

П.П. Мельничук, д.т.н., проф.
І.В. Леонець, доктор філософії
Я.П. Коваленко, доктор філософії
С.В. Микитенко, аспірант

Державний університет «Житомирська політехніка»

Дискове та алмазно-канатне різання гранітів: порівняння технологій для промислової ефективності

У статті здійснено комплексний порівняльний аналіз дискового та алмазно-канатного різання гранітів, зосереджуючись на критеріях швидкості, енергоефективності, експлуатаційних витрат та собівартості. Дослідження проведено в контексті сучасних викликів каменеобробної промисловості, що зумовлені зростанням попиту на натуральний камінь (ринок зростає з 42,04 млрд дол. США у 2024 р. до прогнозованих 43,69–85,09 млрд дол. США у 2025 р.), посиленням екологічних вимог та необхідністю оптимізації ресурсів.

Порівняння базується на стандартизованих показниках: швидкість різання ($\text{м}^2/\text{год}$), енергоефективність ($\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$), експлуатаційні витрати ($\$/\text{м}^2$) та собівартість ($\$/\text{м}^2$). Дискове різання демонструє вищу швидкість (до $3,5 \text{ м}^2/\text{год}$), особливо для малих і середніх блоків, завдяки безперервному контакту інструменту та швидкості подачі ($50\text{--}100 \text{ мм/с}$). Алмазно-канатне різання ($2,25 \text{ м}^2/\text{год}$) ефективніше для великих блоків завдяки гнучкості канату та меншій товщині пропилю ($7\text{--}12$ проти $12\text{--}18 \text{ мм}$ для дисків), що знижує втрати матеріалу (30% проти 40%) та відхилення від вертикальності (± 1 проти $\pm 3 \text{ мм}$). Енергоефективність канатного методу вища ($6\text{--}8$ проти $12\text{--}15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$), а витрати на воду менші ($15\text{--}20$ проти $60\text{--}80 \text{ л/хв}$).

Собівартість канатного різання нижча ($3,0\text{--}3,5 \text{ \$/м}^2$) завдяки меншим втратам матеріалу та енергії, тоді як дискове різання більш економічне для малих обсягів через нижчі витрати на інструменти ($0,7\text{--}1,1 \text{ \$/м}^2$). Результати свідчать, що дискове різання доцільне для швидкісного масового виробництва, а алмазно-канатне – для великих блоків, де пріоритетом є економія сировини та екологічність. Дослідження пропонує рекомендації щодо оптимізації технологічних режимів, що сприяють зниженню витрат на $18\text{--}40 \%$ та підвищенню конкурентоспроможності галузі на глобальному ринку.

Ключові слова: дискове різання; алмазно-канатне різання; граніт; енергоефективність; собівартість; швидкість різання; втрати матеріалу; каменеобробка; екологічні вимоги; технологічна оптимізація; промислова ефективність.

Актуальність теми. У сучасному світі натуральний камінь, зокрема граніт, залишається одним із ключових матеріалів у будівництві, архітектурі та дизайні інтер'єрів завдяки своїй міцності, естетичним властивостям та довговічності. Глобальний ринок натурального каменю демонструє стійке зростання: за оцінками, його обсяг збільшився з 42,04 млрд дол. США у 2024 р. до 43,69 млрд дол. США у 2025 р. з середньорічним темпом зростання (CAGR) на рівні $3,9 \%$. Інші прогнози вказують на ще вищі показники, наприклад, зростання до 85,09 млрд дол. США у 2025 р. з подальшим збільшенням до 164,94 млрд дол. США до 2034 р. при CAGR $7,6 \%$. Це зростання зумовлене підвищенням попиту в Азійсько-Тихоокеанському регіоні, Близькому Сході та інших ринках, де натуральний камінь використовується для інфраструктурних проєктів, житлового будівництва та декоративних цілей. У таких умовах ефективна обробка граніту, зокрема його різання, стає критичною для забезпечення конкурентоспроможності промисловості.

