

© В.В. Мамрай¹, В.В. Коробійчук¹, В.О. Шлапак¹, С.С. Іськов¹, А.В. Панасюк¹
¹ Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна

ВСТАНОВЛЕННЯ ПИТОМОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ РІЗАННЯ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ДИСКОВИМИ ПИЛАМИ

© V. Mamray¹, V. Korobiichuk¹, V. Shlapak¹, S. Iskov¹, A. Panasiuk¹
¹ Zhytomyr State Technological University, Zhytomyr, Ukraine

DETERMINATION OF DIMENSION STONE CUTTING PRODUCTIVITY BY DISK SAW CUTTING MACHINES

Метою роботи є встановлення питомої продуктивності різання природного каменю дисковими пилами в площинах, які паралельні площинам вертикальних поперечним та поздовжнім системам тріщин масиву.

Методи дослідження. Для встановлення питомої продуктивності різання природного каменю дисковими пилами була використана кваліметрична оцінка зразків природного каменю, метод статистичного опрацювання результатів із використанням засобів обчислювальної техніки; лабораторні дослідження.

Результати. Для проведення дослідів з вибоїв діючих кар'єрів було проведено відбір проб (зразків) з одночасним орієнтуванням їх у просторі. Кількість зразків змінювалася від чотирьох до дванадцяти при загальній кількості 40 шт. на шість родовищ природного каменю. Орієнтування зразків проводилося таким чином, щоб одна з площин збігалася з азимутом однією з головних систем тріщин масиву. З проб були виготовлені зразки у формі прямокутних призм площиною перетину 100–256 см². Довжина третьої сторони змінювалася від 10 до 30 см. Зразки гірських порід були орієнтовані в просторі та марковані. При їх орієнтації одна з коротких осей збігалася з однією з головних систем тріщин масиву – вертикальними поздовжньою або поперечною. Результати дослідження показали, що для родовищ габро відносна різниця питомої продуктивності має додатні значення, а для гранітів – від'ємні. Ці значення коливаються в межах 12,2÷(-28,7) %. Причому максимальні продуктивності різання блоків каменю спостерігаються по площинах, які проходять паралельно системам тріщинуватості родовищ природного каменю: для граніту – поздовжнім, для габро – поперечним. Це доводить, що продуктивність різання природного облицювального каменю залежить не тільки від фізико-технічних характеристик гірських порід, але також визначаються напрямками площин руйнування даної породи.

Наукова новизна. Вперше було встановлено відносну різницю питомої продуктивності для шести родовищ блочного природного каменю.

Практичне значення. Отримані данні дозволять ефективно використовувати дискові машини для видобування блочного каменю, а також підвищать продуктивність цих машин.

Ключові слова: природний камінь; продуктивність різання; анізотропія масиву; системи тріщин.

Актуальність. Облицювальні камені високої міцності мають анізотропні властивості. У дослідженнях Бакка М.Т. [1, 2] наголошується, що площини збі-

гаються з напрямом найкращого розколу гранітних блоків, які розташовані приблизно паралельно поздовжнім тріщинам масиву. При цьому продуктивність робочих, які зайняті розколюванням природного каменю на 60 % вище за інших рівних умов, порівняно з продуктивністю при відколюванні блоків від масиву в перпендикулярному напрямку і на 150 % вище продуктивності при направленні площини відколювання під косим кутом до площини найкращого розколу. Тому формування об'ємних параметрів відокремлення монолітів від масиву, варто робити таким чином, щоб максимальна площина поверхні співпадали з напрямком найкращого розколу каменю, площина якого розташовується паралельно поздовжнім тріщинам.

Дослідженнями [3–9], які проведені для високоміцних порід Українського кристалічного щита, було встановлено, що площини, за якими спостерігається найбільш слабе розщеплення мінеральних зерен в гірських породах, приблизно співпадають з директивним закінченням магми і дуже близькі до основного напрямку розвитку вертикальної поздовжньої тріщинуватості масиву.

У кварцевміщуючих породах одна з площин найкращого розколу паралельна сланцеватості та напрямку лінійності агрегатів зерен і співпадає з пластовими тріщинами [10]. Друга – розташована вертикально і просторово орієнтована паралельно вертикальним поздовжнім тріщинам масиву, що співпадає з напрямом директивних структур руху магми. Враховуючи вище наведене, авторами було зроблено припущення, що аналогічна залежність проявиться і при різанні природного каменю дисковими машинами.

