

В.В. Мамрай, ст. викладач
В.В. Коробійчук, д.т.н., доц.
О.М. Толкач, к.т.н., доц.
В.О. Шлапак, к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Дослідження показників очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочної сировини дисковими каменерізними машинами

Кожна технологія видобування блочного природного каменю має свої переваги і недоліки. Перспективними напрямками удосконалення технології видобування блочного каменю є поліпшення невибухових технологій, які не впливають на розвиток техногенних тріщин. У публікації розглянуто нову технологію видобування блочного каменю, яка базується на використанні дискових машин у комплексі з алмазно-канатною машиною. Про запропоновану технологію видобування блочного каменю інформація в літературних джерелах практично відсутня. Однак 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.

У публікації було проведено дослідження показників очікуваних експлуатаційних втрат сировини при видобуванні блочної сировини дисковими каменерізними машинами з метою порівняння з існуючими технологіями видобування. Така технологія передбачає видобуток природного каменю підступами висотою 1,2–1,3 м, що виключає операцію завалювання моноліту. Це суттєво впливає на техногенні втрати природного каменю, які виникають в результаті динамічних навантажень. Запропонована технологія видобутку потребує менше технологічного обладнання за рахунок виключення операції завалювання моноліту. В публікації з'ясовано, що нова технологія видобутку має менші втрати, порівняно з поточною технологією, на Покостівському родовищі гранодіоритів (ділянка «Максимова гора»).

Ключові слова: природний камінь; дискові машини; блочний камінь; експлуатаційні втрати сировини.

Актуальність. Природний камінь є цінним декоративно-облицювальним і оздоблювальним матеріалом. За останні роки надзвичайно зросли вимоги покупців до якості та форми блоків із високоміцних порід природного каменю. Це обумовлено, передусім, підвищенням вартості транспортних перевезень. На даний час, при перевезенні блоків неправильної форми або невеликих розмірів, транспортні витрати вже не завжди виправдані. Тому сьогодні українським каменедобувним підприємствам ставлять вимоги як до якості самого каменю, так і до лінійних розмірів та форми блоків. Це змушує вітчизняні кар'єри змінювати і поліпшувати технологію видобування природного каменю, впроваджувати ефективні технологічні комплекси та всебічно досліджувати масив родовища. Саме тому в даній публікації розглядається нова технологія видобутку природного каменю за допомогою дискових машин. Така технологія набуває розвитку на блочних кар'єрах з видобутку мармурів у Китаї та має перспективи використання на гранітних кар'єрах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спираються автори. При розробці родовищ природного каменю найбільш сприятливим є наявність системи трьох взаємно перпендикулярних тріщин. Це дозволяє виконувати виймання блоків правильної геометричної форми. При плануванні гірничо-видобувних робіт на кар'єрах декоративного каменю основоположним є тріщинуватість масиву, розміри блоків, що видобуваються, фізико-механічні властивості каменю. І вже залежно від цих факторів планується напрямок фронту гірничих робіт, висота уступів, обладнання для видобування та транспортування [1–9].

Виробничі процеси на кар'єрах ведуться в однаковій послідовності: підготовка порід до виймання, виймання та навантаження, транспортування і обробка. Питанням технології розробки родовищ природного каменю присвячені роботи [10–18].

Більшість сучасних досліджень стосуються алмазно-канатної технології видобування, але технологія видобування блоків дисковими машинами залишається маловивченою.

Постановка завдання полягає у необхідності розробки технології видобування блочної сировини дисковими каменерізними машинами.

Викладення основного матеріалу. Розрахунок експлуатаційних втрат розраховувався в умовах Покостівського родовища гранодіоритів (ділянка «Максимова гора»). Об'єм промислових запасів цього родовища становить 181,224 тис. м³.

До експлуатаційних втрат належать втрати при бурінні свердловин, різанні щілин, бурінні шпурів на відокремлення моноліту від масиву, втрати при бурінні шпурів з розділення і пасирування моноліту на блоки.

