

**Kozii Ye.S., Candidate of Geological Sciences,
Associate Professor of Department of
Geology and Mineral Prospecting
Dnipro University of Technology,
Dnipro, Dmytra Yavornytskoho ave. 19, Ukraine**

Arsenic and germanium in the coal seam c_5^B of the ternivska mine field of western donbas

Coal is the main source of germanium in Ukraine, the general relevance of the study of its content in coal seams is due to the possibility of its industrial extraction and use as a valuable accompanying component.

The aim of the work was to establish the relationship between germanium and nickel concentrations in the coal seam c_5^B of the Ternivska mine field of Western Donbas.

The factual basis of the work was the results of 57 analyses of arsenic and germanium. Germanium content was determined by quantitative emission spectral analysis, arsenic content was determined by atomic absorption analysis. Seven percent of duplicate samples were sent to internal laboratory control. Ten percent of duplicate samples were subjected to external laboratory control. The quality of the results of the analyses (correctness and reproducibility) was evaluated as the significance of the mean systematic error, which was tested using the Student's test, and the significance of the mean random error, which was tested using the Fisher test. Since the indicated errors at the significance level of 0.95 are not significant, the quality of the analyses is recognized as satisfactory.

Previous studies were related to the study and analysis of the distribution of germanium in individual coal seams of mines in the Pavlohrad-Petropavlivka area of Donbas [1-2]. At the initial stage of primary geochemical information processing, using STATISTICA 13.3 and IBM SPSS Statistics 22 programs, the values of the main descriptive statistical indicators were calculated, frequency histograms of germanium content and coal thickness were constructed, and the characteristics of the distribution of these parameters were established.

When constructing frequency cumulative histograms, the number of intervals was calculated according to Herbert Sturges' formula: $n = 1 + [\log_2 N]$, where n – number of intervals, \log_2 – logarithm based on 2, N – number of analyses, $[x]$ – denotes the whole part of the number x .

In the Ternivska mine field, the concentration of germanium in the coal seam c_5^B according to the data of 57 analyses varies from 5.6 g/t to 29.53 g/t, with an average value of 13.69 ± 0.57 g/t, a median of 12.36 g/t, standard deviation 4.27, sample variance 18.26, sample kurtosis 4.48, sample asymmetry 1.86. The concentration of arsenic within the mine stratum varies from 29 g/t to 280 g/t, the average value is 100.77 ± 8.01 g/t, the median is 86 g/t, the standard deviation is 60.44, the variance is 3672.64, the kurtosis is 2.11, asymmetry 1.7.

In order to visualize the density distribution of germanium and arsenic concentrations, which were established at the sampling sites, frequency histograms were constructed (Figs. 1, 2).

