

DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2022-2\(90\)-147-152](https://doi.org/10.26642/ten-2022-2(90)-147-152)  
УДК 622

**В.В. Коробійчук, д.т.н., проф.**  
**В.Т. Підвисоцький, д.геол.н., доц.**  
**В.І. Шамрай, к.т.н., доц.**  
**М.В. Качуровський, аспірант**  
**В.О. Соколовський, аспірант**

*Державний університет «Житомирська політехніка»*

## **Вплив технології відпрацювання розвалу гірської породи на розміри та форму розвалу негабариту**

*У публікації розглянуто дві схеми відпрацювання розвалу гірської породи механічною лопатою з об'ємом ківша  $5 \text{ м}^3$  в умовах Лезниківського кар'єру. Фотогранулометричний аналіз підірваної гірничої маси проводиться за допомогою програмного забезпечення WipFrag 2010 Advanced Tutorial. Розвал гірської породи розділявся на заходки і визначалася кількість негабариту, яка припадає на кожен заходку екскаватора. Середня ширина розвалу гірської породи становить 55–65 м. При торцевій схемі відпрацювання найменша кількість розпушеної породи припадає на першу заходку 12–18 %. На інші дві заходки припадає приблизно однакова кількість гірської породи (37–43 % та 42–49 %). Було встановлено залежність ширини розвалу гірської породи від ширини заходки екскаватора та положення цієї заходки.*

*Також розглянуто панельний спосіб відпрацювання розвалу гірської маси, який застосовується при широких робочих майданчиках або при розробці невеликих за фронтом робіт кар'єрів. Ширина розвалу має форму в вигляді трапеції та змінюється залежно від відстані, на яку просунувся екскаватор вглиб вибою. При цьому радіус черпання не впливає на ширину розвалу негабариту. Було встановлено залежність ширини розвалу гірської породи від ширини заходки при панельному способі відпрацювання розвалу гірської породи.*

**Ключові слова:** розвал гірської маси; негабарит; вибухові роботи; екскавація; екскаваторні заходки.

**Вступ.** Форма розвалу підірваної гірничої маси достатньо впливає на роботу екскаватора, на роботу транспорту, на збереження комунікацій, на подальші процеси, які пов'язані зі складуванням та подрібненням негабариту, та інші виробничі процеси. Параметри розвалу характеризуються довжиною, висотою, формою. Формування навалу гірської породи розглядалося в працях [1, 2], був виявлений чіткий зв'язок між параметрами буровибухових робіт та формою розвалу гірської породи. Також відомі способи регулювання виходу негабариту за допомогою буровибухових робіт [3–14].

**Мета дослідження** – порівняти панельну та торцеву схеми відпрацювання розвалу гірської маси кар'єрним екскаватором в умовах Лезниківського кар'єру.

**Викладення основного матеріалу.** Розглянемо, як буде впливати технологія відпрацювання розвалу гірської маси екскаватором ЕКГ-5 на утворення розвалу. Відпрацювання вибою можливе торцевим вибоєм (рис. 1) або панельним відпрацюванням (рис. 2) з вузькими заходками  $A = (0,5 \div 1) R_{\text{ч.у}}$  та широкими  $A = (1,5 \div 1,7) R_{\text{ч.у}}$ , м. Вузькі заходки використовують для автомобільного транспорту, вони забезпечують малу тривалість циклу роботи мехлопати у вибої через зменшення кута повороту екскаватора, разом з тим збільшують кількість заходок, якими відпрацьовує екскаватор розвал гірської породи. Типова форма та орієнтовані розміри розвалу гірської породи, що утворилися на розрізі А-А зображена на рисунку 1.

Результати аналізу гранскладу підірваної гірничої маси представлені в таблиці 1. Паралельно з фотогранулометричним методом проводився кількісний аналіз виходу негабариту. Результати цього аналізу показують, що вихід негабариту коливається з 10 до 13 % [14].

Фотогранулометричний аналіз підірваної гірничої маси проводиться за допомогою програмного забезпечення WipFrag 2010 Advanced Tutorial [14]. Приклад розрахунку розподілу гранулометричного складу підірваної гірничої маси після типового ініціювання на Лезниківському кар'єрі наведено на рисунку 2.