На кар'єрі використовують алмазно-канатну технологію для відокремлення монолітів від масиву. Моноліти розділяють на блоки за допомогою буро-клинової технології.

Експлуатаційні втрати корисної копалини за діючою технологією видобування показано в таблиці 1.

Таблиця 1

Експлуатаційні втрати корисної копалини за діючою технологією видобування

Назва втрат	Показник
Втрати при бурінні свердловин	157,8 м ³
Втрати при різанні щілин	1176,9 м ³
Втрати при бурінні шпурів на відокремлення моноліту від масиву	235,7 м ³
Втрати при бурінні шпурів з розділення і пасирування моноліту на блоки	1064,0 м ³
Загальні експлуатаційні втрати	2634,4 м ³

Експлуатаційні втрати при видобутку за існуючою технологією становитимуть 1,45 %.

В результаті проведеного аналізу були встановлені частки експлуатаційних витрат сировини залежно від виду робіт (рис. 1).

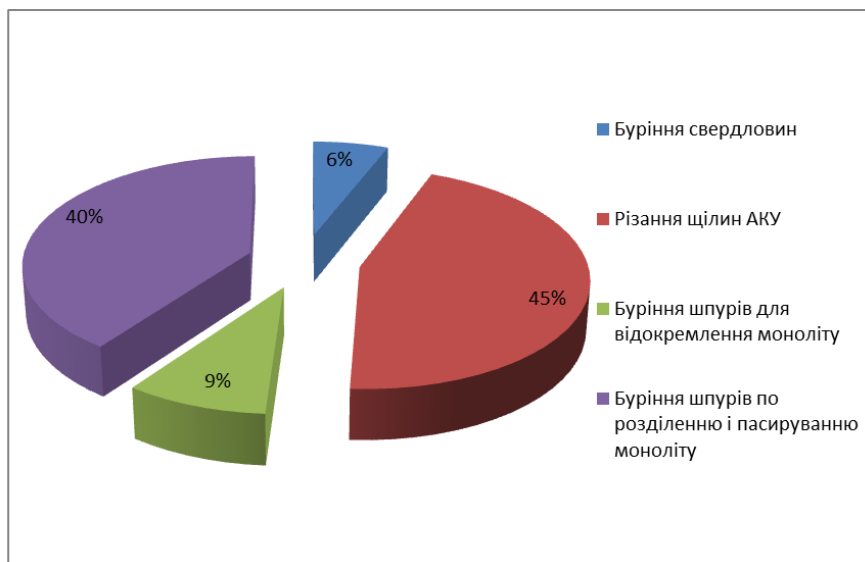


Рис. 1. Співвідношення між видами експлуатаційних витрат сировини при діючій технології видобування

Останнім часом широкого поширення набуває технологія видобування блочного каменю дисковими машинами. Дана технологія була розроблена в Китаї. Технологія видобування дисковими машинами передбачає відокремлення монолітів від масиву гірських порід дисковою каменерізною машиною з подальшим виколуванням блоків можливих об'ємів. При цьому розробка корисної копалини проводиться підступами по 1,2 м, що обумовлено технічними характеристиками каменерізної машини.

Найбільш оптимальними (мінімальними) параметрами моноліту для подальших розрахунків приймається моноліт довжиною 15,0 м та шириною 3 м при його висоті 1,2 м. Об'єм такого моноліту становить 54 м³.

Технологія відокремлення монолітів містить такі операції:

1) утворення двох вертикальних відрізних щілин (щільовий вруб) глибиною 1,2 м вповдовж фронту робіт – 15,0 м на відстані 3 м одна від одної за допомогою каменерізної машини з дисковою пилкою Ø 2,6 м з подальшим дорізанням пилкою діаметром 3,5 м;

2) буріння вертикальних шпурів Ø 32,0–50,0 мм по крайовим точкам (кутам) моноліту перфоратором У-28 для зрізання гострої кромки;

- 3) заведення алмазного канату в щілини по периметру основи моноліту для підрізання підшови;
- 4) утворення горизонтальної відрізної щілини в підшві наміченого моноліту за допомогою алмазно-канатної машини ZSJ-45G (підрізання підшови);
- 5) утворення вертикальної стрічки шпурів $\varnothing 32,0$ мм при відстані між центрами шпурів 15,0–20,0 см на ширину моноліту по лінії наміченого відколу буровою установкою TAMROCK Commando-100 Q, SANDVIK DC121R, верстатом стрічкового буріння з перфоратором Y-28 або аналогічними;
- 6) безпосереднє відокремлення моноліту від масиву за допомогою металевих клинків.