Навіщо за умов сучасності потрібно проводити наукові дослідження на тему порівняння дискового та алмазно-канатного різання гранітів? Сьогодення характеризується швидким розвитком технологій обробки каменю, зростанням екологічних вимог та необхідністю оптимізації ресурсів. Традиційне дискове різання (за допомогою кругових пил) та алмазно-канатне різання (diamond wire sawing) є основними методами, але їх ефективність варіюється залежно від параметрів, таких як швидкість, витрати та енергоспоживання. З одного боку, зростання вартості енергії та матеріалів змушує промисловість шукати більш ефективні рішення, оскільки, наприклад, алмазно-канатне різання може зменшити енергоспоживання на 30% для великих блоків порівняно з дисковим. З іншого боку, екологічні виклики, такі як зменшення відходів та шуму, роблять актуальними порівняльні дослідження, оскільки алмазно-канатне різання забезпечує менші втрати матеріалу (керф до $0,5 \text{ мм}$) та нижчий рівень шуму (менше 75 дБ) порівняно з традиційними методами. Крім того, інновації в інструментах, як-от зменшення вартості алмазного канату з $120\text{--}140 \text{ дол. США/м}$ у 2010 р. до $40\text{--}45 \text{ дол. США/м}$ зараз відкривають нові можливості для оптимізації, але вимагають наукового аналізу для адаптації до граніту – матеріалу з високою твердістю та абразивністю.

Що можуть дати практиці результати цих досліджень? Порівняльний аналіз швидкості різання, експлуатаційних витрат, енергоефективності та собівартості дозволить промисловим підприємствам обирати оптимальні методи залежно від масштабів виробництва. Наприклад, для великих блоків алмазно-канатне різання забезпечує вищу енергоефективність та нижчі операційні витрати на воду (15–20 проти 60–80 л/хв для дискового), тоді як дискове може бути економнішим для менших обсягів завдяки нижчим витратам на інструменти (0,67 проти 2,8 дол. США/м²). Результати досліджень сприятимуть зменшенню виробничих витрат на 18–40 %, підвищенню продуктивності (наприклад, через вищі швидкості різання алмазного канату) та покращенню якості продукції, зменшуючи відходи на 10–25 %. Це своєю чергою, посилить конкурентоспроможність компаній на глобальному ринку, сприяючи сталому розвитку галузі.

Підсумовуючи аргументи на користь актуальності цієї тематики, зростання ринку натурального каменю, технологічний прогрес та екологічні вимоги роблять необхідними глибокі порівняльні дослідження методів різання гранітів. Тому дослідження, присвячені порівнянню дискового та алмазно-канатного різання гранітів за критеріями швидкості, витрат, енергоефективності та собівартості, є актуальними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні дослідження, присвячені порівнянню дискового та алмазно-канатного різання гранітів, демонструють значний прогрес у вивченні окремих аспектів цих технологій, проте немає комплексного аналізу за єдиними критеріями. Так робота Konstanty та ін. подає докладний опис механіки різання дротом, продуктивність у межах 0,6–1,5 м²/год та вплив швидкості дроту й глибини різку на зношення [1]. Sydorenko і Mykytenko дослідили дискове різання гранітів різної твердості, встановивши залежність питомого енергоспоживання від діаметра диска, швидкості подачі та глибини різку [2]. Zhang та співавтори ще раніше показали ефективність алмазного дроту у видобутку великих блоків, але наведені дані застарілі, адже обладнання та матеріали суттєво модернізовані [3]. У роботі «Loading of Diamond Wire Saw of Stone Cutting Machine» описано сили та моменти, що діють у системі дроту, проте бракує даних про собівартість та порівняння з дисковими методами [4]. Martínez Verdú та ін. дослідили дискові пили різної товщини та виявили зменшення енергоспоживання на ~10 % під час використання тонкого диска, але без зіставлення з канатним різанням [5]. Інші праці аналізують вплив режимів роботи дроту на собівартість різання [6], проте результати подані в різних одиницях та не дозволяють провести пряме зіставлення. Узагальнюючи можна констатувати, що не вирішеними залишаються такі питання: по-перше, відсутність порівняння швидкості різання в однакових умовах; по-друге, відсутність уніфікованих даних щодо питомих енерговитрат (кВт год/м² або кВт год/м³); по-третє, недостатня калькуляція собівартості з урахуванням усіх складових (інструмент, енергія, робоча сила, відходи); по-четверте, слабка врахованість впливу фізико-механічних властивостей гранітів. Ці прогалини пояснюються як об'єктивними причинами (неоднорідність природного каменю, складність контролю експериментів у промислових умовах, висока вартість комплексних випробувань), так і суб'єктивними факторами (комерційна таємниця, відмінності у підходах дослідницьких груп). У результаті сформувалася загальна невирішена проблема: відсутність систематизованого порівняння дискового та алмазно-канатного різання гранітів за швидкістю, енергоефективністю та собівартістю в однакових умовах, що й визначає потребу у відповідних експериментальних дослідженнях.