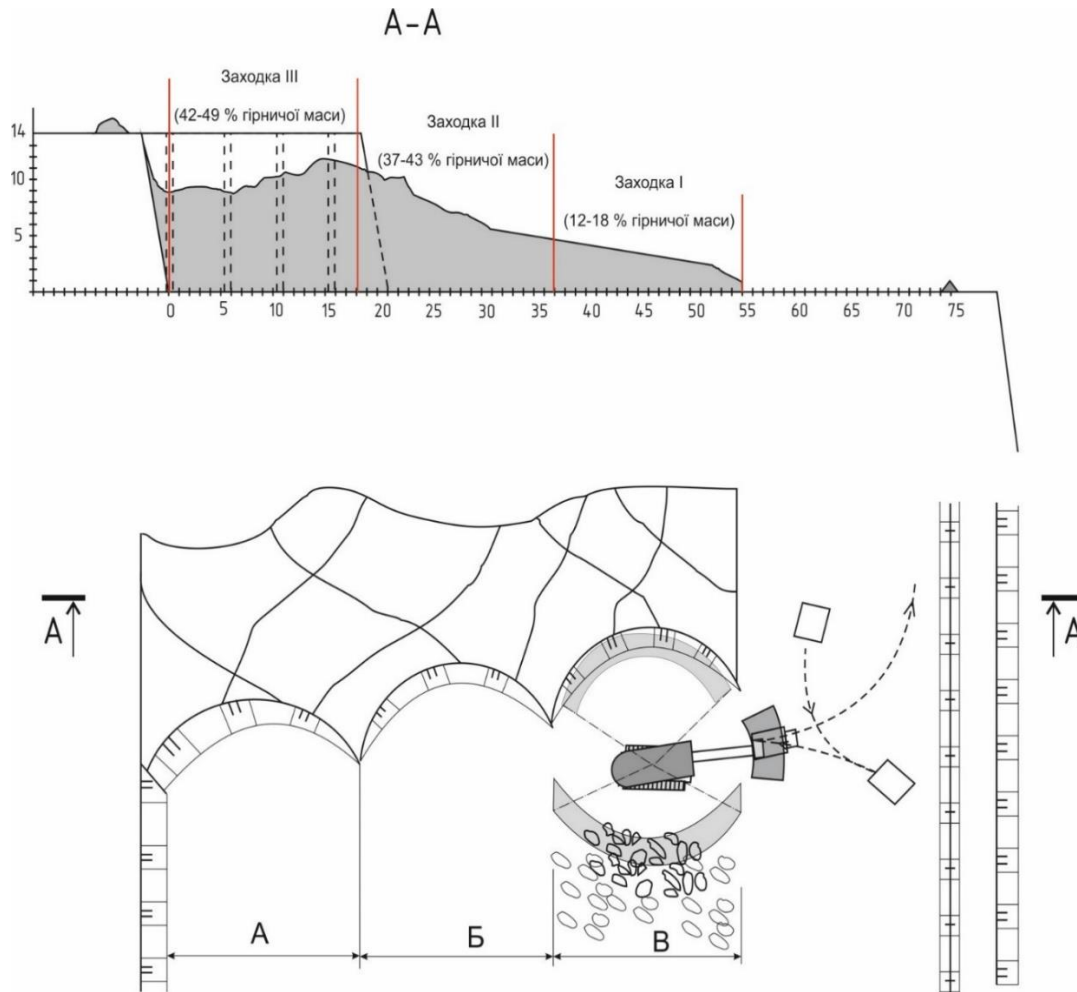


Рис. 1. Торцева схема відпрацювання розвалу гірської породи

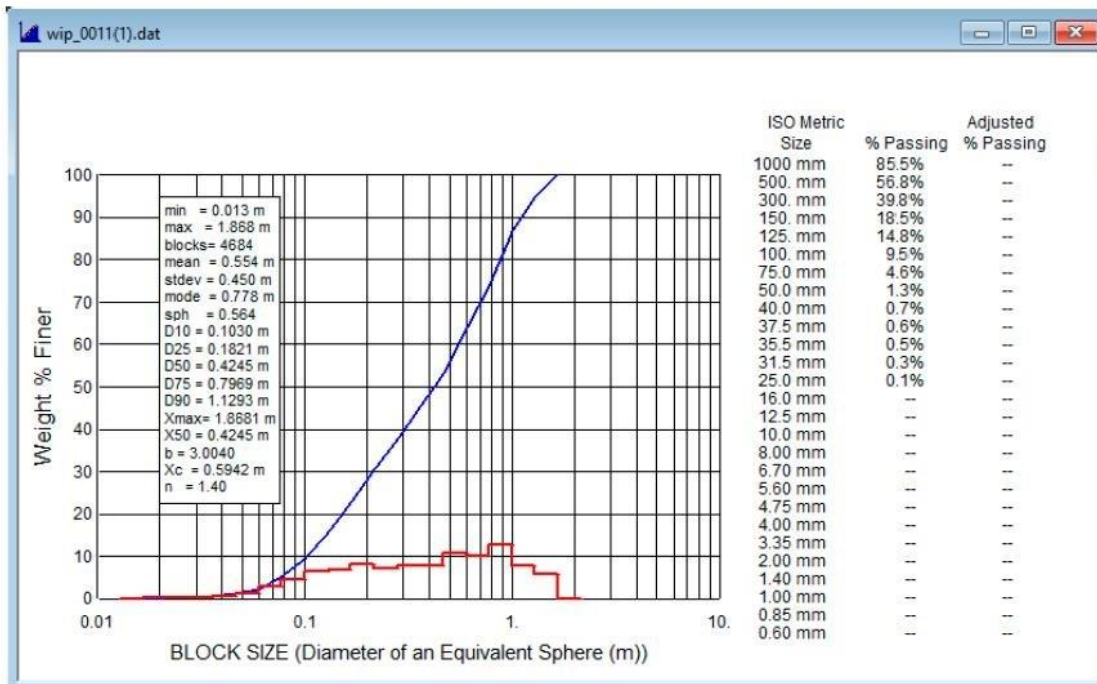


Рис. 2. Приклад розрахунку розподілу гранулометричного складу підірваної гірничої маси після типового ініціювання ВР на Лезниківському кар'єрі

Призначення параметрів на рисунку 2:

- вісь Oy – Weight, % – вихід, %;
- вісь Ox – Block size, m – розмір роздроблених частинок, м;
- D10, D25 тощо – процентний вихід за розмірами, з точки зору просіювання D10 означає такий розмір отвору сита, через яке пройде 10 % від маси зразка; blocks – число елементів мережі побудованої програмою WipFrag при аналізі фотографії;
- max – максимальний розмір окремоті;
- mean – арифметичний середній розмір окремоті;
- min – мінімальний розмір окремоті;
- mode – найбільш часто зустрічається розмір окремоті;
- n – коефіцієнт однорідності Розіна – Рамллера, рівний нахилу прямої Розіна – Рамллера в логарифмічних координатах;
- stdev – стандартне відхилення розміру зразка;
- Xc – характерний розмір, при якому пряма Розіна – Рамллера в логарифмічних координатах була відсічена, еквівалентно D 63,2;
- Xmax – відсікання 100 % проходження похилій прямої розподілу Розіна-Рамллера.