Розділення відокремленого моноліту об'ємом 54 м^3 , буде проводитися на 10 менших частин (блоків), об'ємом до $5,4 \text{ м}^3$ ($1,2 \times 1,5 \times 3,0 \text{ м}$), шляхом буріння шпурів $\varnothing 32,0$ мм при відстані між центрами шпурів $15,0 \div 20,0$ см на ширину моноліту буровою установкою TAMROCK Commando-100Q, SANDVIK DC121R, верстатом стрічкового буріння з перфоратором Y-28 по лініях можливого отримання товарних блоків необхідних розмірів, з подальшим використанням металевих клинків.

Відокремлені від масиву моноліти (блоки) завалюються на підшову уступу, на м'яку основу із дрібних відходів від видобутку блоків та б/в шин. Завалення, відвантаження і транспортування монолітів (блоків) на склад готової продукції здійснюється колісним фронтальним навантажувачем CAT 980G.

Рекомендується впровадити в умовах ТОВ «Гіопол» на Покостівському родовищі гранодіориту (ділянка «Максимова Гора») технологічну схему видобування блоків, представлену на рисунку 2.

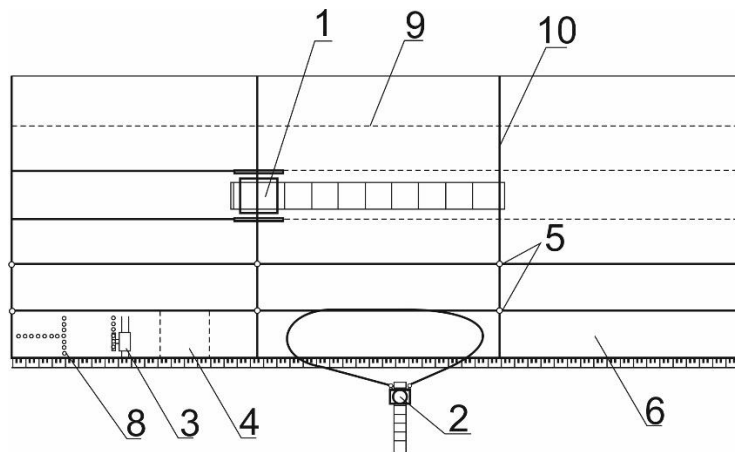


Рис. 2. Технологічна схема видобування блоків за допомогою дискової каменерізної машини Hualong HKYS-3500-B та алмазно-канатної машини ZSJ-45G: 1 – дискова каменерізні машина Hualong HKYS-3500-B; 2 – алмазно-канатна машина ZSJ-45G; 3 – верстат стрічкового буріння з перфоратором Y-28; 4 – проектні габарити (довжина та ширина) блока; 5 – шпури $\varnothing 32,0$ – $50,0$ мм, пробурені перфоратором Y-28; 6 – моноліт; 7 – проектні габарити (довжина та ширина) моноліта; 8 – стрічка шпурів; 9 – лінія поздовжнього пропилу щілини; 10 – лінія поперечного пропилу щілини

Експлуатаційні втрати корисної копалини за технологією видобування дисковими машинами наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Експлуатаційні втрати корисної копалини за допомогою дискової каменерізної машини

Назва втрат	Показник
Втрати при бурінні шпурів (для зрізання гострої кромки)	$33,3 \text{ м}^3$
Втрати при різанні щілин	$1828,5 \text{ м}^3$
Втрати при бурінні шпурів по розділенню і пасировці моноліту на блоки	$540,2 \text{ м}^3$
Загальні експлуатаційні втрати при виконанні видобувних робіт становитимуть:	2402 м^3

У результаті проведеного аналізу були встановлені частки експлуатаційних витрат сировини залежно від виду робіт (рис. 3).

