УДК 691.212

Р.В. Соболевський, к.т.н.
О.О. Кісєль, асист.
Житомирський державний технологічний університет

ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ І ФОРМУВАННЯ ВТРАТ ПРИ ВИДОБУВАННІ ДЕКОРАТИВНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ МЕТОДОМ СУЦІЛЬНОГО БУРІННЯ

Розглянуті і проаналізовані основні фактори, які впливають на утворення кількісних та якісних втрат декоративного каменю при відділенні його від масиву за допомогою суцільного буріння. Визначені і обґрунтовані оптимальні діаметри свердловин при проходженні щілин на основі мінімізації кількісних і якісних втрат каменю.

Вступ. Одним із основних факторів, що забезпечує економічний і соціальний розвиток України, є ефективна робота каменевидобувної галузі. Доля гранітів у загальному об'ємі видобування природного облицювального каменю за останні 75 років виросла з 17 до 50 %. При цьому темпи росту видобування значно відстають від попиту на блочну сировину. Це пов'язано, в першу чергу, з низьким виходом готової продукції і значною кількість втрат, які супроводжують процес вилучення блочної сировини з масиву.

Постановка проблеми. Видобувні роботи на кар'єрах блочних гранітів за виробничими процесами, структурами комплексної механізації суттєвим чином відрізняються від робіт на кар'єрах по видобуванню інших корисних копалин, де основний процес – руйнування гірського масиву. При видобуванні блочних гранітів важливе збереження фізико-механічних властивостей породи з мінімально допустимими змінами. Це, в свою чергу, обумовлює інший порядок і послідовність виконання відкритих гірничих робіт в межах кар'єрного поля, тобто свою специфічну систему розробки.

Основним технологічним процесом, що змінює агрегатний стан і місце розташування граніту, є підготовка його до виймання. Витрати на підготовку блочного граніту до виймання з масиву досягають 50–70 % від собівартості.

В наш час на кар'єрах по видобуванню граніту за основні методи підготовки гірської маси до виймання використовується метод суцільного буріння. Недоліками цього методу є порівняно високий відсоток втрат сировини при підготовці блоків до виймання. Отже питання обліку і зменшення втрат декоративного каменю при підготовці його до виймання методом суцільного буріння є досить актуальним.

Аналіз досліджень і публікацій. Процесами технології і механізації видобування блочного каменю присвячені роботи М.Т. Бакка [1, 2], Ю.Г. Карасьова [3], О.І. Косолапова [4], С.І. Подойникова [6], В.В. Ржевського [8], Г.Д. Першина [5], Б.Г. Ракишева, [7] О.Б. Синельникова [9], Р.В. Соболевського [10] та ін.

Вищеназвані автори займались різними аспектами видобування блоків декоративного каменю. Дослідженню закономірностей утворення і формування втрат при видобуванні декоративного облицювального каменю методом суцільного буріння частково приділена увага у праці М.Т. Бакка [2]. Але дослідженню якісних і кількісних втрат при видобуванні декоративного каменю методом суцільного буріння з використанням сучасних бурових установок ніде не виконувалось.

Викладення основного матеріалу дослідження. Досвід створення врубових щілин на основі бурових верстатів і перфораторів показує, що цей спосіб з точки зору втрат є ефективним, але трудомістким.

Взагалі під *втратами корисної копалини* розуміють частину балансових запасів облицювального каменю, яка назавжди залишається в надрах при розробці родовища або видобувається, але яка не потрапляє в подальшу переробку і реалізацію як промислова сировина.

Втрати якості (розубожіння) – зниження якості блоків через порушення монолітності породи у зв'язку з утворенням в ній штучних тріщин, збільшення нерівностей сколювання лицьових поверхонь товарного блока і виколювання блоків за формою, відмінною від прямокутних паралелепіпедів, а також відходи каменю, що утворився в процесі підготовки каменю до виймання, завалювання блоків, їх завантаження, транспортування і розвантажування.

Застосування способу суцільного буріння супроводжується як кількісними, так і якісними втратами сировини. Кількісні втрати складають ту частину граніту, яка втрачається в процесі вибурювання щілини. Якісні ж втрати представлені в даному випадку частиною каменю, яка була пошкоджена (розубожена) шпуровими отворами, так звана „гребінцева зона", і нерівностями відколу лицьових поверхонь.

