блочного каменю зона порушення грані блочного каменю складе: $N_{\text{пош}} = 340 \dots 440$ мм. Величина експлуатаційних втрат при цьому знаходиться в межах від 0,15 до 3,1 м³ що приблизно становить від 14,6 до 91 %. При застосуванні спеціальних вибухових матеріалів, концентраторів напруг, направлено вибуху та новітніх вибухових методів, можна суттєво знизити експлуатаційні втрати природного каменю (приблизно 1,4–2,2 раза). При цьому точність визначення експлуатаційних втрат складе: при застосуванні класичних методів інструментального вимірювання у межах 11–13 %, новітніх до 5 %.

Дослідження точності визначення експлуатаційних втрат природного каменю при використанні буроклинових технологій

Видобування блоків природного каменю з використанням клинів здійснювалося людьми з давніх часів. Даний спосіб зберіг свою актуальність і в наш час, особливо часто його застосовують при видобуванні блоків з магматичних порід таких як граніт, габро, лабрадорит та їх перехідних відмін.

Технологія відділення блоків природного каменю від масиву розклинюванням передбачає буріння стрічки шпурів, куди вставляють клини (рис. 10). Зусилля розколювання виникають або в результаті ударів по клинах (при використанні ручних клинів), або завдяки тиску гідравлічної системи (при застосуванні гідроклинів). Клини переважно розміщують у шпурах круглого перерізу, більш рідше – в овальних шпурах, що пробурені з використанням спеціального інструменту.



Рис. 10. Буроклиновий спосіб

В окремих випадках, при чітко виражених системах тріщин, клини розміщують прямо в тріщинах.

Неодмінною умовою застосування буроклинового методу є наявність у вибої не менше трьох площин відслонення. Максимально ефективний даний спосіб в тому випадку, коли при видобуванні враховано структурні особливості масиву природного каменю, системи тріщин та анізотропію. При цьому нерівність сколу мінімальна, мінімальні витрати праці та мінімальні експлуатаційні втрати. Ігнорування структури масиву та анізотропії призводить до суттєвого зниження якості блоків, до максимальної нерівності сколів і, як наслідок, до максимальних експлуатаційних втрат.

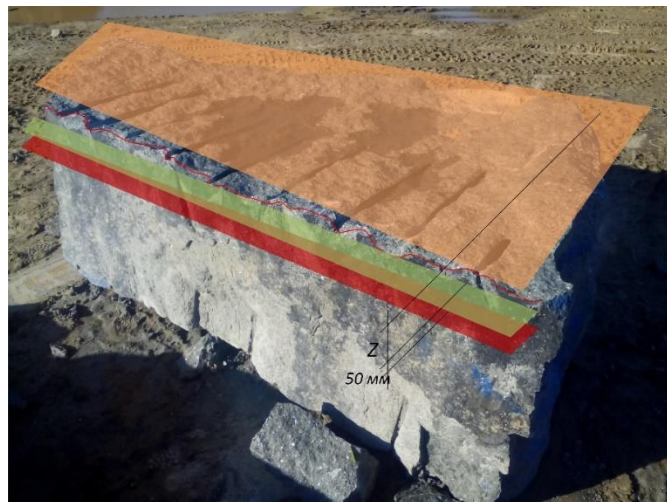


Рис. 11. Форма грані блоку природного блочного каменю при видобуванні та розділенні буроклиновим способом (Z, N – ширина впливу буроклинових робіт на якість поверхні блоку природного каменю)

Питома вартість видобування блоків бурінням визначається за формулою:

$$V_{\text{пит}}^{\text{бур}} = \frac{k_{\text{пит}} V_{\text{шпур}}}{V_{\text{бл}}}, \quad (3)$$

де $V_{\text{шпур}}$ – вартість одного метра пробуреного шпура, грн; $V_{\text{бл}}$ – вартість одного кубічного метра блоку природного каменю; $k_{\text{пит}}$ – питома витрата шпурів на один кубічний метр блоку, м/м³;

Питома витрата шпурів на один кубічний метр блоку визначають за формулою:

$$k_{\text{пит}} = \frac{2N_{\text{бл}} \left(\frac{L_{\text{бл}} + B_{\text{бл}}}{m} \right) + 2L_{\text{бл}} \left(\frac{B_{\text{бл}}}{m} \right)}{V_{\text{бл}}}, \quad \text{м/м}^3, \quad (4)$$

де $N_{\text{бл}}$ – висота блоку природного каменю, м; $L_{\text{бл}}$ – довжина блоку природного каменю, м; $B_{\text{бл}}$ – ширина блоку природного каменю, м; m – крок розташування шпурів, м; $V_{\text{бл}}$ – об'єм блоку природного каменю, м³.