Метою дослідження є комплексне порівняння дискового та алмазно-канатного різання гранітів в однакових умовах експерименту з урахуванням швидкості різання, питомих енерговитрат та повної собівартості (інструмент, енергія, робоча сила, охолодження, втрати матеріалу), щоб визначити оптимальні технологічні режими для підвищення ефективності видобутку та переробки блоків природного каменю.

Викладення основного матеріалу. На основі аналізу сучасних наукових публікацій, враховуючи теоретичні моделі та емпіричні дані з експериментів на гранітах різної твердості, проведено порівняння дискового (рис. 1, а) та алмазно-канатного різання. Дані стандартизовано до однакових одиниць: швидкість різання – м²/год, експлуатаційні витрати – \$/м², енергоефективність – кВт год/м², собівартість – \$/м². Основні джерела включають моделі механіки різання, експерименти з багатолезовими пилами та оцінки витрат для промислового застосування.

Дискове різання демонструє вищу швидкість, особливо для багатодискових систем, де показники сягають 3,5 м²/год залежно від властивостей граніту (наприклад, індексу міцності на точкове навантаження PLSI та модуля пружності E). Це пояснюється безперервним контактом інструменту з поверхнею та вищою швидкістю подачі (50–100 мм/с). Алмазно-канатне різання має нижчі значення – 2,25 м²/год, через переривчастий режим контакту та залежність від натягу канату (75,6 Н у моделях). Для малих і середніх блоків дискове різання на 20–100 % швидше, але для великих об'ємів канатне ефективніше завдяки гнучкості та меншим обмеженням по ширині. Теоретичні моделі підтверджують, що максимальна товщина стружки ($h_{\max}$) нижча для канатного методу, що зменшує теплове навантаження, але уповільнює процес.



Примітка: результати узагальнено в таблиці 1, з подальшим обговоренням

а

б

Рис. 1. Каменеобробні верстати: а – дисковий верстат; б – алмазно-канатний верстат

Таблиця 1

Порівняльні характеристики дискового та алмазно-канатного різання гранітів

Показник	Дискове різання	Алмазно-канатне різання
Продуктивність різання, м ² /год	2,0–3,5	0,75–2,25
Експлуатаційні витрати, \$/м ²	0,5–0,8 (знос сегментів); загалом 0,7–1,1	1,5–2,5 (знос канату); загалом 1,6–2,65
Енергоефективність, кВт год/м ²	12–15	6–8
Собівартість, \$/м ²	4,5–5,0	3,0–3,5

Експлуатаційні витрати для дискового різання нижчі (0,7–1,1 \$/м²) насамперед через менший знос алмазних сегментів (0,5–0,8 \$/м²) та вищі витрати на воду (60–80 л/хв). Алмазно-канатне різання дорожче (1,6–2,65 \$/м²) через часті розриви канату (30–40 намистин/м) та вище зношення, але компенсується нижчими витратами на воду (15–20 л/хв) та меншим пилом. Експерименти показують, що абразивність граніту збільшує знос для обох методів різання. Загалом дискове економніше на 30–50 % для інструментів, але канатне зменшує екологічні витрати.

Алмазно-канатне різання енергоефективніше (6–8 кВт год/м²) з нижчими силами різання (3–5 Н) та меншим навантаженням на обладнання, як показано в механічних моделях ($F_N = 3,28$ Н для граніту класу 1). Дискове вимагає 12–15 кВт год/м², з потужністю робочого двигуна до 65 кВт та вищими силами різання (15–20 Н), особливо при глибині різі 12 мм та швидкості подачі 20 м/хв. Збільшення глибини різі (з 3 до 12 мм) подвоює споживання енергії. Канатне різання на 20–50 % ефективніше для великих блоків, сприяючи «зеленому» виробництву, тоді як дискове краще для масового виробництва з високими вимогами до швидкості.