© Р.В. Соболевський, О.О. Кісєль, 2006

При суцільному вибурюванні щілини сусідньої свердловини за діаметром перекривають одна одну, як показано на рис. 1. Це, в свою чергу, впливає на утворення і підрахунок кількісних втрат сировини.

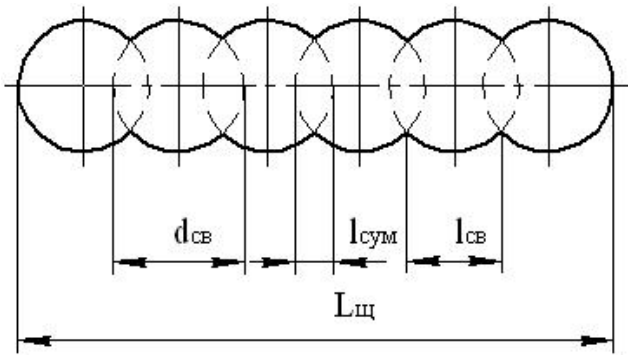

Рис. 1. Схема вибурювання щілини

Кількісні втрати обумовлюються наступними чинниками:
- абсолютним значенням діаметра бура (штанги) – $d_{св}$, м;
- загальною довжиною щілини – $L_{щ}$, м (рис. 1);
- кількістю свердловин, що вибурюються – $N_{св}$, шт.

У свою чергу, кількість свердловин обраховується за наступною формулою:

$$N_{св} = \frac{L_{щ}}{l_{св}}, \text{ шт}, \tag{1}$$

де $L_{щ}$ – загальна довжина щілини, яка вибурюється;

$l_{св}$ – частина свердловини, яка залишилась безпосередньо поза зоною перекриття свердловин між собою (рис. 2).

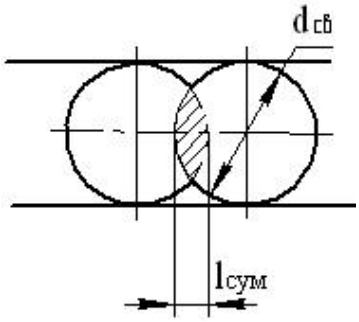

Рис. 2. Схематичне зображення щілини в момент перекриття діаметрів свердловин між собою

Цей показник можна обрахувати наступним чином:

$$l_{св} = d_{св} - l_{сум}, \text{ м}, \tag{2}$$

де $d_{св}$ – діаметр свердловини (шпура), м;

$l_{сум}$– довжина зони суміщення (перекриття) діаметра свердловини сусідніми свердловинами, м.

Цей показник знаходиться в межах 10–30 мм [9].

Отже об’єм кількісних технологічних експлуатаційних втрат каменю при відокремленні моноліту від масиву за допомогою суцільного буріння обраховується за рівнянням:

$$V_{к.в.} = \left(\frac{\pi \cdot d_{св}^{\,2}}{4} - S_{сум} \right) \cdot L_{св} \cdot N_{св}, \text{ м}^3, \tag{3}$$

де $d_{св}$ – діаметр свердловини, м;

$S_{сум}$ – площа перекриття свердловин між собою, м^2

$$S_{сум} = \frac{d_{св}^{\,2}}{4} \left(2\arccos\left(1 - \frac{l_{сум}}{2}\right) - \sin\left(2\arccos\left(1 - \frac{l_{сум}}{d_{св}}\right)\right)\right), \text{ м}^2, \tag{4}$$

$l_{сум}$ – довжина зони суміщення (перекриття) діаметра свердловини сусідніми свердловинами, мм.

При підрахунку кількісних втрат потрібно враховувати можливе відхилення проекції осі свердловини, яка вибурюється, від запроектованої осі. Тому довжина свердловини, яка вибурюється, дорівнює:

$$L_{св} = \sqrt{H^2 \cdot \left(1 + Д^2\right)}, \text{ м}, \tag{5}$$

де H – проектна довжина свердловини, яка дорівнює висоті моноліту, м;

$Д$ – абсолютне значення відхилення бура від заданої площини на один погонний метр буріння, як показано на рис. 3, може бути визначене запропонованою емпіричною формулою:

$$Д = 0{,}5\frac{\sigma_{ст}}{d_{св}}, \tag{6}$$

де $d_{св}$ – діаметр свердловини, м;

$\sigma_{ст}$ – міцність породи на стиск, кг/см^2.