Графік залежності питомої вартості видобування блоків Корнинського родовища бурінням від об'єму блоку, з шириною зони порушення бокової грані блоку від 0,22 до 0,69 показано на рисунку 12

Згідно з Державним стандартом ДСТУ Б В.2.7-59-97 допустима зона порушення бокової грані сколами каменю сягає: для нижньої грані – 100 мм; для решти граней блоків I–IV групи – 200 мм, V–VI групи – 100 мм.

Ширина пошкодження поверхні блока визначається за формулою:

$$N_{\text{пош}} = b + Z, \text{ мм}; \tag{5}$$

де Z – ширина зони пошкодження поверхні блоку природного каменю при застосуванні буроклинової технології. Величина зони може коливатися в межах від 95 до 210 мм; $b = 25 \dots 60$ мм – ширина бокової поверхні, яку в процесі розпилювання блоку природного каменю відрізають разом з порушеною сколюванням (так звана технологічна необхідність).

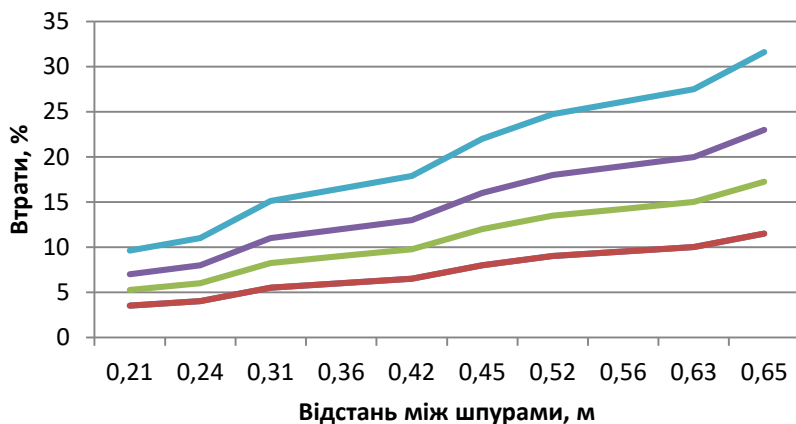


Рис. 12. Залежність втрат буроклиновим способом від об'єму блока

Таблиця 4

Дослідження експлуатаційних втрат при використанні буроклинових технологій видобування

Категорія блоків	Втрати при видобуванні		Точність визначення втрат класичними методами, %	Точність визначення втрат новітніми методами, %
	м ³	%		
1	0,61–2, 1	11–31	12	5
2	0,41–1,51	11–31	12	5
3	0,21–0,61	11–31	13	5
4	0,11–0,31	11–31	12	5
5	0,05–0,16	11–31	11	5

Відповідно до вимог державних стандартів можна встановити, що ширина пошкодження поверхні блоку природного каменю технологією розколювання складе $N_{\text{пош}} = 120 \dots 250$ мм. Величина експлуатаційних втрат при цьому складе від 0,15 до 0,8 м³ що становить від 4 до 31 %. З метою зниження експлуатаційних втрат та зменшенні нерівності сколу рекомендовано застосовувати концентратори напруг. Це дозволить зменшити нерівність сколу в 1,5–2 рази, експлуатаційні втрати зменшити в 1,3–1,8 разів. Точність визначення визначення експлуатаційних втрат складе: при застосуванні класичних методів інструментального вимірювання у межах 11–13 %, новітніх (з використанням цифрових знімків) до 6 %.

Висновки:

1. Кожна з розглянутих технологій видобування блоків природного каменю здійснює свій вплив на їх цілісність, якість, фізико-технічні характеристики та відповідно декоративні властивості;
2. При алмазно-канатному різанні встановлено відхилення грані блоку природного каменю від його площини досягає 6–8 мм на кожні 1 м довжини блоку. Експлуатаційні втрати складуть 0,76–1,52 м³, що становитиме 2,4–5,1 %;
3. При застосуванні буровибухових методів зона порушення грані блочного каменю складе: $N_{\text{пош}} = 340 \dots 440$ мм. Експлуатаційні втрати при цьому складуть від 0,15 до 3,1 м³ що становить від 14,6 до 91 %. Використання ж «щадливих» вибухових методів дозволить зменшити втрати в 1,4–2,2 рази;
4. При застосуванні буроклинової технології зона порушення грані блочного каменю складе: $N_{\text{пош}} = 120 \dots 250$ мм. Величина експлуатаційних втрат при цьому складе від 0,15 до 0,8 м³ що становить від 4 до 31 %. З метою зниження експлуатаційних втрат та зменшенні нерівності сколу рекомендовано застосовувати концентратори напруг. Це дозволить зменшити нерівність сколу в 1,5–2 рази, експлуатаційні втрати зменшити в 1,3–1,8 разів.