Як видно з отриманих результатів, середньгеометричні розміри шматка підірваної гірничої маси для блоку при використанні штатної схеми ініціювання зарядів дорівнює 554 мм.

Таблиця 1

Дані фракційного складу (%), здійснені фотогранулометричним методом

№ блока	0–20 см	21–40 см	41–60 см	61–90 см	91–120 см	121–150 см	151–190 см	191–230 см	>230 см
1	31,10	28,10	13,80	14,90	4,30	2,50	1,30	1,70	2,30
2	31,40	32,20	15,50	10,80	3,60	4,30	1,90	0	0
3	29,70	29,50	14,80	12,50	4,10	2,20	2,10	2,40	2,70

Середня ширина розвалу гірської породи становить 55–65 м. Орієнтовна форма розвалу показана на рисунку 1. Залежно від ширини торцевого вибою розвал породи може відпрацьовуватися від двох до чотирьох заходок. У середньому розвал гірської породи відпрацьовується за 3 заходки, які показані на рисунку 1. Як видно зі схеми, в кожній заходці знаходиться неоднаковий об'єм породи, найменша кількість розпушеної породи припадає на першу заходку 12–18 %. На інші дві заходки припадає приблизно однакова кількість гірської породи (37–43 % та 42–49 %). Тому ширина розвалу негабаритних шматків, які розкладені в один шар, буде коливатися в межах, які показано на рисунку 3.