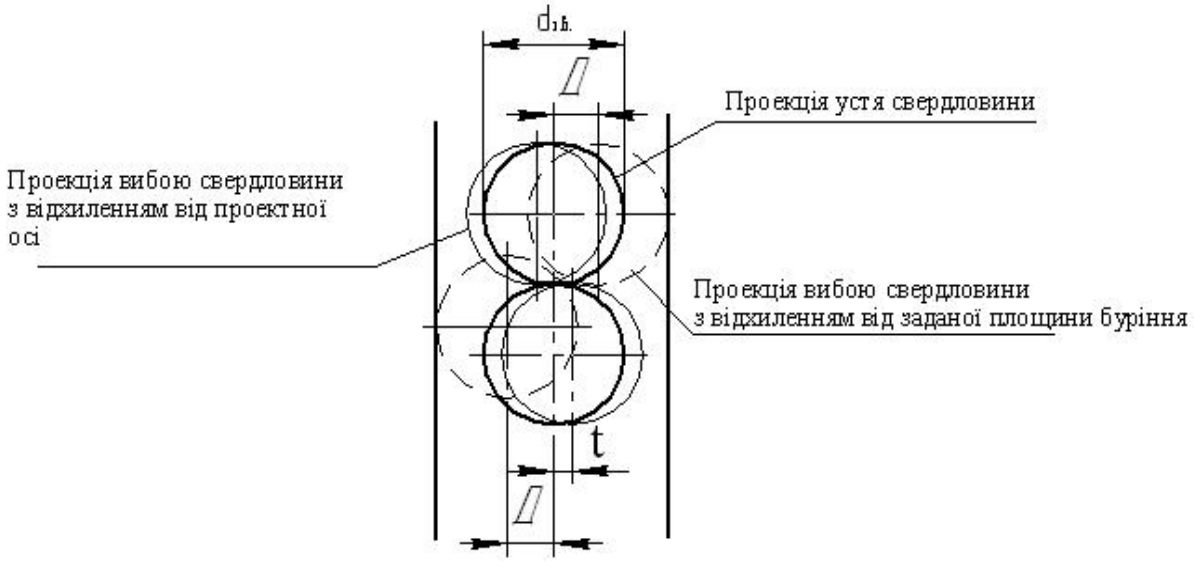

Рис. 3. Схематичне зображення зони втрат і розубожіння при суцільному бурінні

За запропонованою методикою було змодельовано вплив діаметра свердловини на об'єми кількісних втрат для Омелянівського родовища граніту. Результати проведеного дослідження наведені в табл. 1, а графічно – залежність кількісних втрат декоративного каменю від діаметра свердловини на рис. 4.

Як видно з рис. 4, об'єм кількісних втрат знаходиться в прямо-пропорційній залежності від діаметра свердловини і описується лінійною функцією виду: $V_{к.в.} = 13{,}174 \cdot d_{св} + 0{,}0957$.

Коефіцієнт детермінації 0,99.

Однак, як зазначалося вище, вибурювання моноліту з масиву супроводжується не лише кількісними втратами, а також і якісними (розубожінням). Результати досліджень показують, що якщо кількісні втрати від буріння зменшуються зі зменшенням діаметра шпура (свердловин), то об'єм розубожіння каменю шпура, в свою чергу, збільшується. Наявність якісних втрат пояснюються відхиленням бура (штанги) від заданої площини буріння через великий опір породи бурінню і неточністю установки бура (штанги) в заданій площині. Відхилення бура (штанги) від заданого напрямку не тільки обумовлює розубожіння каменю, але й не дозволяє отримати суцільну щілину, що як наслідок призводить до додаткового розколювання нерозбурених ділянок, а відповідно до якісних втрат через нерівності відколу.