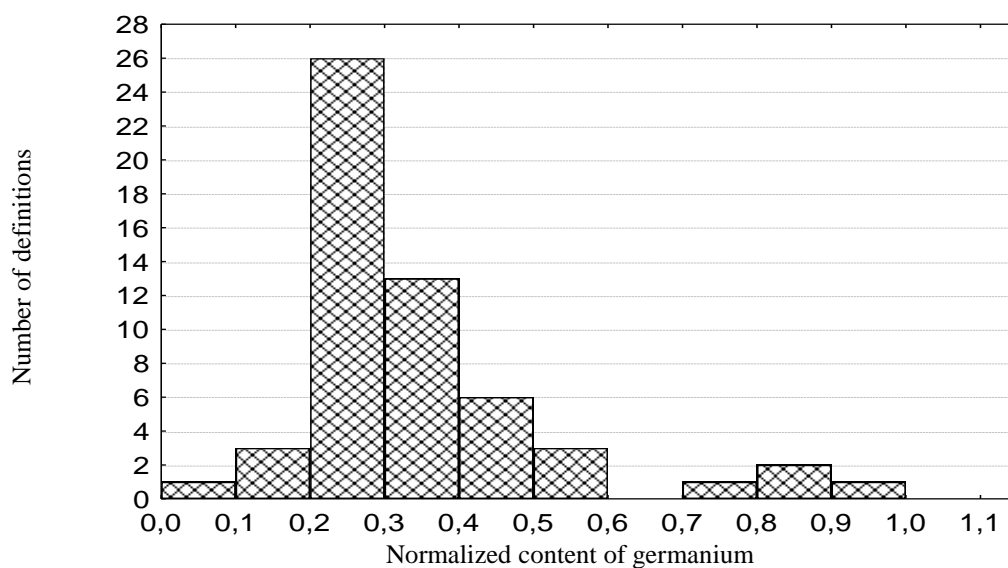


Fig. 1. Frequency histogram of normalized values of germanium content

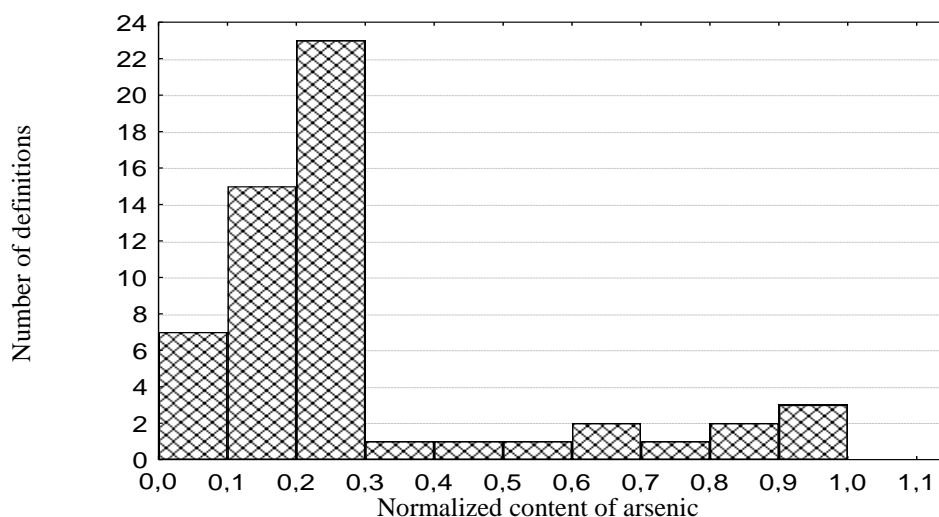


Fig. 2. Frequency histogram of normalized values of arsenic content

The relationship between the content of germanium and the concentration of arsenic in the coal seam, according to the results of analyses on the Chedok scale, taking into account the data of correlation (Pearson's linear correlation coefficient 0.17) and regression analyses is direct and very weak. In fig. 3 shows the graph of the result of the regression analysis of modeling the linear relationship between germanium concentration and arsenic content. The regression equation of this model is: $Ge = 0.3018 + 0.1287 \times As$.

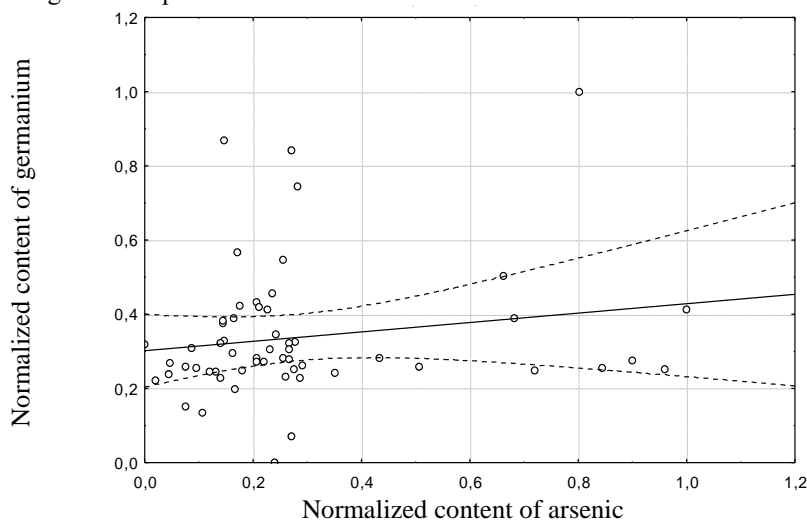


Fig. 3. The result of the regression analysis of the modeling of the linear relationship between the normalized content of germanium and arsenic

As a result of the conducted research, it was proved that the distribution of the values of the total germanium and arsenic content in the coal seam c_5^b of the Ternivska mine field differs from the Gauss-Laplace and lognormal distributions, in all cases the polymodality of the distribution is fixed and the density kernel of the distribution is shifted to the left. The general diverse form of their presence in coal inherent to the considered impurity elements makes it possible to treat the regularities established with the help of correlation and regression analysis as a kind of trend of dependencies between them, which was realized in the specific geological conditions of the considered coal seam.