Перспективними напрямками удосконалення технології видобування блочного каменю є поліпшення невибухових технологій, які не впливають на розвиток техногенних тріщин. Однією з таких технологій є видобування природного каменю за допомогою дискових машин [11]. Через низку переваг ця технологія має перспективи широкого поширення. Така технологія використовується в Китаї в умовах нагірних родовищ. В Україні ця технологія починає проходити випробування, зважаючи на це безліч аспектів залишаються не вивченими. Дослідження, які викладені в даній публікації дозволяють розширити знання про анізотропні властивості вітчизняних родовищ природного каменю.

Метою дослідження даної публікації є встановлення кількісних показників, що характеризують трудомісткість різання природного каменю в різних площинах.

Викладення основного матеріалу. У масивах родовищах декоративного природного каменю найбільший розвиток отримали три крутопадаючі системи тріщин (рис. 1): поздовжні (S), поперечні (Q) і діагональні (D). На частку поздовжніх і поперечних тріщин припадає від 75 до 85 % всіх крутопадаючих тріщин в масиві, причому кількісне співвідношення їх не завжди однакове і рівнозначне.

За даними геологічних розвідок на Омел'янівському родовищах вміст в масиві поздовжніх і поперечних тріщин становить відповідно 55 і 29 %. На Сліпчицьком кар'єрі спостерігається перевищення поздовжніх тріщин над поперечними – відповідно 50 і 29 %. Тому в даній роботі розглядалися поздовжні та поперечні системи тріщин. З вибоїв діючих кар'єрів було проведено відбір проб (зразків) з

одночасним орієнтуванням їх у просторі. Кількість зразків змінювалася від чотирьох до дванадцяти при загальній кількості 40 шт. на шість родовищ природного каменю.



Рис. 1. Розподілення тріщин в масиві родовища природного каменю

Параметри систем тріщин для кожного з кар'єрів наведені в табл. 1. Уточнення азимутів простягання поздовжніх, поперечних і первинно-пластових тріщин масивів здійснювалося в діючих забоях гірничим компасом.

Таблиця 1

Родовище	Об'ємна маса, кг/м ³	Структура	Параметри виділених тріщин гірського масиву		Міцність на стискання, МПа
			азимут простягання вертикальних поздовжніх систем тріщин, град	азимут простягання вертикальних поперечних систем тріщин, град	
габро					
Кам'янобрідське	2950-3050	дрібна та середня зернистість	110–125	20–40	240–288
Сліпчицьке	2970	дрібна та середня зернистість	110–130	10–35	104–206
граніт					
Токівське	2670	дрібна та середня зернистість	120–150	35–65	225
Лезниківське	2650	середньозерниста	98–126	35–43	135–260
Дідковецьке	2675	середньозерниста	120–150	40–70	250
Омел'янівське	2570	середньозерниста	130–155	35–20	120–240

Орієнтування зразків проводилося таким чином, щоб одна з площин співпадала з азимутом однієї з головних систем тріщин масиву (рис. 2). З проб були виготовлені зразки у формі прямокутних призм площиною перетину 100–256 см². Довжина третьої сторони змінювалася від 10 до 30 см. Зразки гірських порід були орієнтовані в просторі і марковані. При їх орієнтації одна з коротких осей співпадала з однією з головних систем тріщин масиву - вертикальними поздовжньої або поперечної.

