

В.Г. Кравець, д.т.н., проф.**А. Шукюров, аспір****К.Ю. Вахрушев, магістрант***Національний технічний університет України**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***А.В. Панасюк, к.т.н., доц.****А.Ю. Барановський, аспір.***Житомирський державний технологічний університет*

Оцінка ефективності руйнування гідромолотом негабаритів природного каменю

Досвід ведення гірничих робіт показує, що навіть при застосуванні прогресивних способів ведення буропідричних робіт не вдається повністю виключити вихід великої фракції (негабаритів). Відсоток виходу негабаритів від підірваної маси в залежності від гірничо-геологічних умов може змінюватися від 5 до 20 відсотків. Попадання негабаритного шматка в приймальну цілину головної дробарки пов'язане із зупинкою всього технологічного ланцюжка підприємства. Захаращення негабаритним шматками робочого майданчика при веденні видобувних або розкривних робіт спричиняє зниження ефективності ведення гірничих робіт.

Дроблення негабаритів до необхідних розмірів може здійснюватися вибуховим способом (шпуровим методом або накладними зарядами), або невибуховими способами, більшість яких заснована на механічному руйнуванні під дією локальних динамічних навантажень, що викликають напруження, що перевищують опір внутрішніх зв'язків в породі. До теперішнього часу виробниками пропонується безліч типів ударних механізмів, заснованих на перетворенні різних видів енергії (від гравітаційної, до енергії хімічних процесів) в механічну. В силу ряду причин, в основному економічних, до теперішнього часу найбільш поширеним способом є механічний спосіб руйнування негабаритів з використанням гідравлічних і гідропневматичних молотів. Саме тому в роботі розглядаються основні чинники, що впливають на продуктивність гідромолоту, серед яких – питома енергоємність руйнування негабариту та основні параметри паспорту роботи гідромолоту на базі екскаватора. В публікації було встановлено степеневу закономірність зміни продуктивності гідромолоту в залежності розміру негабариту. Також в роботі визначено основні параметри паспорту роботи екскаватора JCB JS235 HD із застосуванням гідромолоту INDECO HP 1500.

Ключові слова: негабарит; гідро молот; продуктивність; радіус черпання; маса екскаватора.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями. В останні роки все ширше став розвиватися відносно новий напрямок у розвитку технічних засобів механічного подрібнення – гідравлічні машини ударної дії.

Незважаючи на підвищення ефективності масових вибухів скельних і напівскельних гірських порід, об'єми гірських порід, що підлягають вторинному дробленню, залишаються великими у зв'язку зі зростанням видобування корисних копалин. Так, на гранітних кар'єрах середній вихід негабаритів розміром 1,2 м і більше (негабарит для дробарок) становить 20–30 % [1].

Для розміщення негабаритів доводиться займати площі вибоїв, що утрудняє ведення гірських робіт, особливо при заглибленні кар'єрів; наявність негабаритних кусків призводить до погіршення якості підготовки гірничої маси, зниженню продуктивності екскаваторного обладнання і, наостанок, підвищенню собівартості видобування корисних копалин.

Негабарити відрізняються мінливістю фізико-механічних властивостей (щільність, міцність, крихкість тощо), форм, розмірів і т. д., що визначає складність вибору технічних засобів для руйнування негабаритів, з одного боку, і низьку ефективність їх використання з іншого боку.

Підвищення ефективності руйнування негабаритів може бути досягнуто при певній комбінації параметрів як зовнішнього силового впливу, так і породоруйнівного інструменту, який відповідає характеристикам негабариту. Одним з основних напрямків інтенсифікації гірських робіт є концентрація виробництва за рахунок підвищення одиничної потужності обладнання. На відкритих гірничих роботах, збільшення параметрів буровибухових робіт (діаметра вибухових свердловин, відстані між свердловинами тощо) приводить до росту об'ємів вторинного дроблення гірських порід при одночасному зростанні розмірів негабаритів. Це, у свою чергу, потребує створення високопродуктивних технічних засобів для руйнування негабаритів.