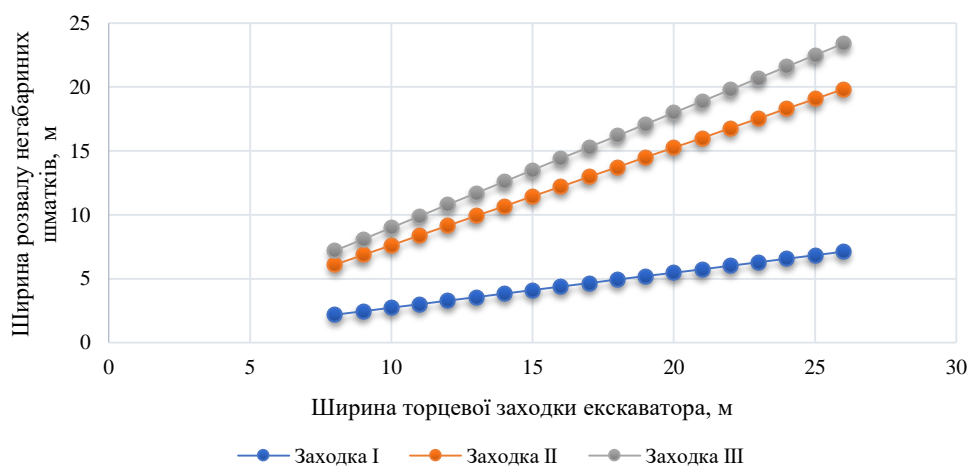


Рис. 3. Залежність ширини розвалу гірської породи від ширини заходки екскаватора та положення цієї заходки

Панельний спосіб відпрацювання застосовується при широких робочих майданчиках або при розробці невеликих за фронтом робіт кар'єрів. Як можливо побачити з рисунка 4, ширина розвалу має форму трапеції та змінюється залежно від відстані, на яку просунувся екскаватор вглиб вибою. При цьому радіус черпання не впливає на ширину розвалу негабариту [14].

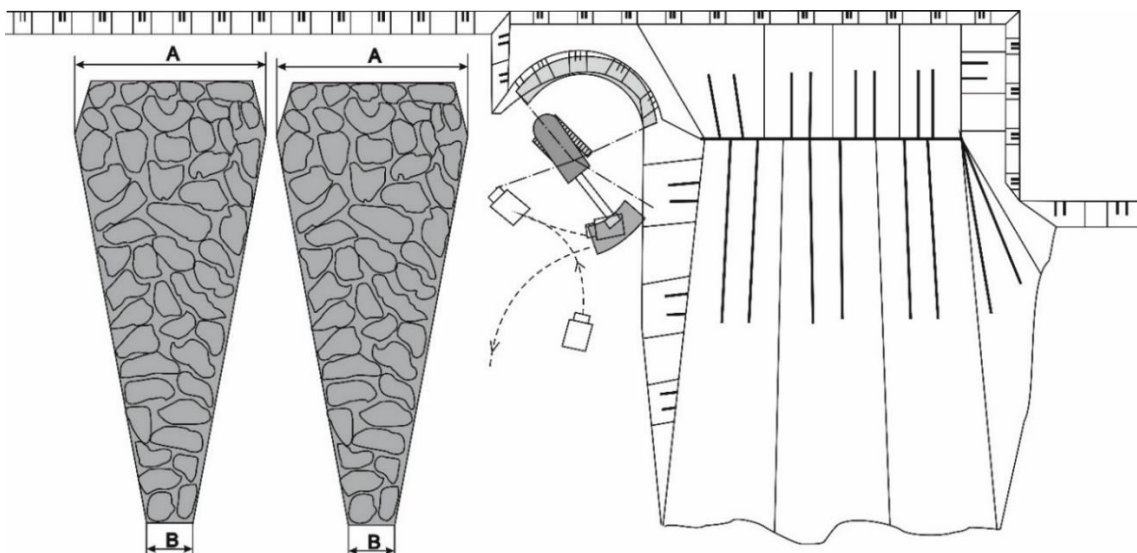


Рис. 4. Панельна схема відпрацювання розвалу гірської породи

Показники ширини розвалу гірської породи від ширини заходки екскаватора при панельному відпрацюванні вибою показані на рисунку 5.