References

1. Chernobuk O.I., Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Kozar M.A. (2023). Features of the relationship of germanium content with the concentrations of toxic elements and their distribution in the coal seam c_5 of the Blagodatna mine. Odesa National University Herald. Geography and Geology, 28(2(43)), pp. 184-195. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.2\(43\).292747](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2023.2(43).292747)
2. Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Chernobuk O.I. (2023). Geochemical peculiarities of germanium, arsenic, mercury, beryllium, fluorine and total sulfur in the c_8^h coal seam of the Dniprovka mine field. Collection of scientific works "Geotechnical Mechanics". No. 164, pp. 21-36. <https://doi.org/10.15407/geotm2023.164.021>

Адамова В.О., аспірантка, група 184А-22-10
Інститут природокористування
Науковий керівник - Ложніков О.В., д.т.н.,
професор кафедри відкритих гірничих робіт
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»

Оцінка впливу соціального фактора на вибір напрямку рекультивації виробленого простору кар'єра

Території, на яких колись видобували корисні копалини, але процес відновлення земель на них не було приведено до безпечного стану називають нерекультивованими ділянками. Саме вони можуть становити значну небезпеку для людей та тварин, які живуть поблизу. Адже на цих територіях існують ризики обвалення через те, що борти кар'єрів можуть бути нестійкими у часі, а їх обвалення може призвести до травмування місцевого населення. Частіше за все у кар'єрах утворюються водойми, які можуть бути глибокими та небезпечними для плавання, тому діти та тварини, які знаходяться поблизу можуть не усвідомлювати ризиків і впасти у воду. Ще однією з небезпек є те, що деякі кар'єри містять хімічні речовини або мінерали, які можуть потрапляти в ґрунт і воду, забруднюючи їх і завдаючи шкоди навколишньому середовищу.

З урахуванням значних масштабів видобутої, переробленої та переміщеної гірничої маси прогнозувати часткове або повне відновлення і нормалізацію техногенних ландшафтів вкрай складно. У даному випадку необхідна розробка заходів для приведення порушених земель у екологічно безпечний стан. Необхідно враховувати, що відходи гірничодобувної промисловості мають значні об'єми і розміщуються у зовнішніх або внутрішніх відвалах на тривалий період. Особливо жорсткий контроль за поводженням з гірничопромисловими відходами має приділятися гірничій масі, що містить важкі метали. Вирішення цих проблем можливе шляхом достовірної оцінки хімічного складу компонентів, що містяться у відходах.

Окрім екологічних проблем, закриття гірничого підприємства має значний вплив на життя його працівників. При закритті має бути розроблені механізми з необхідною вихідною допомогою працівникам у подальшому працевлаштуванні. До такої допомоги відноситься перекваліфікація та послуги з пошуку роботи, допомога з медичним страхуванням. Підприємство може надати працівникам інформацію про доступні їм ресурси, такі як допомога з безробіття та юридична допомога.

Одним із ключових факторів, які слід враховувати при виборі напрямку рекультивації виробленого простору кар'єру є соціальний, оскільки він взаємопов'язаний з екологічними та економічними складовими розвитку гірничовидобувного регіону. Важливо, щоб обраний напрямок рекультивації відповідав потребам та очікуванням місцевої громади. Соціальний фактор може впливати на вибір напрямку рекультивації кар'єру декількома способами:

- місцеві жителі можуть мати певні очікування щодо того, як буде використовуватися вироблений простір кар'єру. Громада може впливати на те, щоб простір кар'єру був перетворений на зону відпочинку, парк або промисловий майданчик;
- кар'єри можуть створювати ряд соціальних проблем, таких як забруднення повітря, шумове забруднення та пил. Для мінімізації зазначеного впливу при виборі напрямку рекультивації важливо враховувати екологічні проблеми та вживати відповідні заходи;
- світова практика підтверджує, що у деяких випадках вироблений простір кар'єру може мати культурну цінність для місцевої громади. При виборі напрямку рекультивації необхідно вживати заходів для їх збереження та поважати ці цінності.

Кар'єри, що не використовуються за призначенням, становлять реальну загрозу розосередження житлової та громадської забудови міста. Створення зон відпочинку на місцях відпрацьованих кар'єрів може бути складним завданням, але воно може принести багато користі для громади та навколишнього середовища.