З огляду на те, що значна частина корисних копалин залягає в умовах, економічно вигідних для відкритої розробки, проблема інтенсифікації робіт із вторинного дроблення гірських порід набуває винятково важливого значення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спирається автор. Дослідженням руйнування негабаритів займалися В.В. Коробійчук, В.І. Шамрай, О.А. Зубченко [11, 14–16], в роботах яких багато уваги приділено формуванню різних кондиційних шматків за об'ємом в залежності від часу та питомої енергоємності руйнування негабаритів. У працях Р.Ш. Набіуліна [2, 12] вивчена конструкція робочого органу гідромолоту, конструктивні і режимні параметри обладнання для вторинного дроблення гірських порід та негабаритних блоків. Удосконалення способів механічного руйнування негабаритів природного каменю розглянуто в роботах [5-8].

Крім параметрів обладнання та способів руйнування негабаритів природного каменю, в роботах [8-10] досліджено й властивості матеріалу, що руйнується, що є не менш важливим при руйнуванні гірських порід гідромолотом. Також в працях [3, 16] було експериментально досліджено процеси руйнування негабаритів ударами, що дають можливість для подальшого розроблення нових способів механічного руйнування негабаритів на кондиційні шматки, розроблення нових методик руйнування негабаритів для певних гірничотехнічних умов, із врахуванням фізико-технічних властивостей гірських порід. Дослідження [4, 13] показують, що ефективно руйнування негабаритів із заданими розмірами і фізико-механічними властивостями забезпечується при збільшенні енергії одиничного удару. На ефективність руйнування гранітів також впливають анізотропія каменю, тріщинуватість та інші характеристики, які досліджено в роботах [17–28].

Відповідно до аналізу попередніх досліджень, недостатня увага приділялась дослідженню продуктивності гідромолотів та параметрів роботи екскаватора з використанням гідромолоту, що безпосередньо впливають на його продуктивність.

Постановка завдання. Метою роботи є оцінка впливу технологічних параметрів гідромолоту на його продуктивність.

Викладення основного матеріалу. На продуктивність руйнування негабаритів гідромолотом впливає багато різних чинників. Основними досліджуваними у роботі чинниками, які впливають на продуктивність гідромолоту є:

- питома енергоємність руйнування негабариту;
- ефективний радіус екскаватора при руйнуванні негабариту, при якому гідромолот має максимальну притискну силу, за рахунок ваги рукояті;
- ударний імпульс визначає основний фізичний критерій процесу руйнування – питому силу удару, тобто напругу при ударному впливі.

Притискання гідромолоту до негабаритного шматка породи за допомогою гідроциліндрів робочого обладнання здійснюється так, щоб рівнодіюча сила притискання була спрямована уздовж осі молота, що зменшує радіус роботи екскаватора і складає $0,8-0,7R_{ч,max}$. Аналіз робочих параметрів черпання кар'єрних екскаваторів з оберненою лопатою дозволив встановити залежність радіуса черпання екскаватора від маси екскаватора (рисунку 1).