Список використаної літератури:

1. *Левицький В.Г.* Обґрунтування оптимальних технологічних параметрів видобування гранітних блоків на основі показників тріщинуватості / *В.Г. Левицький, Р.В. Соболевський* // *Восточно-Европейський журнал передових технологій*. – 2014. – Т. 3, № 3 (69). – С. 48–52.
2. *Кісель О.О.* Дослідження закономірностей утворення і формування втрат природного каменю при його видобуванні / *О.О. Кісель* // *Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів* : Матеріали III Міжнародної науково-практичної конф. – Дніпропетровськ, 2005. – С. 123–124.
3. *Levytskyi V.* The optimization of technological mining parameters in a quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement / *V. Levytskyi, R. Sobolevskyi, V.V. Korobiichuk* // *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. – 2018. – Vol. 33, № 2. – P. 83–90.
4. Peculiarities of natural stone extraction technology with the help of diamond wire machines / *I. Korobiichuk and other* // 16 th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining (Albena, Bulgaria, 30.06-6.07.2016), Book 2. Exploration and mining mineral processing. – 2016. – Vol. 2. – P. 649–656.
5. *Price M.* Strike It Rich with Maplex. Labeling oriented structure point labels in ArcGIS 10.1 / *M. Price* // *esri.com*. – Winter 2013. – P. 42–47.
6. *Кісель О.О.* Вивчення закономірностей утворення і формування втрат при видобуванні декоративного облицювального каменю методом суцільного буріння / *О.О. Кісель, Р.В. Соболевський* // *Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки*. – 2006. – № 3 (38). – С. 183–188.
7. Дослідження впливу буровибухових робіт на якість блочної товарної продукції кар'єру на основі визначення геометричних характеристик її тріщинуватості / *В.В. Коробійчук та ін.* // *Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки*. – 2007. – № 3 (42). – С. 143–150.
8. *Коробійчук В.В.* Зменшення втрат блочної сировини за допомогою ефективних методів кваліметричної оцінки монолітності облицювальних порід / *В.В. Коробійчук, Р.В. Соболевський, О.А. Зубченко* // *Практична космонавтика і високі технології* : Тези VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю з дня народження академіка С.П. Корольова, 9–11 січня. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – С. 94.
9. *Коробійчук В.В.* Розробка наукових основ технології супутнього видобування блоків в умовах щелебених гранітних кар'єрів : дис. ... д.т.н. : 05.15.03 / *В.В. Коробійчук*. – Київ, 2018. – 340 с.
10. *Коробійчук В.В.* Удосконалення системи поточного планування видобування блоків природного каменю / *В.В. Коробійчук* // *Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки*. – 2012. – Т. 1, № 3 (62). – С. 122–125.
11. *Котенко В.В.* Розробка методики оцінки кількісних і якісних параметрів лабрадоритових покладів з метою їх геометризації : дис. ... к.т.н. : 05.15.01 / *В.В. Котенко*. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 219 с.
12. *Криворучко А.О.* Обґрунтування методики геометризації габроїдних порід на основі визначення та оцінки показників структури та декоративності : дис. ... к.т.н. : 05.15.01 / *А.О. Криворучко*. – Житомир : ЖДТУ, 2006. – 233 с.
13. Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр : Постанова Кабінету Міністрів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>.

References:

1. Levytskyi, V.H. and Sobolevskyi, R.V. (2014), «Obgruntuvannya optymalnykh tekhnolohichnykh parametriv vydobuvannya hranitnykh blokiv na osnovi pokaznykiv trishchynuvatosti», *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii*, Vol. 3, No. 3 (69), pp. 48–52.
2. Kisiel, O.O. (2005), «Doslidzhennia zakonornosti utvorennia i formuvannia vtrat pryrodnoho kameniu pry yoho vydobuvanni», *Problemy pryrodokorystuvannia, staloho rozvytku ta tekhnohennoi bezpeky rehioniv*, Materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konf, Dnipropetrovsk, pp. 123–124.
3. Levytskyi, V., Sobolevskyi, R. and Korobiichuk, V.V. (2018), «The optimization of technological mining parameters in a quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement», *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Vol. 33, No. 2, pp. 83–90.
4. Korobiichuk, I. et al. (2016), «Peculiarities of natural stone extraction technology with the help of diamond wire machines», *16 th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining (Albena, Bulgaria, 30.06-6.07.2016)*, Book 2. Exploration and mining mineral processing, Vol. 2, pp. 649–656.
5. Price, M. (2013), «Strike It Rich with Maplex. Labeling oriented structure point labels in ArcGIS 10.1», *esri.com*, Winter, pp. 42–47.
6. Kisiel, O.O. and Sobolevskyi, R.V. (2006), «Vyvchennia zakonornosti utvorennia i formuvannia vtrat pry vydobuvanni dekoratyvnoho oblytsiuvalnoho kameniu metodom sutsilnoho burinnia», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 3 (38), pp. 183–188.
7. Korobiichuk, V.V. et al. (2007), «Doslidzhennia vplyvu burovybukhovoykh robit na yakist blochnoi tovarnoi produktsii kariery na osnovi vyznachennia heometrychnykh kharakterystyk yii trishchynuvatosti», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 3 (42). pp. 143–150.
8. Korobiyichuk, V.V., Sobolevskyi, R.V. and Zubchenko, O.A. (2007), «Zmenshennia vtrat blochnoi syrovyny za dopomohoiu efektyvnykh metodiv kvalimetrychnoi otsinky monolitnosti oblytsiuvalnykh porid», *Praktychna kosmonavtyka i vysoki tekhnolohii*, Tezy VI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoi 100-richchiu z dnia narodzhennia akademika S.P. Korolova, 9–11 sichnia, ZhDTU, Zhytomyr, pp. 94.