Собівартість для алмазно-канатного різання нижча (3,0–3,5 \$/м²) завдяки меншим втратам матеріалу (4–6 %) та енергії, з вищим виходом блоків (94–96 %). Дискове дорожче (4,5–5,0 \$/м²), з втратами 8–10 % через ширший пропи́л (12,5 мм) та вібрацію інструменту, що вимагає додаткового шліфування (калібрування) заготовок. Для великих об'ємів блоків канатне економніше на 20–30 %, але для малих партій дискове вигідніше через нижчі інструментальні витрати. Моделі показують, що оптимізація глибини та швидкості подачі (наприклад, глибші різі) може зменшити витрати на працю та енергію, роблячи комбіновані схеми перспективними.

Канатні машини здатні розпилювати блоки значної висоти, зазвичай від 1,6 до 2,2 м, і ця величина визначається переважно діаметром привідних коліс або вертикальною відстанню між напрямними шківками, які формують робочий простір для руху алмазного канату. Важливо підкреслити, що така конструктивна особливість дозволяє здійснювати розрізи значної довжини й висоти без істотного впливу на точність, оскільки гнучкість канату компенсує нерівності матеріалу та сприяє рівномірному навантаженню на робочу поверхню. Діаметр алмазного канату (рис. 2, а), який зазвичай становить 6; 8,8 або 10,5 мм, безпосередньо визначає товщину пропи́лу, що коливається у межах 7–12 мм. При цьому слід

ураховувати биття канату, яке за нормального натягу не перевищує ± 1 мм, тому навіть під час різання блоків максимальної висоти відхилення від вертикальності залишається мінімальним і практично не впливає на якість готової продукції.



а



б

Рис. 2. Вигляд алмазного інструменту:

а – канат з алмазними напайками; б – алмазні сегменти для дискової пилки

Інша ситуація спостерігається під час різання каменю дисковим інструментом. Максимальна висота блока в цьому випадку жорстко обмежується діаметром дискової пилки: при діаметрі від 300 мм можливе різання лише блоків висотою близько 120 мм, тоді як найбільші промислові пилки діаметром 3500 мм дозволяють досягти висоти різку до 1400 мм. Це означає, що навіть найбільші дискові верстати поступаються канатним машинам за цим показником, адже вони не можуть працювати з блоками висотою понад 1,4 м. Водночас на точність вертикальності пропилю при дисковому різанні істотно впливає товщина полотна та алмазних сегментів (рис. 2, б). Зі зростанням діаметра диска виникає потреба у збільшенні товщини полотна, щоб забезпечити необхідну жорсткість і зменшити ризик деформацій під час обертання. Це своєю чергою призводить до збільшення товщини пропилю, а також до підвищення енерговитрат процесу. Залежність товщини алмазного сегмента від діаметра пилки наочно показана на рисунку 3: якщо для дисків малого діаметра товщина сегментів становить 3–4 мм, то для діаметрів понад 3 м вона сягає 14–15 мм, що фактично формує ширину пропилю у 16–18 мм з урахуванням додаткового биття полотна. Останнє може досягати ± 3 мм, особливо при роботі з блоками максимальної висоти, що знижує точність і збільшує обсяг відходів. Таким чином, реальна ширина пропилю дисковими пилами значно перевищує аналогічний показник для канатних машин. Якщо порівнювати ці два методи безпосередньо, можна зробити висновок, що канатне різання забезпечує більш стабільну геометрію та менші втрати матеріалу. Наприклад, при висоті блоку 2 м відхилення від вертикальності у випадку канатної машини не перевищує ± 1 мм, тоді як при висоті 1,4 м дискова пилка може давати відхилення до ± 3 мм, що еквівалентно додатковим втратам у кілька відсотків від об'єму блоку.