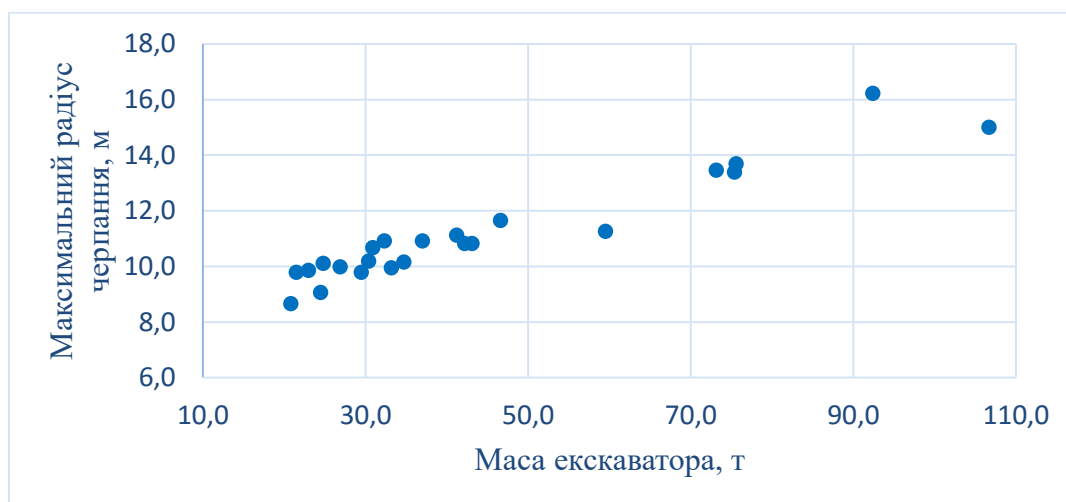


Рис. 1. Залежність радіуса екскаватора від маси екскаватора

Найбільшого поширення на щебневих кар'єрах набули екскаватори, які на мають масу 16–27 т та максимальний радіус черпання 9–11 м.

Було проведено ряд експериментів на Березівському родовищі гранітів, які пов'язані з особливостями руйнування негабаритів із застосуванням гідромолота INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD. В результаті експерименту було визначено, що найбільш ефективним є дроблення негабаритів під прямим кутом (90°) щодо гідромолота, оскільки при іншому положенні гідромолота ним здійснюється косий удар і спостерігається несприятливі його режими роботи – простріл (холостий удар) або бічний відскік. Продуктивність руйнування негабаритів залежить як і від технічних параметрів гідромолота, так і від характеристик екскаватора, що використовується в якості на продуктивність дроблення негабариту впливає ширина заходки, оскільки при великій ширині заходки екскаватору потрібен час на займання робочої позиції. Оптимальна величина ширини заходки визначається технічними характеристиками екскаватора.

При розкладенні негабаритів частково в навал гідромолот за 10 годин зруйнував 543 негабаритів. Його середня продуктивність складає 54,3 негабарит за годину. При рівномірному розкладенні негабаритів гідромолот зруйнував 630 негабаритів, тому його середня продуктивність складає 63 негабарити за годину. При цьому об'єм негабаритів коливався в межах від 0,3 до 2,6 м³.

Дроблення одного негабаритного шматка породи здійснюється [3, 4, 10] приблизно за 10–12 ударів гідроударної установки. Гідроударна установка може виконати 420–1000 ударів за хвилину, це означає, що для руйнування одного негабариту потрібно затратити 2–3 секунди. Продуктивність гідроударної установки умовно можливо визначити за формулою:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р.нег}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{вст.у}}, \text{ хв.}, \quad (1)$$

де $t_{\text{р.нег}}$ – час, який затрачається на руйнування одного негабариту, в залежності від відстані між негабаритами складає від 8–300 с;

$t_{\text{пер}}$ – час, який затрачається на пересування гідроударної установки, с;

$t_{\text{вст.у}}$ – час, який затрачається на встановлення гідроударної установки на негабарит, в залежності від кваліфікації оператора гідроударної установки може складати від 10–60 с.

При рівномірному розкладенні негабаритів, час на виконання допоміжних операцій буде меншим ніж при розкладенні негабаритів в навал, оскільки при розкладенні негабаритів в навал втрачається час на переміщення негабариту для ефективного його дроблення або витіснення з поміж інших кондиційних шматків породи. Рівномірне розкладення негабаритів характеризується більшими розмірами робочого майданчику, тому час для переїзду машини буде більшим ніж при дробленні негабаритів в навалі.

Експериментально була визначена продуктивність гідромолота INDECO HP 1500 при розкладенні негабаритів в навал частково (рисунку 2) та рівномірному розкладенні негабаритів (рисунку 3) в залежності від об'єму негабаритів.