Ретельне планування, співпраця та інвестиції можуть допомогти перетворити ці території на цінні та стійкі простори, які будуть служити людям протягом багатьох років. Створення зон для піших прогулянок, їзди на велосипеді, риболовлі, пікніків та інших видів активного відпочинку може зробити ці території доступними для громади та сприяти здоровому способу життя. Розвиток зон відпочинку може стимулювати туризм, створити робочі місця та принести економічну вигоду місцевим громадам.

Байда Д.М., к.т.н., доцент кафедри ГТБ
Горецький Р.О., студент 3 курсу, група ПЩБ-1к, ФГСПБ
Державний університет «Житомирська політехніка»

**Досвід і проблеми технічної експлуатації міських мостів на прикладі моста через річку
Південний Буг по вул. В. Чорновола у м. Вінниця**

В Україні тривалий час з початку періоду Незалежності не приділялося належної уваги заходам з підтримування справного технічного стану об'єктів транспортної інфраструктури. Особливо це стосується мостових споруд, які знаходяться в комунальній власності в управлінні органів місцевого самоврядування. Капітальні ремонти цих мостів систематично відкладаються через відсутність достатніх коштів для проведення відновлювальних робіт. Ці мости тривалий час знаходилися поза зоною уваги органів державної влади і провідних наукових установ. Систематизовані дані та дослідження відносно вивчення їх стану відсутні. У виконавчих органах місцевої влади відсутня ефективна система нагляду та необхідні фахівці, які не в змозі систематизовано вести роботу з належного утримування мостових споруд. В кращому випадку місцеві органи самоврядування турбуються про належний стан дорожнього покриття, а не про стан конструкцій мостів. Це все призводить до того, що в органах місцевого самоврядування часто навіть відсутня будь-яка інформація про наявність і стан споруд в їх зоні відповідальності.

Розглянемо проблему технічної експлуатації міських мостів на прикладі моста через річку Південний Буг по вул. В. Чорновола у м. Вінниця (надалі скорочено – моста). Даний міст побудований у 1962 році і являє собою автодорожній залізобетонний міст загальною довжиною 195,2 м. Прогонова будова моста складається з 4-х основних аркових прольотів довжиною по 45,0 м та двох крайніх балочних прольотів довжиною по 7,48 м. Загальна проектна ширина моста складає 17,1 м (рис. 1). З початку періоду Незалежності міст вперше був обстежений у 2004-2005 роках фахівцями Вінницького національного технічного університету. В процесі обстеження були виявлені суттєві корозійні пошкодження конструкцій моста [1]. За результатами обстеження стан мостової споруди в цілому був визнаний як непридатний до нормальної експлуатації (обмежено працездатний згідно з чинними нормами [2, 3]). В зв'язку з цим в звіті за результатами перевірочних розрахунків [4] були зроблені рекомендації щодо обмеження вантажопідйомності мостової споруди до встановлення дозволу пропуску автомобільного транспорту вантажопідйомності не більше 16 т.



Рисунок 1 – Загальний вид мосту через р. Південний Буг по вул. В. Чорновола в м. Вінниця

З метою приведення стану мостової споруди у відповідність до чинних норм фірмою ТОВ «Гервін» у 2007-2008 роках на підставі отриманих результатів обстеження на замовлення управління міського господарства м. Вінниця був розроблений проект реконструкції моста. Проектом передбачалося відновлення та ремонт несучих конструкцій мостової споруди, збільшення габариту проїзної частини моста до Г-16 шляхом влаштування монолітної залізобетонної накладної плити, заміна покриття і гідроізоляції проїзної частини, заміна тротуарних плит, перильного та бар'єрного огороження тощо. Через брак коштів даний проект не був реалізований.

Наступне детальне обстеження моста було проведено тільки через 10 років фахівцями фірми ТОВ «Гервін МЗ» у 2015 році [5]. До цього часу, не зважаючи на висновки обстеження 2008 року міст експлуатувався без обмежень. За результатами проведеного обстеження у 2015 році були зроблений загальний висновок, що міст за класифікацією [3] знаходиться в непридатному стані. За результатами візуального обстеження конструкції мостової споруди [5] були виявлені суттєві дефекти та пошкодження, що знижують несучу здатність, вантажопідйомність та довговічність споруди. Зокрема, відбувався прискорений розвиток корозійних процесів конструкцій через повне руйнування гідроізоляції на тротуарах та виходу з ладу деформаційних швів (рис. 2). У порівнянні з даними попереднього обстеження обсяг корозійних пошкоджень залізобетонних конструкцій збільшився на 35-40 %. Умови безпеки руху транспорту і пішоходів на мосту суттєво порушувалися.