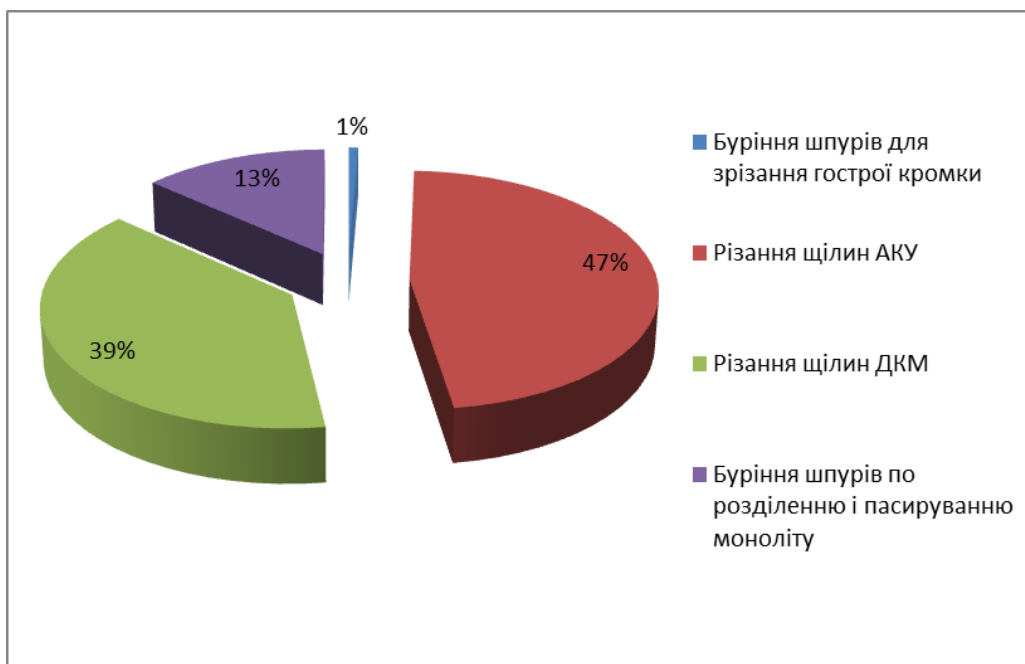


Рис. 3. Очікувані співвідношення між видами експлуатаційних втрат при впровадженні дискової каменерізної машини Hualong HKYS-3500-B

Проведені розрахунки показують, що при реалізації технології видобування блоків із застосуванням дискової каменерізної машини в цілому експлуатаційні втрати сировини становитимуть 1,32 %. При цьому очевидним буде цілий ряд переваг:

- підвищиться продуктивність по видобуванню блоків до 1,5 разів за рахунок підвищення продуктивності по нарізанню щілин дисковою каменерізною машиною;
- підвищиться якість блочної сировини, яка буде відповідати вимогам міжнародних стандартів;
- зменшиться енергоємність процесу видобування та збільшиться коефіцієнт надійності обладнання за рахунок впровадження дискової каменерізної машини;
- зменшиться собівартість видобування блоків за рахунок застосування дешевшого алмазного інструменту на дискових каменерізних машинах, порівняно із алмазно-канатними установками;
- підвищиться продуктивність в управлінні якістю сировини за рахунок зменшення часу на фазу відбраковки блочної сировини.

Висновки. Аналіз системи розробки Покостівського родовища граніту (ділянка «Максимова Гора») показав, що наявний комбінований спосіб видобування не є оптимальним. У процесі видобування утворюється велика кількість відходів сировини, а вихід блоків за своїми якісними критеріями у своїй більшості не підходить для умов та стандартів європейського ринку.