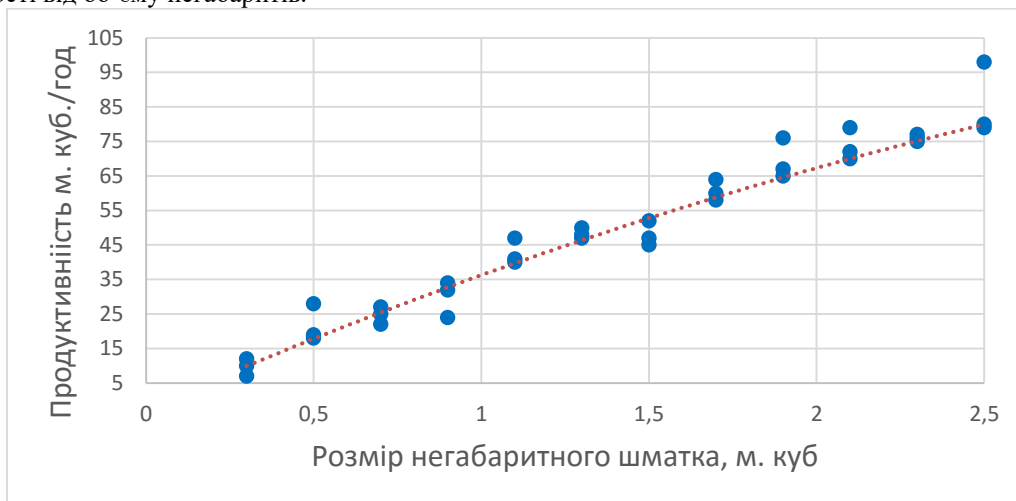


Рис. 2. Залежність продуктивності гідромолота INDECO HP 1500 від об'єму негабариту при розкладенні негабаритів в навал

Залежність продуктивності від об'єму можна описати наступною формулою:

$$E = -3,9V^2 + 42,7V + 2,6 \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (2)$$

де V – об'єм негабариту, м³.

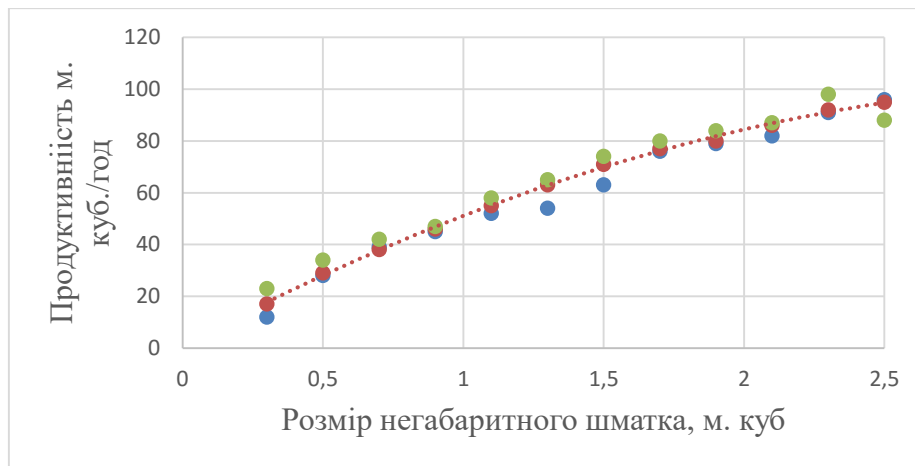


Рис. 3. Залежність продуктивності гідромолота INDECO HP 1500 від об'єму негабариту при розкладенні негабаритів рівномірно

Залежність продуктивності від об'єму можна описати наступною формулою:

$$E = -8,4V^2 + 58,7V + 0,83 \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (3)$$

де V – об'єм негабариту, м³.

Збільшення продуктивності в другому випадку пояснюється тим, що оператор бутобою не витрачає час на перекладення негабаритних шматків з місця на місце.

Висновки. В результаті проведеного дослідження було виявлено наступне:

1. Залежність змінної продуктивності гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD від ширини розвалу негабаритів частково в навал на Березівському родовищі описується квадратичними функціями.

2. Встановлено, що збільшення заходки екскаватора з 10 до 15 м призводить до зменшення продуктивності, це пояснюється тим, що збільшення заходки бутобою призводить до зменшення точності позиціонування робочого інструмента над негабаритним шматком.