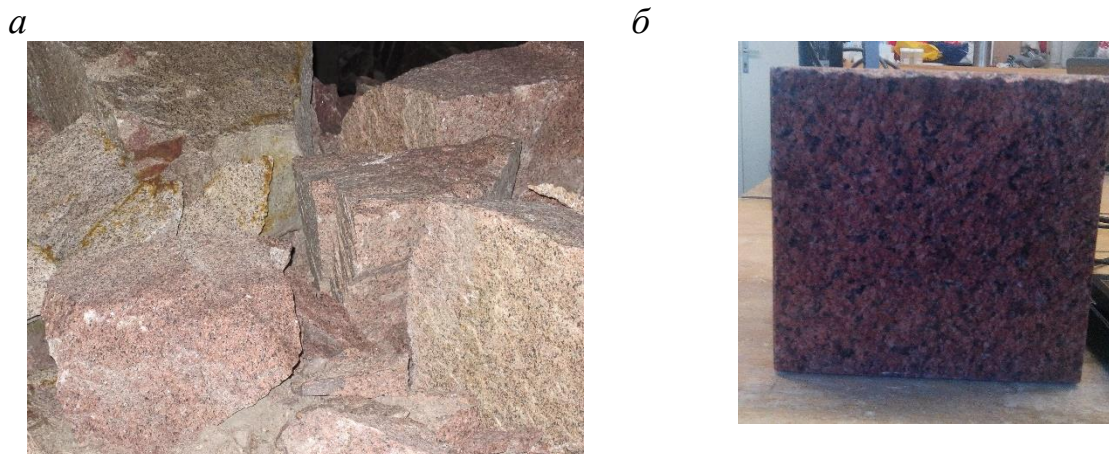


Рис. 2. Відбір зразків природного каменю з Лезниківського кар'єру
а – вигляд зразків на кар'єрі; б – вигляд обробленого зразка, у якого одна сторона паралельна до існуючої системи тріщинуватості

Розпилювання зразків проводилося на верстаті, що має такі характеристики: частота обертання валу – 1420 об/хв, діаметр пилки – 400 мм, зусилля подачі – 60 Н. Для надання необхідного зусилля подачі було використано вантаж з металевих гир, які надавали зусилля робочому шпинделю окантувального верстату за допомогою блоку та тросу. Схема проведення експерименту наведена на рис. 3.

Різання здійснювалося за напрямками, що співпадають з площинами поздовжніх, поперечних вертикальних систем тріщин масиву, при постійній швидкості обертання валу двигуна і постійному зусиллі подачі. Глибина різання за 1 прохід складала 3 см. В цьому випадку визначена питома продуктивність різання – час, необхідний на здійснення 1 см² пропили в гірській породі, що було показником трудомісткості різання даної породи дисковою пилкою.

Після кожного експериментального різання проводилася зачистка алмазозного шару пили абразивом, вимірювалася площа різання і час на його виконання. Трудомісткість різання проводилася за показником їх питомої продуктивності різання. Цей показник визначався для кожного одиничного досвіду і як середній суми дослідів для аналізованого напрямку різання окремого зразка.