Проведені розрахунки показують, що при реалізації технології видобування блоків із застосуванням дискової каменерізної машини в цілому експлуатаційні втрати сировини становитимуть 1,32 %.

Список використаної літератури:

1. Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods / V.Korobiichuk, V.Shamrai, V.Levytskyi, R.Sobolevskyi // Rudarsko-geološko-naftni zbornik. – 2018. – Vol. 33, №4. – P. 15–21.
2. Визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт при видобуванні блоків з природного каменю / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Р.В. Соболевський, О.В. Камських та ін. // Вісник ЖДТУ. – 2016. – № 3 (78). – С. 150–163.
3. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control / R.Sobolevskyi, V.Korobiichuk, S.Iskov and other // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 6 (3). – С. 32–40.
4. Levytskyi V. The optimization of technological mining parameters in quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement / V.Levytskyi, R.Sobolevskyi, V.Korobiichuk // Rudarsko-geološko-naftni zbornik. – 2018. – № 2. – P. 83–89.
5. Криворучко А.О. Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовищ / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, С.С. Іськов // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 4 (63). – С. 190–202.
6. Проектування каменеобробних підприємств : навч. посібник / С.С. Іськов, В.В. Коробійчук, В.Г. Кравець, Р.В. Соболевський та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2019. – 248 с.

7. European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine / V.V. Korobiichuk, O.M. Sidorov, R.V. Sobolevskiy, V.O. Shlapak // Вісник ЖДТУ. – 2017. – № 1 (79). – С. 182–190.
8. Shamrai V.I. Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine / V.I. Shamrai, V.V. Korobiichuk, R.V. Sobolevskiy // Вісник ЖДТУ. – 2017. – № 2 (80). – С. 234–239.
9. Коробіичук В.В. Обґрунтування лінійних розмірів блоків природного каменю залежно від вимог споживачів / В.В. Коробіичук // Вісник ЖДТУ. – 2015. – № 4 (75). – С. 123–129.
10. Виймально-навантажувальні роботи на кар'єрах : навч. посібник / В.В. Коробіичук, В.Г. Кравець, С.С. Іськов та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2017. – 440 с.
11. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods / I.Korobiichuk, V.Korobiychuk, M.Nowicki and other // Construction & Building Materials. – 2016. – Vol. 114. – P. 241–247.
12. Korobiichuk V. Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures / V.Korobiichuk // International Conference on Systems, Control and Information Technologies. – Springer International Publishing, 2016. – P. 653–658.
13. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material / R.Sobolevskiy, N.Zuievskaya, V.Korobiichuk, O.Tolkach and other // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Issue 5/3 (83). – P. 21–29.
14. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control / R.Sobolevskiy, V.Korobiichuk, S.Iskov, I.Pavliuk and other // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 6/3 (84). – P. 32–40.
15. Коробіичук В.В. Дослідження шляхів мінімізації витрат при буровибуховому способі видобування блоків декоративного каменю / В.В. Коробіичук, Р.В. Соболевський, О.А. Зубченко // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир. – 2006. – № 4 (39). – С. 301–308.
16. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material / R.Sobolevskiy, N.Zuievskaya, V.Korobiichuk and other // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 5/3 (83). – P. 21–29.
17. Investigation of leznikovskiy granite by ultrasonic methods / I.Korobiichuk, V.Korobiichuk, P.Hájek, P.Kokeš and other // Archives of Mining Sciences. – 2018. – Vol. 63. – P. 75–82.
18. Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads / V.Korobiichuk, V.Kravets, R.Sobolevskiy, A.Han and other // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – № 2/5 (92). – P. 20–25.