3. Негабарити найчастіше руйнуються в три або в чотири стадії. Для другої стадії ефективно руйнування відбувається до 45 секунд, при цьому об'єм утворених шматків складає – 0,25 куб. м; для третьої до 64 секунди, об'єм утворених шматків складає – 0,3 куб. м.

Список використаної літератури:

1. *Набиуллин Р.Ш.* Анализ и разработка конструктивной схемы оборудования для вторичного дробления горных пород : дис. ... канд. наук : спец. 05.05.06 / *Р.Ш. Набиуллин.* – Екатеринбург, 2008. – 105 с.
2. *Набиуллин Р.Ш.* Обзор способов дробления негабаритов : сб-к докладов II международной научнотехнической конференции. Чтения памяти *В.Р. Кубачека* / *Р.Ш. Набиуллин* // Нетрадиционные технологии и оборудование для разработки сложно-структурных месторождений полезных ископаемых. – Екатеринбург : УГГУ, 2005. – С. 29–38.
3. *Набиуллин Р.Ш.* Новые технические решения для разрушения негабаритов в условиях карьеров / *Р.Ш. Набиуллин* // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 6. – С. 251–252.
4. *Коробійчук В.В.* Дослідження впливу технологічних параметрів гідромолоту DAEWOO DOOSAN на його продуктивність / *В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко, В.І. Шамрай* // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков : Технологический центр, 2014. – Вып. № 2/7 (68). – С. 41–46.
5. Виймально-навантажувальні роботи на кар'єрах : навч. посібник / *В.В. Коробійчук, В.Г. Кравець, С.С. Іськов, Р.В. Соколовський, А.О. Криворучко, О.М. Толкач, В.О. Шлапак.* – Житомир : ЖДТУ, 2017. – 440 с.
6. *Данилов А.В.* Определение работы на разрушение горных пород при локальном динамическом нагружении : сб-к докладов III международной научно-технической конференции. Чтения памяти *В.Р. Кубачека* / *А.В. Данилов* // Нетрадиционные технологии и оборудование для разработки сложно-структурных МПИ. – Екатеринбург : УГГУ, 2005. – С. 46–49.
7. *Андреев В.Д.* Исследование влияния угла заострения инструмента на процесс взаимодействия с породой. Горный породоразрушающий инструмент : сб-к / *В.Д. Андреев, А.И. Бочковский, С.И. Скляр.* – Киев : Техника, 1970.
8. *Ватолін Е.С.* К вопросу отражения, преломления и фокусирования ударных волн в горных породах / *Е.С. Ватолін.* – М. : Научные сообщения ИГД АН СССР, 1967. – № 37.
9. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods / *I.Korobiiichuk, V.Korobiyuchuk, M.Nowicki, V.Shamrai, G.Skyba, R.Szewczyk* // Construction & Building Materials. – 2016. – Vol. 114. – Pp. 241–247.

10. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing / V.Korobiichuk, V.Shamrai, O.Izumova, O.Tolkach, R.Sobolevskiy // Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 4 (5 (82)). – Pp. 52–57.
11. Зубченко О.А. Вплив часу руйнування негабаритів на продуктивність гідромолота DAEWOO DOOSAN DXB 90 на Сабарівському родовищі гранітів / О.А. Зубченко, В.І. Шамрай // VI Международная научно-техническая конференция «Энергетика. Экология. Человек». – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – С. 21–24.
12. Набиуллин Р.Ш. Анализ существующих способов дробления негабаритов / Р.Ш. Набиуллин // Горные машины и автоматика. – 2005. – № 3. – С. 41–44.
13. Барон Л.И. Определение энергоемкости разрушения образцов горных пород ударными нагрузками / Л.И. Барон, Р.В. Орлов, В.М. Курбатов // Горный журнал. – 1959. – № 12.
14. Коробійчук В.В. Дослідження впливу часу руйнування негабаритів на об'єм утворених кондиційних шматків / В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко, В.І. Шамрай // Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки. – 2014. – № 3 (70). – С. 134–139.
15. Коробійчук В.В. Дослідження впливу характеристик гідрударних установок на їх продуктивність / В.В. Коробійчук, О.В. Мозговенко // Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки. – 2009. – № 1 (48). – С. 160–167.
16. Шамрай В.И. Исследование технологических параметров бутобоя с целью повышения производительности дробления негабаритов : сб-к науч. труд. Международного форума-конкурса молодых ученых «Проблемы недропользования». Ч. 1 / В.И. Шамрай, Е.А. Зубченко. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 123–125.
17. Sobolevskiy R.V. Evaluation of accuracy of photogrammetric methods and laser scanning for measuring of parameters of cracks natural separateness / R.V. Sobolevskiy, V.H. Levytskyi, V.O. Shlapak // Вісник ЖДТУ. – 2016. – № 1. – С. 158–163.
18. Левицький В.Г. Обґрунтування оптимальних технологічних параметрів видобування гранітних блоків на основі показників тріщинуватості / В.Г. Левицький, Р.В. Соболевський // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков : Технологический центр, 2014. – Вып. № 3/3 (69). – С. 48–52.
19. Korobiichuk V. Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures / V.Korobiichuk // International Conference on Systems, Control and Information Technologies 2016. – Springer International Publishing, 2016. – С. 653–658.
20. Павлуценко М.В. Аналіз техніко-економічних показників пересувних дробильно-сортувальних установок на щебневих кар'єрах / М.В. Павлуценко, В.В. Коробійчук // Тези IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». – 2017. – С. 48–49.
21. 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, V.Kotenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Issue 5/3 (83). – Pp. 21–29.
22. Sobolevskiy R. Quality control of drilling operations for efficiency upgrading of creation of separation plane by lineage drilling / R.Sobolevskiy, V.Shlapak // Metallurgical and mining industry. – 2016. – № 2. – Pp. 167–173.
23. 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, V.Kotenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 5/3 (83). – Pp. 21–29.
24. Exploring the efficiency of applying fractal analysis for the process of decorative stone quality control / R.Sobolevskiy, V.Korobiichuk, S.Iskov, I.Pavliuk, A.Kryvoruchko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 6 / 3 (84). – Pp. 32–40.
25. Коробійчук В.В. Определение рационального способа извлечения монолитов камня при проведении капитальных траншей / В.В. Коробійчук, С.С. Исков // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т. 5. – № 1. – С. 12–16.
26. Визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт при видобуванні блоків з природного каменю / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Р.В. Соболевський, О.В. Камських, І.В. Павлюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – Житомир, 2016. – № 3 (78). – С. 150–163.
27. Коробійчук В.В. Геометризація супутньої корисної копалини в умовах Лезниківського родовища гранітів та гірничо-геометричний аналіз його показників / В.В. Коробійчук, О.О. Кісель, В.А. Стріха // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія : Технічні науки. – 2012. – № 2 (58). – С. 175–184.
28. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій для дослідження гірничо-екологічних особливостей родовищ рудних і нерудних корисних копалин / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Ю.О. Подчаїшинський, О.О. Ремезова // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2007. – № 1 (40). – С. 186–195.

References:

1. Nabyullin, R.Sh. (2008), *Analiz y razrabotka konstruktivnoy shemy oborudovaniya dlya vtorychnogo drobleniya gornyh porod*, Abstract of kand. dissertation, spec. 05.05.06, Ekaterynburg, 105 p.
2. Nabyullin, R.Sh. (2005), «Obzor sposobov drobleniya negabarytov», sb. dokladov II mezhdunarodnoj nauchnotekhnicheskoy konferencyu, *Chteniya pamjaty V.R. Kubacheka, Netradycionnye tehnologyu y oborudovanye dlya razrabotky slozhno-strukturnyh mestorozhdenij poleznyh uskoraemyh*, UGGU, Ekaterynburg, pp. 29–38.
3. Nabyullin, R.Sh. (2005), *Novye tehnycheskiye resheniya dlya razrusheniya negabarytov v uslovyah kar'erov, Gornyy ynformacyonno-analytycheskiy bjulleten'*, No. 6, pp. 251–252.