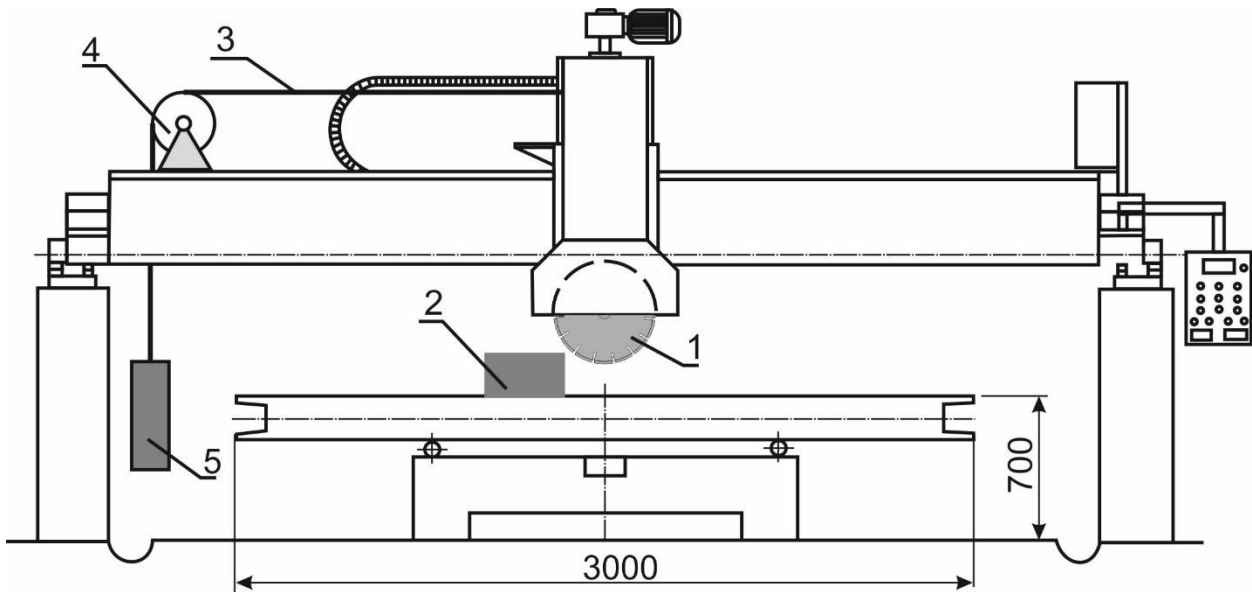


Рис. 3. Вигляд окантувального верстата на якому проводилося дослідження продуктивності різання природного каменю
 1 – дискова пилка; 2 – зразок природного каменю; 3 – трос; 4 – роликівна опора; 5 – вантаж (набір металевих пластин)

Кількість дослідів в кожному напрямку становило від 20 до 42. Питомі швидкості проведення пропилюв за напрямками, що співпадає з вертикальними поздовжніми та поперечними системами тріщин масивів, наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Назва родовища	Кількість відібраних зразків, шт	Кількість пропилюв, шт	Питома продуктивність за напрямками, які паралельні площинам систем тріщин масиву	
			вертикальним повздовжнім, $\text{см}^2/\text{с}$.	вертикальним поперечним, $\text{см}^2/\text{с}$.
габро				
Кам'янобрідське	8	42	1,6	1,97
Сліпчицьке	6	34	1,39	1,56
граніт				
Токівське	4	20	1,41	1,1
Лезниківське	8	38	1,24	0,92
Дідковицьке	8	32	1,15	0,82
Омел'янівське	6	26	1,1	0,86

Для порід групи габро максимальна питома продуктивність різання спостерігається при розпилюванні порід по площинах, які паралельні площинам верти-

кальних та повздожніх систем тріщин масиву. Ця закономірність підтверджується орієнтуванням найбільш слабких зерен темноколірних мінералів біотитів у горизонтальній площині. Відносна різниця питомої продуктивності наведена на рис. 4 та розраховувалася за формулою:

$$\Delta = \frac{V_2 - V_1}{V_1} 100\%, \%$$

де V_1 – питома продуктивність за напрямками, які паралельні площинам вертикальним повздожнім системам тріщин масиву; V_2 – питома продуктивність за напрямками, які паралельні площинам вертикальним повздожнім системам тріщин масиву.

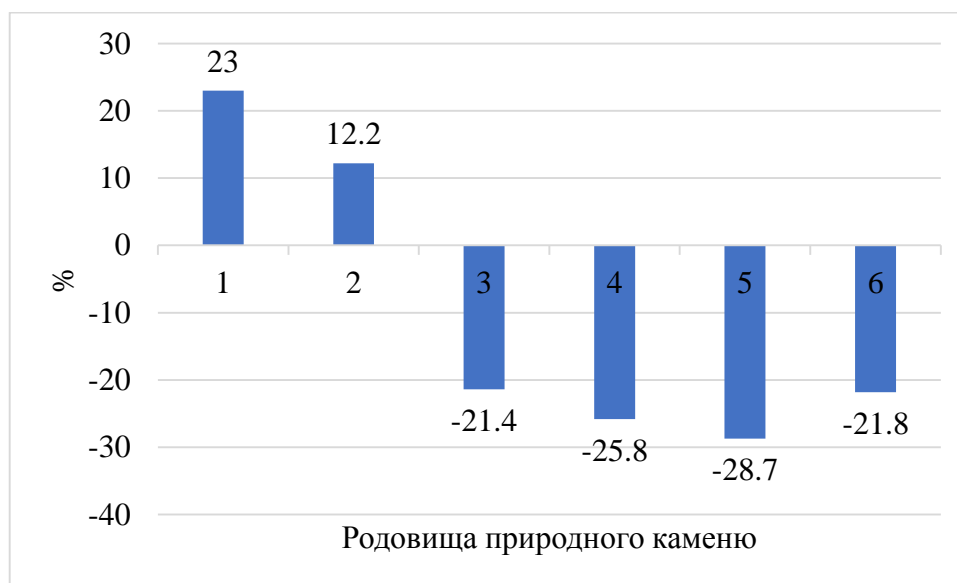


Рис. 4. Відносна різниця питомої продуктивності:
1 - Кам'янобрідське; 2 – Сліпчицьке; 3 – Токівське; 4 – Лезниківське;
5 – Дідковицьке; 6 – Омел'янівське