Таблиця 1

Визначення якісних і кількісних втрат декоративного каменю Омелянівського родовища

№ з/п	Діаметр, мм	Абсолютне значення відхилення бура від заданої площини на один погонний метр буріння $Д$, м	Площа перекриття свердловин між собою $S_{сум}$, м^2	Кількість свердловин, шт	Кількісні втрати, м^3	Якісні втрати, м^3
1	50	0,014	0,00056	134	0,75	1,84
2	60	0,011	0,00062	100	0,88	1,57
3	70	0,010	0,00067	80	1,02	1,38

4	80	0,009	0,00073	67	1,15	1,26
5	90	0,008	0,00077	58	1,30	1,15
6	100	0,007	0,00082	50	1,41	1,10
7	110	0,006	0,00086	45	1,55	1,04
8	120	0,006	0,00090	40	1,66	1,02

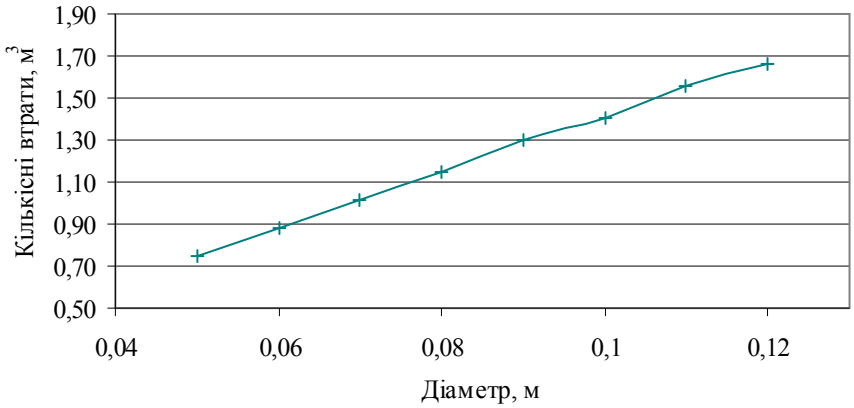

Рис. 4. Залежність кількісних втрат декоративного каменю від діаметра свердловини

Згідно з [2] значення $B_{з.в.}$ для різної глибини може бути визначене з залежності:

$$B_{з.в.} = d_{св} + 2 \cdot Д \cdot H \text{ , м,} \tag{7}$$

де $d_{св}$ – діаметр свердловини, м;

H – проектна довжина свердловини, яка дорівнює висоті моноліту, м;

Однак якісні втрати виникають не лише через відхилення бура від вертикальної площини буріння, але й його зміщення в горизонтальній площині від проектної осі щілини на величину t, значення якої коливається в межах 0,5–1,5 мм.

Отже, якісні втрати каменю при проходженні щілин суцільним бурінням пропонується визначати наступним чином:

$$V_{я.в.} = \left(B_{з.в.} + 2t\right) \cdot H \cdot L_{щ} - V_{к.в.}, \text{ м}^3. \tag{8}$$

Підставивши відповідне значення $B_{з.в.}$ і $V_{к.в.}$, отримаємо вираз:

$$V_{я.в.} = \left(\frac{\sigma_{ст} \cdot H}{d_{св}} + d_{св} + 2t\right) \cdot H \cdot L_{щ} - \left(\frac{\pi \cdot d_{св}^{\,2}}{4} - S_{сум}\right) \cdot L_{св} \cdot N_{св}, \text{ м}^3. \tag{9}$$

За запропонованою методикою було змодельовано вплив діаметра свердловини на об'єми якісних втрат для Омелянівського родовища граніту (висота моноліту $H = 4$ м, довжина щілини, яка вибурюється верстатом стрічкового буріння, $L_{щ} = 4$ м, довжина зони суміщення (перекриття) діаметра свердловини сусідніми свердловинами $l_{сум} = 20$ мм, зміщення бура в горизонтальній площині відносно проектної осі щілини $t = 1$ мм. Результати проведеного дослідження наведені в табл. 1, а графічно – залежність кількісних втрат декоративного каменю від діаметра свердловини на рис. 5.