4. Korobijchuk, V.V., Zubchenko, O.A. and Shamraj, V.I. (2014), «Doslidzhennja vplyvu tehnologichnyh parametriv gidromolotu DAEWOO DOOSAN na jogo produktyvnist'», *Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij*, Iss. No. 2/7 (68), Tehnologicheskij centr, Har'kov, pp. 41–46.
5. Korobijchuk, V.V., Kravec', V.G., Is'kov, S.S., Sobolevs'kij, R.V., Kryvoruchko, A.O., Tolkach, O.M. and Shlapak, V.O. (2017), *Vyjmal'no-navantazhuval'ni roboty na kar'jerah*, navch. posibnyk, ZhDTU, Zhytomyr, 440 p.
6. Danilov, A.B. (2005), «Opređenje raboty na razrushenie gornyh porod pri lokal'nom dinamicheskom nagruženii», sb. dokladov III mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii, *Chtenija pamjati V.R. Kubacheka, Netradicionnye tehnologii i oborudovanie dlja razrabotki slozhno-strukturnyh MPI*, UGGU, Ekaterinburg, pp. 46–49.
7. Andreev, V.D., Bochkovskij, A.I. and Skljär, S.I. (1970), «Issledovanie vlijanija ugla zaostrenija instrumenta na process vzaimodejstvija s porodnoj», sbornik *Gornyj porodorazrushajushhij instrument*, Tehnika, Kiev.
8. Vatolin, E.S. (1967), *K voprosu otrazhenija, prelomlenija i fokusirovanija udarnyh voln v gornyh porodah*, Nauchnye soobshhenija IGD AN SSSR, No. 37, Moskva.
9. Korobiichuk, I., Korobijchuk, V., Nowicki, M., Shamrai, V., Skyba, G. and Szewczyk, R. (2016), «The study of corrosion resistance of Pokostivskij granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods», *Construction & Building Materials*, Vol. 114, pp. 241–247.
10. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Iziumova, O., Tolkach, O. and Sobolevskiy, R. (2016), «Definition of hue of different types of pokostivskij granodiorite using digital image processing», *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, Vol. 4 (5 (82)), pp. 52–57.
11. Zubchenko, O.A. and Shamraj, V.I. (2014), «Vplyv chasu rujnuvannja negabarytiv na produktyvnist' gidromolota DAEWOO DOOSAN DXB 90 na Sabariv'skomu rodovysshhi granitiv», *VI Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Energetyka. Ekologija. Chelovek»*, NTUU «KPI», Kyi'v, pp. 21–24.
12. Nabiullin, R.Sh. (2005), «Analiz sushhestvujushhiih sposobov droblenija negabaritov», *Gornye mashiny i avtomatika*, No. 3, pp. 41–44.
13. Baron, L.I., Orlov, R.V. and Kurbatov, V.M. (1959), «Opređenje jenergoemkosti razrushenija obrazcov gornyh porod udarnymi nagruzkami», *Gornyj zhurnal*, No. 12.
14. Korobijchuk, V.V., Zubchenko, O.A. and Shamraj, V.I. (2014), «Doslidzhennja vplyvu chasu rujnuvannja negabarytiv na ob'jem utvorenyh kondycijnyh shmatkiv», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 3 (70), pp. 134–139.
15. Korobijchuk, V.V. and Mozgovenko, O.V. (2009), «Doslidzhennja vplyvu harakterystyk gidroudarnyh ustanovok na i'h produktyvnist'», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 1 (48), pp. 160–167.
16. Shamraj, V.Y. and Zubchenko, E.A. (2014), «Yssledovanye tehnologicheskych parametriv butoboja s cel'ju pov'ishenija proyzvodytel'nosti droblenija negabarytov», *sb-k nauch. trud. Mezhdunarodnogo foruma-konkursa molodyh uchenykh «Problemy nedropol'zovanyja»*, Part 1, Sankt-Peterburg, pp. 123–125.
17. Sobolevskiy, R.V., Levytskyi, V.H. and Shlapak, V.O. (2016), «Evaluation of accuracy of photogrammetric methods and laser scanning for measuring of parameters of cracks natural separateness», *Вісник ЖДТУ*, No. 1, pp. 158–163.
18. Levyc'kij, V. G. and Sobolevs'kij, R.V. (2014), «Obg'runtuvannja optimal'nyh tehnologichnyh parametriv vydobuvannja granitnyh blokiv na osnovi pokaznykiv trishhynuvatosti», *Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij*, Tehnologicheskij centr, Vol. No. 3/3 (69), Har'kov, pp. 48–52.