Для порід групи гранітів у всіх дослідах швидкість проведення поздовжніх пропилив більше або по значущості дорівнює продуктивності різання поперечних пропилив. У зразках Токівського родовища відносна різниця між питомими продуктивностями різання при проведенні поздовжніх пропилив і поперечних пропилив становить відповідно 21,4 %. Це пов'язано з розшаруванням біотитів і мікрокліну в площинах, які паралельні до вертикальних поздовжніх систем тріщин масиву.

В зразках Лезниківського і Дідковицького родовищ гранітів різниця між питомими швидкостями при проведенні поздовжніх пропилив, горизонтальних та поперечного розпилювання становить 25,8 та 28,7%. Найбільша продуктивність різання пояснюється розвитком в площинах, які паралельні поздовжнім пропилам інтенсивного двійникування мікрокліна.

У зразках Омел'янівського граніту найбільша швидкість пиляння спостерігається при проведенні поздовжніх пропилів, що пов'язано з поздовжнім орієнтуванням кварцових зерен.

Тому для підвищення продуктивності дискових машин у вибоях необхідно здійснювати різання у напрямку з азимутами простягання і кутами падіння для гранітів – поздовжніх, габро – поперечних систем тріщин масиву.

Висновки:

1. Продуктивність різання природного облицювального каменю залежить не тільки від фізико-технічних характеристик гірських порід, але також визначаються напрямками площин руйнування даної породи.

2. Максимальні продуктивності різання блоків каменю спостерігаються по площинах, які проходять паралельно системам тріщинуватості родовищ природного каменю: для граніту – поздовжнім, для габро – поперечним.

3. Відносна різниця між швидкостями при різанні заготовок каменю по площинах, які паралельні поздовжнім і поперечним системам тріщин становить:

- в масивах граніту – в середньому 24,4 %;
- в масивах габро – в середньому 18 %.

Перелік посилань

1. Бакка, Н. Т., & Ильченко, И. В. (1992). *Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник*, Москва: Недра.
2. Бакка, Н. Т. (1974). Прогнозирование блочности на месторождениях облицовочных гранитов горногеометрическими методами. *Дисс. на соискание степени канд. техн. наук*.
3. Укргеологостром (2000). Локальний звіт по перерахунку запасів на ділянках Західна та Східна Лезниківського родовища гранітів. *ОАО «Лизніківський граніт» для видобування щебеню і попутно блочного каменю в Володарсько-Волинському районі в Житомирській обл. Книга 1*, 180.
4. Коробійчук, В. В. (2013). The examination of leznykivskoho granite deposit fracturing with prospects of block products mining. *Eastern-European Journal of enterprise technologies*, 6/5 (66), 23-28.
5. Sobolevskyi, R., Korobiichuk, V., Iskov, S., Pavliuk, I., & Kryvoruchko, A. (2016). Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control. *Eastern-European Journal of enterprise technologies*, 6/3 (84). 32-40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85227>
6. Коробійчук, В. В. (2013). Дослідження тріщинуватості лезниківського родовища гранітів з перспективою видобутку блочної продукції. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 1, 64, 134–138.
7. Антипенко, Г. О., & Николаева, Т. Г. (2002). Геометризація родовищ корисних копалин. *НГА України*, 113.
8. Levytskyi, V., Sobolevskyi, R., & Korobiichuk, V. (2018). The optimization of technological mining parameters in quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 33, 2, 83–89. <https://doi.org/10.17794/rgn.2018.2.8>
9. Sobolevskyi, R., Zuiavska, N., Korobiichuk, V., Tolkach, O. & Kotenko, V. (2016). Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/3 (83), 21–29.