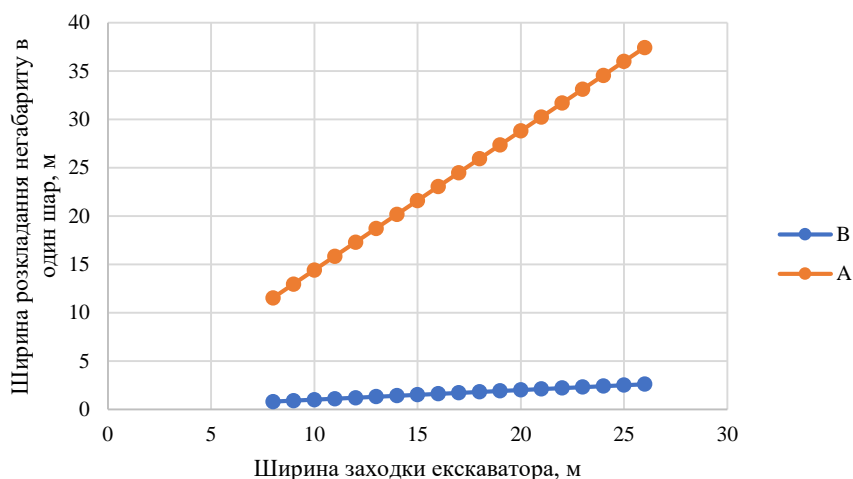


Рис. 5. Залежність ширини розвалу гірської породи від ширини заходки при панельному способі відпрацювання розвалу гірської породи

Ширину розвалу негабаритів можливо описати функцією:

$$B_{роз} = 1,44L_{роз}, \text{ м.} \quad (1)$$

$$B_{роз} = 0,1L_{роз}, \quad (2)$$

де  $B_{роз}$  – ширина розвалу гірської породи, м;  $L_{роз}$  – довжина розвалу гірської породи, м.

**Висновки.**

1. Середня ширина розвалу гірської породи в умовах Лезниківського кар'єру становить 55–65 м;
2. При торцевій схемі відпрацювання найменша кількість розпушеної породи припадає на першу заходку 12–18 %. На інші дві заходки припадає приблизно однакова кількість гірської породи (37–43 % та 42–49 %);
3. При панельній схемі відпрацювання розвалу гірської породи ширина розвалу має форму трапеції та змінюється залежно від відстані, на яку просунувся екскаватор вглиб вибою. При цьому радіус черпання не впливає на ширину розвалу негабариту.

**Список використаної літератури:**

1. Лантев Ю.В. Компьютерное моделирование развала горной массы при селективной разработке / Ю.В. Лантев, В.Д. Кантемиров, А.М. Яковлев // Альманах современной науки и образования. – 2014. – № 5–6. – С. 92–96.