9. Korobiichuk, V.V. (2018), *Rozrobka naukovykh osnov tekhnologii suputnoho vydobuvannia blokiv v umovakh shchebenevykh hranitnykh karieriv*, DSc Thesis of dissertation, 05.15.03, Kyiv, 340 p.
10. Korobiichuk, V.V. (2012), «Udoskonalennia systemy potочноho planuvannia vydobuvannia blokiv pryrodnoho kameniu», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, Vol. 1, No. 3 (62), pp. 122–125.
11. Kotenko, V.V. (2007), *Rozrobka metodyky otsinky kilkisnykh i yakisnykh parametriv labratoryvykh pokladiv z metoiu yikh heometryzatsii*, PhD Thesis of dissertation, 05.15.01, ZhDTU, Zhytomyr, 219 p.
12. Kryvoruchko, A.O. (2006), *Obhruntuvannia metodyky heometryzatsii habroidnykh porid na osnovi vyznachennia ta otsinky pokaznykiv struktury ta dekoratyvnosti*, PhD Thesis of dissertation, 05.15.01, ZhDTU, Zhytomyr, 233 p.
13. Kabinet Ministriv Ukrainy, *Pro zatverdzhennia Klasyfikatsii zapasiv i resursiv korysnykh kopalyn derzhavnoho fondu nadr*, Postanova [Online], available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text>

Іськов Сергій Станіславович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0002-9618-489X>.

Наукові інтереси:

- проєктування гірничих підприємств;
- геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин;
- маркшейдерська справа.

E-mail: serga.iskov@ztu.edu.ua.

Толкач Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. М.Т. Бакка Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- геометрія надр;
- видобування природного каменю;
- геолого-економічна оцінка родовищ.

Скиба Галина Віталіївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри наук про Землю Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-4981-4975>.

Наукові інтереси:

- моніторинг довкілля;
- геохімія;
- нанотехнології.

E-mail: kpn_sgv@ztu.edu.ua.

Темченко Анатолій Георгійович – доктор технічних наук, професор кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. М.Т. Бакка Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- енергозберігаючі технології відкритої розробки залізородних родовищ.

E-mail: temchenko_oa50@ukr.net.

Темченко Олександр Анатолійович – доктор технічних наук, професор кафедри економіки та підприємництва Навчально-наукового економічного інституту Державного університету економіки і технологій.

<https://orcid.org/0000-0003-0020-2430>.

Наукові інтереси:

– енергоефективність технологій відкритої розробки родовищ та конкурентоспроможність гірничодобувних підприємств.

E-mail: temchenko_oa50@ukr.net.

Iskov S.S., Tolkach O.M., Skyba G.V., Temchenko A.H., Temchenko O.A.

Study of operational losses of block raw materials

The work investigates operational losses depending on the method of mining and substantiates the methods of control and management of the quality of the natural stone massif. As a result of the conducted research, based on the application of modern qualimetric and information-computer technologies, a connection between mining technologies common in practice and the quality of the final marketable product was established, a methodology for evaluating quality indicators for block raw materials was developed using modern information-computer technologies. The study of operational losses when using a wire sawing unit and diamond ropes of various manufacturers, operational losses when using blasting methods of natural stone extraction and operational losses when using rock wedge technologies was carried out.

On the basis of these studies, the paper has developed recommendations regarding the optimal size of blocks and improving the methods of stone preparation for extraction, the technology of separating monoliths from the massif and dividing them into conditioned blocks with a high blockability coefficient and improving their quality and reducing losses of natural stone during extraction.

Keywords: natural stone; operational losses; blocks of natural stone.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2023.