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80652>

10. Коробійчук, В. В., Кісель, О.О., & Стріха, В.А. (2012). Геометризація супутньої корисної копалини в умовах Лезниківського родовища гранітів та гірничо-геометричний аналіз його показників. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування/Технічні науки*, (2), 175–184.
11. Мамрай, В. В., Коробійчук, В. В., Толкач, О. М., & Шлапак, В. О. (2019). Дослідження показників очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочної сировини дисковими каменерізними машинами. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, (1 (83)), 270-275.
12. [https://doi.org/10.26642/tn-2019-1\(83\)-270-275](https://doi.org/10.26642/tn-2019-1(83)-270-275)

АННОТАЦІЯ

Целью работы является определение удельной производительности резки природного камня дисковыми пилами в плоскостях, которые параллельные плоскостям вертикальных поперечным и продольным системам трещин массива.

Методы исследования. Для определения удельной производительности резки природного камня дисковыми пилами была использована кваліметрична оцінка образцов природного камня, метод статистической обработки результатов с использованием средств вычислительной техники; лабораторные исследования.

Результаты. Для проведения опытов с забоев действующих карьеров был проведен отбор проб (образцов) с одновременным ориентированием их в пространстве. Количество образцов менялось от четырех до двенадцати при общем количестве 40 шт. на шесть месторождений природного камня. Ориентирование образцов проводилось таким образом, чтобы одна из плоскостей совпадала с азимутом одной из главных систем трещин массива. Из проб были изготовлены образцы в форме прямоугольных призм плоскостью пересечения 100-256 см². Длина третьей стороны изменялась от 10 до 30 см. Образцы горных пород были ориентированы в пространстве и маркированы. При их ориентации одна из коротких осей совпадала с одной из главных систем трещин массива - вертикальными продольной или поперечной. Результаты исследования показали, что для месторождений габбро относительная разница удельной производительности имеет положительные значения, а для гранитов - отрицательные. Эти значения колеблются в пределах $12,2 \div (-28,7) \%$. Причем максимальные производительности резки блоков камня наблюдаются по плоскостям, которые проходят параллельно системам трещиноватости месторождений природного камня: для гранита – продольным, для габбро – поперечным. Это доказывает, что производительность резки природного облицовочного камня зависит не только от физико-технических характеристик горных пород, но также определяются направлениями плоскостей разрушения данной породы.

Научная новизна. Впервые было установлено относительная разница удельной производительности для шести месторождений блочного природного камня.

Практическое значение. Полученные данные позволят эффективно использовать дисковые машины для добычи блочного камня, а также повысят производительность этих машин.

Ключевые слова: природный камень; производительность резки; анизотропия массива; системы трещин.

ABSTRACT

The aim of research is to determine the specific productivity of natural stone cutting by disk saw cutting machines in planes parallel to the planes of vertical transverse and longitudinal massif cracks systems.

Research methods. To determine the specific productivity of natural stone by disk saw cutting machines used qualitative evaluation of samples, the method of statistical processing of results using computer tools; laboratory research.

Results. Particular samples were sampled with simultaneous orientation in space. The number of samples varied from four to twelve with a total of 40 pieces for six deposits. Orientation of the samples was carried out in such a way that one of the planes coincides with the azimuth of one of the main massif crack systems. Samples were made in the form of rectangular prisms with an intersection plane of 100-256 cm² from the determined samples. Length of the third side varied from 10 to 30 cm. In their orientation, one of the short axes coincided with one of the main massif cracks systems - vertical longitudinal or transverse. The results of the research showed that the relative difference in specific productivity for gabbro deposits has positive values, and for granite deposits has negative values. These values range from 12.2 ÷ (-28.7) %. Moreover, the maximum cutting performance of stone is observed on planes that run parallel to deposit crack system: for granite - longitudinal, for gabbro - transverse. This proves that the cutting performance of dimension stone depends on the physical and technical characteristics of stone, but is also determined by directions of stone destruction planes.

Scientific novelty. For the first time, a relative difference in specific productivity was determined for the six blocks of dimension stone.

Practical meaning. The obtained data allow effectively to use the disk saw cutting machine for extraction of dimension stone, improve the performance of these machines.

Keywords: dimension stone; cutting performance; massif anisotropy; systems of cracks.