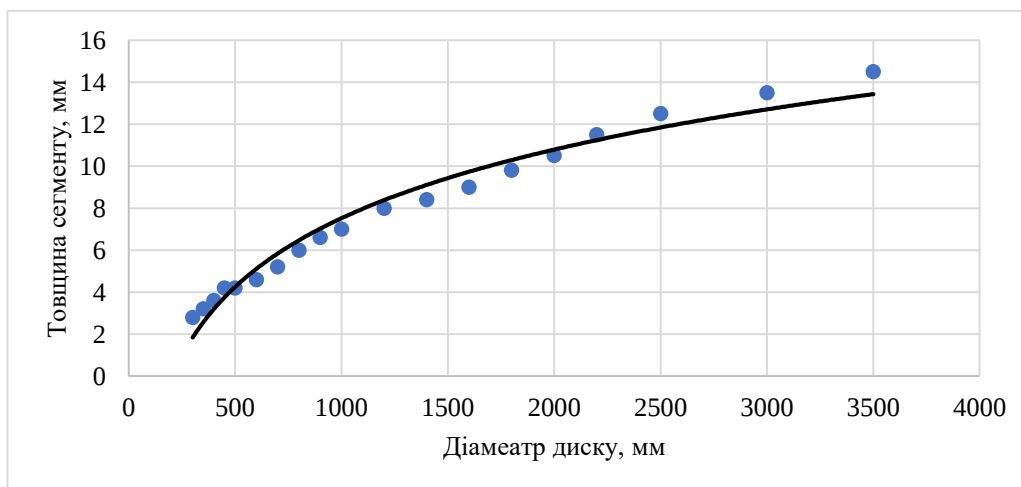


Рис. 3. Залежність товщини сегмента від діаметра диску

Важливо також враховувати конструктивні відмінності алмазного інструменту: канат з алмазними напайками (рис. 2, а) створює вузький і відносно стабільний пропи́л завдяки послідовному контакту окремих намистин з поверхнею каменю, тоді як алмазні сегменти на дисковій пилці (рис. 3, б) працюють у режимі безперервного різання по всій довжині кола, що вимагає більшої товщини сегмента для забезпечення жорсткості та призводить до збільшення ширини пропи́лу. Сукупність цих факторів дає підстави стверджувати, що за умови необхідності розпилювання блоків великої висоти та забезпечення високого виходу готового матеріалу алмазно-канатні машини мають перевагу, тоді як дискові верстати залишаються доцільними для менших блоків, де ключовим критерієм є швидкість, а не економія сировини.

Розрахунки показали, що під час розпилювання блоку шириною 1 м на плити товщиною 20 мм втрати матеріалу залежать насамперед від товщини пропи́лу. Для алмазно-канатного різання зі середньою шириною пропи́лу близько 8 мм вихід становить 70 %, а втрати – 30 %. Для дискового різання з пропи́лом 12,5 мм вихід становить лише 60 %, а втрати – 40 %. Таким чином, канатна технологія забезпечує на 10 % вищий вихід готової продукції за однакових умов, що у промислових масштабах означає істотне підвищення ефективності використання сировини та зниження собівартості. Додатково враховуючи менші відхилення у вертикальності пропи́лу (± 1 мм проти ± 3 мм для диска), можна зробити висновок, що алмазно-канатне різання є більш економічно й технологічно вигідним при виробництві плит стандартної товщини з великих блоків граніту.

Висновки. Порівняння дискового та алмазно-канатного різання гранітів засвідчило, що кожен із методів має власні технічні та економічні переваги, які визначають доцільність їх застосування в різних виробничих умовах. Дискове різання забезпечує вищу швидкість обробки, особливо при роботі з блоками малої та середньої висоти, що робить його ефективним для масового виробництва. Водночас воно характеризується більшими втратами матеріалу через ширший пропи́л (12–18 мм) та значнішими відхиленнями від вертикальності (до ± 3 мм), що підвищує собівартість та потребує додаткової обробки заготовок.

Алмазно-канатне різання є більш енергоефективним (6–8 проти 12–15 кВт год/м² для дискових пил), забезпечує менші втрати матеріалу (близько 30 проти 40 % для дисків під час розпилювання блоку шириною 1 м на плити товщиною 20 мм) та на 10 % вищий вихід готової продукції. Завдяки гнучкості канату та меншому відхиленню від вертикальності (± 1 мм) цей метод дозволяє працювати з блоками висотою понад 2 м та формувати продукцію з високою точністю геометричних параметрів.

Отже, дискове різання доцільно застосовувати для невеликих блоків і виробництва, де ключовим фактором є швидкість. Алмазно-канатна технологія є більш вигідною для великих блоків, оскільки дозволяє знизити собівартість завдяки кращому використанню сировини, підвищенню виходу плит та скороченню енергетичних витрат. У промислових масштабах це забезпечує суттєві економічні переваги та сприяє сталому розвитку каменеобробної галузі.