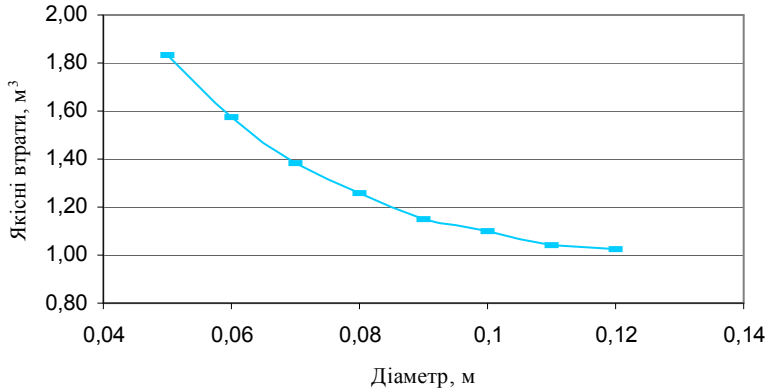

Рис. 5. Залежність якісних втрат від діаметра свердловини

Як видно з рис. 5, якісні втрати знаходяться в обернено пропорційній залежності від діаметра свердловини, причому ця залежність описується рівнянням виду:

$$V_{я.в.} = 187{,}44 \cdot d_{св}^2 - 42{,}974 \cdot d_{св} + 3{,}4949.$$

Коефіцієнт детермінації 0,98.

В досліджуваній задачі головне значення має обґрунтування оптимальності діаметра свердловини (шпура) на основі мінімізації кількісних і якісних втрат каменю. Оптимальність діаметра свердловини визначалась графічним способом по перекриттю зон в інтервалах мінімальних значень якісних і кількісних втрат (рис. 6).

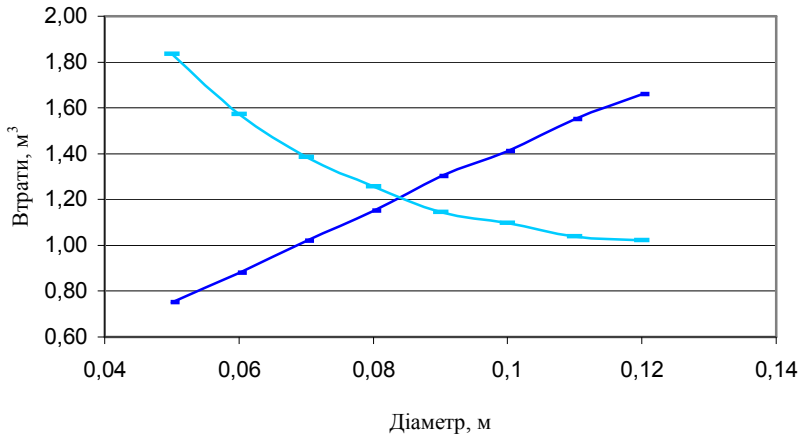

Рис. 6. Визначення оптимального діаметра свердловини за співвідношенням якісних і кількісних втрат

Як видно з рис. 6, оптимальне значення діаметра свердловини знаходиться в межах від 80 до 90 мм, а для Омелянівського родовища граніту становить 84 мм. Окрім вибору оптимального значення діаметра свердловин необхідне також дотримання при бурінні жорсткої фіксації самого верстата в заданій площині, для чого слід виготовляти спеціальні пневматичні бурові напрямні рами або створювати агрегати проходження щілин, робочим органом яких є пневматичні бурові верстати і пристрої для забезпечення їх обернено-поступального руху.

Висновки. При підготовці блочних гранітів до виймання механічними способами кількісні втрати граніту при суцільному бурінні блоків незначні і знаходяться в прямо пропорційній лінійній залежності від діаметра свердловин і описуються рівнянням: $V_{к.в.} = 13{,}174 \cdot d_{св} + 0{,}0957$.

Якісні втрати, що формуються на основі створення недопустимих нерівностей сколу лицьових поверхонь блока і, як наслідок, додаткового пасерування блоків, а також зменшенням якості граніту в результаті його розубожіння шпуровими отворами, знаходяться в обернено пропорційній залежності від діаметра свердловини, причому ця залежність описується рівнянням: $V_{я.в.} = 187{,}44 \cdot d_{св}^2 - 42{,}974 \cdot d_{св} + 3{,}4949$.

За запропонованою методикою були визначені оптимальні значення діаметра свердловин, що знаходиться в межах від 80 до 90 мм, а для Омелянівського родовища граніту оптимальний діаметр становить 84 мм.