Reference:

1. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Levytskyi, V. and Sobolevskiy R. (2018), «Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods», *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Vol. 33, No. 4, pp. 15–21.
2. Kryvoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V., Sobolevskiy, R.V., Kams'kyh, O.V. and other (2016), «Vyznachennja optymal'nogo naprjamku vedennja girnychyh robot pry vydobuvanni blokiv z pryrodnoho kamenju», *Visnyk ZhDTU*, No. 3 (78), pp. 150–163.
3. Sobolevskiy, R., Korobiichuk, V., Iskov, S. and other (2016), «Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control», *Vostochno-Evropskyj zhurnal peredovykh tehnologij*, No. 6 (3), pp. 32–40.
4. Levytskyi, V., Sobolevskiy, R. and 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*, No. 2, pp. 83–89.
5. Kryvoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V. and Is'kov S.S. (2012), «Rozrobka uzagal'nenoi' metodyky geometryzacji' masyviv pryrodnoho kamenju z metodu otrymannja kompleksnoi' modeli rodovyshh», *Visnyk ZhDTU*, No. 4 (63), pp. 190–202.
6. Is'kov, S.S., Korobijchuk, V.V., Kravec', V.G. and Proektuvannja R.V. (2019), *kameneobrobnyh pidprijemstv, navch. posibnyk, ZhDTU, Zhytomyr*, 248 p.
7. Korobiichuk, V.V., Sidorov, O.M., Sobolevskiy, R.V. and Shlapak V.O. (2017), «European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine», *Visnyk ZhDTU*, No. 1 (79), pp. 182–190.
8. Shamrai, V.I., Korobiichuk, V.V. and Sobolevskiy, R.V. (2017), Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine, *Visnyk ZhDTU*, No. 2 (80), pp. 234–239.
9. Korobijchuk, V.V. (2015), «Obgruntuvannja liniynih rozmiriv blokiv pryrodnoho kamenju zalezno vid vymog spozhyvachiv», *Visnyk ZhDTU*, No. 4 (75), pp. 123–129.
10. Korobijchuk, V.V., Kravec', V.G., Is'kov, S.S. and other (2017), *Vyjmal'no-navantazhuval'ni roboty na kar'jerah, navch. posibnyk, ZhDTU, Zhytomyr*, 440 p.
11. Korobiichuk, I., Korobiychuk, V., Nowicki M. and other (2016), «The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods», *Construction & Building Materials*, Vol. 114, pp. 241–247.
12. Korobiichuk, V. (2016), «Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures», *International Conference on Systems, Control and Information Technologies*, Springer International Publishing, pp. 653–658.
13. Sobolevskiy, R., Zuievskaya, N., Korobiichuk, V., Tolkach, O. and other (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*, Vol. 5/3 (83), pp. 21–29.

14. Sobolevskiy, R., Korobiichuk, V., Iskov, S., Pavliuk, I. and other (2016), «Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6/3 (84), pp. 32–40.
15. Korobijchuk, V.V., Sobolevs'kyj, R.V. and Zubchenko, O.A. (2006), «Doslidzhennja shljahiv minimizacii' vytrat pry burovybuhovomu sposobi vydobuvannja blokiv dekoratyvnogo kamenja», *Visnyk ZhDTU. Tehnichni nauky*, No. 4 (39), Zhytomyr, pp. 301–308.
16. Sobolevskiy, R., Zuievska, N., Korobiichuk, V. and other (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*, Vol. 5/3 (83), pp. 21–29.
17. Korobiichuk, I., Korobiichuk, V., Hájek, P., Kokeš, P. and other (2018), «Investigation of leznikovskiy granite by ultrasonic methods», *Archives of Mining Sciences*, Vol. 63, pp. 75–82.
18. Korobiichuk, V., Kravets, V., Sobolevskiy, R., Han, A. and other (2018), «Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 2/5 (92), pp. 20–25.

Мамрай Василь Васильович – старший викладач Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- видобування блочного каменю;
- відкрита розробка родовищ корисних копалин.

Коробійчук Валентин Вацлавович – доктор технічних наук, доцент Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- вибухові роботи;
- відкрита розробка родовищ корисних копалин.

Толкач Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- геометризація родовищ корисних копалин;
- відкриті гірничі роботи.

Шлапак Володимир Олександрович – кандидат технічних наук, доцент Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- гірничий транспорт;
- відкриті гірничі роботи.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2019.