2. Криворучко А.О. Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, С.С. Іськов // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 4 (63). – С. 190–202.
3. Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads / V.Korobiichuk, V.Kravets, R.Sobolevskiy and other // Eastern European Journal of Advanced Technologies. – 2018. – Issue 2 (5). – P. 20–25.
4. Shamrai V. Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine / V.Shamrai, V.Korobiichuk, R.Sobolevskiy // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2017. – № 2 (1). – С. 234–239.
5. Коробійчук В.В. Геометризація супутньої корисної копалини в умовах Лезниківського родовища гранітів та гірничо-геометричний аналіз його показників / В.В. Коробійчук // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. : Технічні науки. – 2012. – № 58. – С. 175–184.
6. Дослідження шляхів мінімізації втрат при буровибуховому способі видобування блоків декоративного каменю / Р.В. Соболевський, О.О. Кісель, В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2006. – № 4 (39). – С. 301–307.
7. A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators / R.Sobolevskiy, A.Vaschuk, O.Tolkach and other // Eastern European Journal of Advanced Technologies. – Issue 3 (87). – P. 54–66.
8. Коробійчук В.В. Дослідження тріщинуватості Лезниківського родовища гранітів з перспективою видобутку блочної продукції / В.В. Коробійчук // Східно-європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр. – 2013. – Вип. 6/5 (66). – С. 23–27.
9. Korobiichuk V.V. European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine / V.V. Korobiichuk, O.M. Sidorov, R.V. Sobolevskiy // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2017. – № 1 (79). – С. 182–190.
10. Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods / V.Korobiichuk, V.Shamrai, V.Levytskiy and other // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. – 2018. – Vol. 33, Issue 4. – P. 15–22.
11. Optimization of the process of efficiency management of the primary kaolin excavation on the curved face of the conditioned area / V.Korobiichuk, R.Sobolevskiy, V.Levytskiy and other // Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik. – 2020. – Vol. 35, Issue 1. – P. 123–137.
12. Руйнування гірських порід і промислова сейсміка : навч. посіб. для студ. спец. 184 «Гірництво» / В.В. Коробійчук та ін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 408 с.
13. Геомеханіка вибухового руйнування масиву міцних гірських порід під час будівництва підземних споруд : монографія / Н.В. Зуєвська, К.С. Іщенко, О.К. Іщенко, В.В. Коробійчук. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 392 с.
14. Коробійчук В.В. Розробка наукових основ технології супутнього видобування блоків в умовах щебеневих гранітних кар'єрів : дис. ... д.т.н. : 05.15.03 / В.В. Коробійчук. – К., 2018. – 340 с.

#### References:

1. Laptev, Yu.V., Kantemirov, V.D. and Yakovlev, A.M. (2014), «Komp'yuternoe modelirovanie razvala gornoi massy pri selektivnoi razrabotke», *Al'manakh sovremennoi nauki i obrazovaniya*, No. 5–6, pp. 92–96.
2. Kryvoruchko, A.O., Korobijchuk, V.V. and Is'kov, S.S. (2012), «Rozrobka uzagal'nenoi' metodyky geometryzacji' masyviv pryrodnoho kamenju z metoju otrymannja kompleksnoi' modeli rodovyshha», *Visnyk ZhDTU*, No. 4 (63), pp. 190–202.
3. Korobiichuk, V., Kravets, V., Sobolevskiy, R. et al. (2018), «Weakening of rock strength under the action of cyclic dynamic loads», *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, Issue 2 (5), pp. 20–25.
4. Shamrai, V., Korobiichuk, V. and Sobolevskiy, R. (2017), «Management of waste of stone processing in the framework of Euro integration of Ukraine», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tehnichni nauky*, No. 2 (1), pp. 234–239.
5. Korobijchuk, V.V. (2012), «Geometryzacija suputn'oi' korysnoi' kopalyny v umovah Leznykivs'kogo rodovyshha granitiv ta girnycho-geometrychnyj analiz jogo pokaznykiv», *Visnyk Nacional'nogo universytetu vodnogo gospodarstva ta pryrodokorystuvannja. Ser. Tehnichni nauky*, No. 58, pp. 175–184.
6. Sobolevs'kyj, R.V., Kijel', O.O., Korobijchuk, V.V. and Zubchenko, O.A. (2006), «Doslidzhennja shljahiv minimizaciji' vtrat pry burovybuhovomu sposobi vydobuvannja blokiv dekoratyvnogo kamenju», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tehnichni nauky*, No. 4 (39), pp. 301–307.
7. Sobolevskiy, R., Vaschuk, A., Tolkach, O. et al., «A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators», *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, Issue 3 (87), pp. 54–66.
8. Korobijchuk, V.V. (2013), «Doslidzhennja trishhynuvatosti Leznykivs'kogo rodovyshha granitiv z perspektyvoju vydobutku blochnoi' produkciij», *Shidno-jevropejs'kyj zhurnal peredovyh tehnologij*, Tehnologichnyj centr, Harkiv, Issue 6/5 (66), pp. 23–27.
9. Korobiichuk, V.V., Sidorov, O.M. and Sobolevskiy, R.V. (2017), «European integration: treatment of stone processing enterprises waste in Ukraine», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tehnichni nauky*, No. 1 (79), pp. 182–190.
10. Korobiichuk, V., Shamrai, V., Levytskiy, V. et al. (2018), «Evaluation of the effectiveness of natural stone surface treatment from Ukraine by mechanical and chemical methods», *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, Vol. 33, Issue 4, pp. 15–22.
11. Korobiichuk, V., Sobolevskiy, R., Levytskiy, V. et al. (2020), «Optimization of the process of efficiency management of the primary kaolin excavation on the curved face of the conditioned area», *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, Vol. 35, Issue 1, pp. 123–137.