Якісно-кількісні втрати граніту при підготовці його до виймання механічними способами можуть бути зменшені на основі:

– вибору фронту робіт, при якому напрямок розколювання каменю і площини анізотропії граніту співпадають або близькі між собою;
– впровадження в практику оптимальних схем буріння;
– обґрунтування оптимальності діаметра свердловин при проходженні щілин методом суцільного оббурювання буровими верстатами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бакка Н.Т., Ильченко И.В.* Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 303 с.

2. *Бакка Н.Т.* Разработка технологий и комплексов оборудования добычи блоков из высокопрочных трещиноватых пород: Диссертация на соискание ученой степени д-ра техн. наук. – М.: Фонды МГИ, 1987.
3. *Карасев Ю.Г. Бакка Н.Т.* Природный камень. Добыча блочного и стенового камня: Санкт-Петербургский горный ин-т, 1997. – 428 с.
4. *Косолапов А.И.* Технология добычи облицовочного камня. – Красноярск: КГУ, 1990. – 192 с.
5. *Першин Г.Д., Гуров М.Ю., Чеботарев Г.И.* Канатные пилы. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы: Монография. – Магнитогорск: ГОУ ВПО „МГТУ им. Г.И. Носова“, 2006. – 152 с.
6. *Подойников С.И.* Исследование технологии добычи штучного камня на гранитных месторождениях с целью увеличения производительности карьеров (на примере карьеров Ленинградской области): Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Ленинград, 1977. – 18 с.
7. *Ракишев Б.Р., Бабин Ю.Н., Шерстюк Б.Ф., Бобович В.С.* Техника и технология добычи гранитных блоков. – М.: Недра, 1989.
8. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы: в 2 ч.: Учебник для вузов. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Недра, 1985. – 549 с.
9. *Синельников О.Б.* Природный облицовочный камень. Часть I. Облицовочные камни: Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2000. – 362 с.
10. *Соболевський Р.В.* Мінімізація втрат декоративного каменю при його видобуванні і подальшій переробці на основі запровадження технології розпилювання косокутних блоків // Вісник ЖІТІ. Серія: Технічні науки. – 2002. – № 23. – С. 309–312.

СОБОЛЕВСЬКИЙ Руслан Вадимович – кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:
- гірництво;
- маркшейдерська справа.

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

Наукові інтереси:
- гірництво;
- маркшейдерська справа.

Подано 16.05.2006

Соболевський Р.В., Кісєль О.О. Вивчення закономірностей утворення і формування втрат при видобуванні декоративного облицювального каменю методом суцільного буріння

Соболевський Р.В., Кисель Е.А. Изучение закономерностей образования и формирования потерь при добыче декоративного облицовочного камня методом сплошного обуривания

Sobolevsky R.V., Kisyel O.O. Study appropriations of creating and forming of losses by the decorative stone recovering by the method of the continuous boring drilling

УДК 691.212

Вивчення закономірностей утворення і формування втрат при видобуванні декоративного облицювального каменю методом суцільного буріння / Р.В. Соболевський, О.О. Кісєль

Розглянуті і проаналізовані основні фактори які впливають на утворення кількісних і якісних втрат декоративного каменю при відділенні його від масиву за допомогою суцільного буріння. Визначені і обгрунтовані оптимальні діаметри свердловин при проходженні щілин на основі мінімізації кількісних і якісних втрат каменю.

УДК 691.212

Изучение закономерностей образования и формирования потерь при добыче декоративного облицовочного камня методом сплошного обуривания / Р.В. Соболевський, Е.А. Кисель

Рассмотрены и проанализированы основные факторы, которые влияют на образование количественных и качественных потерь декоративного камня при отделении его от массива с помощью

сплошного бурения. Определены и обоснованы оптимальные диаметры скважин при проходке щелей на основе минимизации количественных и качественных потерь камня.

УДК 691.212

Study appropriations of creating and forming of losses by the decorative stone recovering by the method of the continuous boring drilling / R.V. Sobolevsky, O.O. Kisyel

Basic factors which influence on formation of quantitative and quality losses of decorative stone by the separation it from an array by the continuous boring drilling are considered and analyzed. Optimum diameters of mining holes by passing of cracks are certain and grounded on the basis of minimization of quantitative and quality losses of stone.