19. Korobiichuk, V. (2016), «Study of Ultrasonic Characteristics of Ukraine Red Granites at Low Temperatures», *International Conference on Systems, Control and Information Technologies 2016*, Springer International Publishing, pp. 653–658.
20. Pavlushhenko, M. V. and Korobijchuk, V.V. (2017), «Analiz tehniko-ekonomichnyh pokaznykiv peresuvnyh drobyl'no-sortoval'nyh ustanovok na shhebenevyh kar'jerah», *Tezy IV Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktychnoi' konferencii' studentiv, aspirantiv ta molodyh vchenykh «Perspektyvy rozvytku girnychoi' spravy ta racional'nogo vykorystannja pryrodnyh resursiv»*, pp. 48–49.
21. Sobolevskiy, R., Zuievskaja, N., Korobiichuk, V., Tolkach, O. and 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*, Issue 5/3 (83), pp. 21–29.
22. Sobolevskiy, R. and Shlapak, V. (2016) «Quality control of drilling operations for efficiency upgrading of creation of separation plane by lineage drilling», *Metallurgical and mining industry*, No. 2, pp. 167–173.
23. Sobolevskiy, R., Zuievskaja, N., Korobiichuk, V., Tolkach, O., and 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*, Vol. 5/3 (83), pp. 21–29.
24. Sobolevskiy, R., Korobiichuk, V., Iskov, S., Pavliuk, I. and Kryvoruchko, A. (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.
25. Korobijchuk, V.V. and Is'kov, S.S. (2013), «Opređenje racional'nogo sposoba izvlechenija monolitov kamnja pri provedenii kapital'nyh transhej», *Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva*, Vol. 5, No. 1, pp. 12–16.
26. Krivoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V., Sobolevs'kij, R.V., Kams'kih, O.V. and Pavljuk, I.V. (2016), «Viznachennja optimal'nogo naprjamku vedennja girnichih robit pri vidobuvanni blokiv z prirodnoho kamenju», *Visnik Zhitomir's'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu, Serija Tehnichni nauki*, No. 3 (78), Zhitomir, pp. 150–163.
27. Korobijchuk, V.V., Kisel', O.O. and Striha, V.A. (2012), «Geometrizacija suputno'i korisno'i kopalini v umovah Leznikiv's'kogo rodovishha granitiv ta gimicho-geometrichnij analiz jogo pokaznykiv», *Visnik Nacional'nogo universitetu vodnogo gospodarstva ta prirodokoristuvannja, Serija Tehnichni nauki*, No. 2 (58), pp. 175–184.
28. Krivoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V., Podchashinskij, Ju.O. and Remezova, O.O. (2007), «Zastosuvannja informacijno-kop'juternih tehnologij dlja doslidzhennja gimicho-ekologichnih osoblivostej rodovishh rudnih i nerudnih korisnih kopalyn», *Visnik Zhitomir's'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu, Serija Tehnichni nauki*, No. 1 (40), pp. 186–195.

Кравець Віктор Георгійович – доктор технічних наук, професор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- вибухова справа гірництва;
- відкриті гірничі роботи.

Шукюров Азер – аспірант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- вибухові роботи;
- відкрита розробка родовищ корисних копалин.

Вахрушев Константин Юрійович – магістрант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- вибухові роботи;
- відкрита розробка родовищ корисних копалин.

Панасюк Андрій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- вибухова справа гірництва;
- відкриті гірничі роботи.

Барановський Андрій Юрійович – аспірант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- вибухова справа гірництва;
- відкриті гірничі роботи.

Стаття надійшла до редакції 19.10.2017.