12. Korobijchuk, V.V. et al. (2020), *Rujnuvannja girs'kyh porid i promyslova sejsmika*, navch. posib. dlja stud. spec. 184 «Girnyctvo», KPI im. Igorja Sikors'kogo, Kyi'v, 408 p.
13. Zujevs'ka, N.V., Ishhenko, K.S., Ishhenko, O.K. and Korobijchuk, V.V. (2021), *Geomehanika vybuhovogo rujnuvannja masyvu micnyh girs'kyh porid pid chas budivnyctva pidzemnyh sporud*, monografija, KPI im. Igorja Sikors'kogo, Kyi'v, 392 p.
14. Korobijchuk, V.V. (2018), *Rozrobka naukovykh osnov tehnologii' suputn'ogo vydobuvannja blokiv v umovah shhebenevyh granitnyh kar'jeriv*, D.Sc. Thesis of dissertation, 05.15.03, K., 340 p.

**Коробійчук** Валентин Вацлавович – доктор технічних наук, професор кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-1576-4025>.

Наукові інтереси:

- видобуток та обробка природного каменю;
- гірництво.

E-mail: korobiichukv@gmail.com.

**Підвисоцький** Віктор Тодосійович – доктор геолого-мінералогічних наук, доктор технічних наук, професор кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-0020-2430>.

Наукові інтереси:

– енергоефективність технологій відкритої розробки родовищ та конкурентоспроможність гірничодобувних підприємств.

E-mail: rrkk\_pvt@ztu.edu.ua, antonov021960@gmail.com.

**Шамрай** Володимир Ігорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0001-9441-9379>.

Наукові інтереси:

- видобуток та обробка природного каменю;

E-mail: kgt\_shvi@ztu.edu.ua.

**Качуровський** Михайло Валентинович – аспірант кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

- енергозберігаючі технології відкритої розробки залізрудних родовищ;

- ведення вибухових робіт.

E-mail: mishakachurovsiy97@gmail.com.

**Соколовський** Володимир Олегович – аспірант кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-7828-7107>.

Наукові інтереси:

- вибухові роботи;
- гірництво.

E-mail: vo.sokolovsky@gmail.com.

Наукові дослідження та приведені результати в статті отримано авторами самостійно в контексті виконання ініціативної творчої науково-дослідної роботи.

**Korobiichuk V.V., Pidvysotskyi V.T., Shamrai V.I., Kachurovskyi M.V., Sokolovskyi V.O.**

#### **Influence of rock camber development technology on the size and shape of oversized camber**

The publication considers two schemes for working out rock collapse with a mechanical shovel with a bucket volume of 5 m<sup>3</sup> in the conditions of the Leznykivskiy quarry. Photogrammetric analysis of the blasted rock mass is performed using software WipFrag 2010 Advanced Tutorial. The camber of the rock was divided into sets and the amount of oversized material that falls on each set of the excavator was determined. The average rock camber width is 55–65 m. With the end mining scheme, the smallest amount of loosened rock falls on the first pass of 12–18 %. The other two passes account for approximately the same amount of rock (37–43 % and 42–49 %). The dependence of the rock camber width on the width of the excavator pass and the position of this approach was established.

The panel method of working out the camber of rock mass, which is used for wide working sites or for the development of small quarries behind the front of work, is also considered. The width of the camber is shaped like a trapezoid and varies depending on the distance that the excavator has moved deep into the face. At the same time, the scooping radius does not affect the width of the oversized camber. The dependences of the rock camber width on the pass width were established in the panel method of rock collapse testing.

**Keywords:** rock mass camber; oversize; blasting operations; excavating; excavator approaches.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2022.