Список використаної літератури:

1. The mechanics of sawing granite with diamond wire / Z.Konstanty and other // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2021. – Vol. 116. – P. 2591–2597. DOI: 10.1007/s00170-021-07577-3.
2. Sydorenko V. Analysis of specific electricity consumption in disc cutting of granites of various hardness / V.Sydorenko, O.Mykytenko // Віснi Донецького гірничого інституту. – 2025. – № 1. – P. 57–65 [Electronic resource]. – Access mode : <https://jdm1.donntu.edu.ua/en/archive/№1-2025/analysis-of-specific-electricity-consumption-in-disc-cutting-of-various-hardness/>.
3. The Experiment Research of Diamond Wire-Saw in Quarrying Granite with High Efficiency / J.S. Zhang and other // Materials Science Forum. – 2004. – Vol. 471–472. – P. 117–122. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.471-472.117.
4. Sekretov M.V. Loading of Diamond Wire Saw of Stone Cutting Machine / M.V. Sekretov, M.G. Rakhutin // Journal of Mining Science. – 2024. – Vol. 60. – P. 124–132. DOI: 10.1134/S1062739124010149.
5. Design of a thin circular sawblade for natural stone sawing process / F.M. Martínez Verdú and other // Advances in Mechanical Engineering. – 2017. DOI: 10.1177/1687814017730533.
6. Pershin G.D. Analysis of the effect of wire saw operation mode on stone cutting cost / G.D. Pershin, M.S. Ulyakov // Journal of Mining Science. – 2014. – Vol. 50, № 2. – P. 310–318. DOI: 10.1134/S1062739114020148.
7. Вплив режимних параметрів дискової машини на зношення алмазного інструменту / В.В. Мамрай, В.В. Коробійчук, А.О. Криворучко та ін. // Технічна інженерія. – 2020. – Вип. 1 (85). – С. 208–214. DOI: 10.26642/ten-2020-1(85)-208-214.
8. Шлам каменеобробних підприємств: перспективи використання як домішки в керамічній промисловості / В.Коробійчук, І.Леонець, В.Шамрай та ін. // Технічна інженерія. – 2025. – Вип. 1 (95). – С. 138–144. DOI: 10.26642/ten-2025-1(95)-138-144.
9. Інтеграція європейського досвіду оцінки якості природного каменю в Україну / В.В. Коробійчук, Н.П. Кириленко, А.М. Махно та ін. // Технічна інженерія. – 2023. – Вип. 2 (92). – С. 217–224. DOI: 10.26642/ten-2023-2(92)-217-224.

10. Оцінка оптичних показників поверхні природного каменю методом інфрачервоної спектроскопії / В.І. Шамрай, В.В. Коробіичук, І.В. Леонєць // Технічна інженерія. – 2021. – Вип. 1 (87). – С. 169–182. DOI: 10.26642/ten-2021-1(87)-169-182.

References:

1. Konstanty, Z. et al. (2021), «The mechanics of sawing granite with diamond wire», *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 116, pp. 2591–2597, doi: 10.1007/s00170-021-07577-3.
2. Sydorenko, V. and Mykytenko, O. (2025), «Analysis of specific electricity consumption in disc cutting of granites of various hardness», *Visti Donetskoho hirnychoho instytutu*, No. 1, pp. 57–65, [Online], available at: <https://jdm.donntu.edu.ua/en/archive/№1-2025/analysis-of-specific-electricity-consumption-in-disc-cutting-of-granites-of-various-hardness/>
3. Zhang, J.S. et al. (2004), «The Experiment Research of Diamond Wire-Saw in Quarrying Granite with High Efficiency», *Materials Science Forum*, Vol. 471–472, pp. 117–122, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.471-472.117.
4. Sekretov, M.V. and Rakhutin, M.G. (2024), «Loading of Diamond Wire Saw of Stone Cutting Machine», *Journal of Mining Science*, Vol. 60, pp. 124–132, doi: 10.1134/S1062739124010149.
5. Martínez Verdú, F.M. et al. (2017), «Design of a thin circular sawblade for natural stone sawing process», *Advances in Mechanical Engineering*, doi: 10.1177/1687814017730533.
6. Pershin, G.D. and Ulyakov, M.S. (2014), «Analysis of the effect of wire saw operation mode on stone cutting cost», *Journal of Mining Science*, Vol. 50, No. 2, pp. 310–318, doi: 10.1134/S1062739114020148.
7. Mamrai, V.V., Korobiichuk, V.V., Kryvoruchko, A.O. et al. (2020), «Vplyv rezhymnykh parametriv dyskovoi mashyny na znoshennia almaznogo instrumentu», *Tekhnichna inzheneriia*, Issue 1 (85), pp. 208–214, doi: 10.26642/ten-2020-1(85)-208-214.
8. Korobiichuk, V., Leonets, I., Shamrai, V. et al. (2025), «Shlam kameneobrobnykh pidpriemstv: perspektyvy vykorystannia yak domishky v keramichnii promyslovosti», *Tekhnichna inzheneriia*, Issue 1 (95), pp. 138–144, doi: 10.26642/ten-2025-1(95)-138-144.
9. Korobiichuk, V.V., Kyrylenko, N.P., Makhno, A.M. et al. (2023), «Intehratsiia yevropeiskoho dosvidu otsinky yakosti pryrodnoho kameniu v Ukrainu», *Tekhnichna inzheneriia*, Issue 2 (92), pp. 217–224, doi: 10.26642/ten-2023-2(92)-217-224.
10. Shamrai, V.I., Korobiichuk, V.V. and Leonets, I.V. (2021), «Otsinka optychnykh pokaznykh poverkhni pryrodnoho kameniu metodom infrachervonoj spektroskopii», *Tekhnichna inzheneriia*, Issue 1 (87), pp. 169–182, doi: 10.26642/ten-2021-1(87)-169-182.

Мельничук Петро Петрович – доктор технічних наук, професор Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0002-7071-651X>.

Наукові інтереси:

- процеси механічної обробки;
- роботизовані технології.

Леонєць Ірина Володимирівна – доктор філософії, науковий співробітник Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-6572-681X>.

Наукові інтереси:

- відкриті гірничі роботи;
- обробка каменю.

Коваленко Яна Павлівна – доктор філософії, доцент кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-0086-2036>.

Наукові інтереси:

- процеси механічної обробки;
- захисні покриття різальних інструментів.

Микитенко Сергій Вікторович – аспірант кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-4009-4916>.

Наукові інтереси:

- відкриті гірничі роботи;
- обробка природного каменю.

Melnychuk P.P., Leonets I.V., Kovalenko Y.P., Mykytenko S.V.

Disk and diamond-wire sawing of granite: a comparative study for industrial efficiency

The article presents a comprehensive comparative analysis of disk sawing and diamond-wire sawing of granite, focusing on criteria such as cutting speed, energy efficiency, operating costs, and unit cost. The study is conducted in the context of current challenges facing the stone-processing industry, driven by the growing demand for natural stone (the market is expected to rise from USD 42,04 billion in 2024 to USD 43,69–85,09 billion in 2025), stricter environmental requirements, and the need for resource optimization.

The comparison is based on standardized indicators: cutting speed (m^2/h), energy efficiency (kWh/m^2), operating costs ($\$/\text{m}^2$), and unit cost ($\$/\text{m}^2$). Disk sawing demonstrates higher speed (up to $3,5 \text{ m}^2/\text{h}$), particularly for small and medium blocks, due to continuous tool contact and feed rates ($50\text{--}100 \text{ mm/s}$). Diamond-wire sawing ($2,25 \text{ m}^2/\text{h}$) is more efficient for large blocks thanks to the wire's flexibility and smaller kerf thickness ($7\text{--}12 \text{ mm}$ vs. $12\text{--}18 \text{ mm}$ for disks), which reduces material losses (30% vs. 40%) and deviations from verticality ($\pm 1 \text{ mm}$ vs. $\pm 3 \text{ mm}$). The wire method also offers higher energy efficiency ($6\text{--}8 \text{ kWh}/\text{m}^2$ vs. $12\text{--}15 \text{ kWh}/\text{m}^2$) and lower water consumption ($15\text{--}20 \text{ L/min}$ vs. $60\text{--}80 \text{ L/min}$).

The unit cost of wire sawing is lower ($\$3,0\text{--}3,5/\text{m}^2$) due to reduced material and energy losses, while disk sawing is more economical for small-scale production thanks to lower tool costs ($0,7\text{--}1,1 \text{ \$/m}^2$). The results indicate that disk sawing is suitable for high-speed mass production, while diamond-wire sawing is preferable for large blocks where raw material savings and environmental sustainability are priorities. The study also provides recommendations for optimizing technological regimes, leading to cost reductions of $18\text{--}40\%$ and enhancing the competitiveness of the industry in the global market.

Keywords: disk sawing; diamond-wire sawing; granite; energy efficiency; unit cost; cutting speed; material losses; stone processing; environmental requirements; technological optimization; industrial efficiency.

Стаття надійшла до редакції 04.09.2025.