Прискореному розвитку корозійних пошкоджень конструкцій мосту сприяли такі чинники:

- застосування недосконалих рішень в процесі проектування мосту, що з'ясувалося з часом;
- подальший розвиток дефектів конструкцій, що були допущені під час будівництва мосту;
- виконання ремонтів споруди до 1991 року з використанням недосконалих технологій та відсутність в процесі періоду Незалежності України планових поточних ремонтів.



Примітка. На фото зліва показаний стан крайньої колони та опорної частини крайньої арки, на фото справа – стан крайньої балки прогонової будови надарочних конструкцій.

Рисунок 2 – Характерні корозійні пошкодження залізобетонних конструкцій мосту

За результатами перевірочних розрахунків було виявлено, що вантажопідйомність мостової споруди не відповідає чинним нормам [6, 7]. Перевантаження окремих конструкцій сягало до 99 відсотків від фактичної несучої здатності конструкцій. Причинами зменшення вантажопідйомності конструкцій споруди було:

- накопиченням корозійних пошкоджень в процесі експлуатації;
- збільшення нормативних значень навантажень в чинних нормах [7] у порівнянні з проектними;
- збільшенням фактичних навантажень на конструкції в процесі експлуатації внаслідок влаштування додаткових шарів асфальтобетонного покриття.

Непрацездатний стан мосту вимагав термінового накладання обмежень на режим його експлуатації з подальшим проведенням капітального ремонту або реконструкції. В зв'язку з цим на підставі додаткових розрахунків були прийняті організаційні рішення щодо обмеження руху транспорту по мосту до проведення відновлювальних робіт. Ці рішення полягали в обмеженні руху транспорту із швидкістю не більше 40 км/год загальною вагою не більше 10 т по крайнім смугам руху і 25 т – по середнім смугам руху.

У 2016 році був розроблений проект реконструкції мосту, який був реалізований у 2017-2018 роках. Протягом реконструкції для здійснення будівельних робіт на рух транспорту по мосту вимушено накладалися жорсткі обмеження. На половині моста дозволяли односторонній рух транспорту з реверсом по спеціальним дозволам. Це створювало значні труднощі у житті міста, які полягали у соціальній напрузі, перевантаженні об'їзних шляхів і вимушених додаткових витратах для перевізників, особливо вантажного транспорту. На рисунку 3 показано загальний стан відновлених конструкцій мосту після реконструкції.



Рисунок 3 – Характерний стан залізобетонних конструкцій мосту після реконструкції (фото 18.18.2023 р.)

Наведений досвід і проблеми експлуатаційного утримування моста в м. Вінниця є показовими для більшості комунальних мостів в Україні. Експлуатація моста не відповідає всім вимогам «Правил

експлуатації штучних споруд на вулицях і дорогах населених пунктів» [8]. Обстеження виконували нерегулярно з відхиленнями від вимог норм, ремонти пошкоджень конструкцій з початку періоду Незалежності України (35 років) не виконувалися, проводилися лише роботи з ремонту дорожнього покриття. Заплановані заходи з відновлення справного стану моста через брак коштів постійно відкладалися. Зрештою все ж таки вдалося акумулювати кошти і виконати в обмеженому варіанті неповну реконструкцію моста з відновленням справного стану його конструкцій.

Розглянутий вище випадок демонструє ще не гірший випадок експлуатаційного утримування мостової споруди. Для порівняння з розглянутим випадком у місцевих органах самоврядування станом на 2023 рік повністю відсутня інформація про стан 35 % мостів, тобто вони ніколи не обстежувалися і тільки 45 % мостів планово обстежували останнім часом [9, 10]. Тому у порівнянні із загальним станом проблеми ситуація з експлуатаційним утримуванням мосту у м. Вінниця була і є значно кращою.

За результатами розглянутих проблем технічної експлуатації комунальних мостів на прикладі мосту через річку Південний Буг по вул. В. Чорновола в м. Вінниця можна зробити такі висновки:

1. Тривале та систематичне недофінансування експлуатаційних заходів з утримання комунальних мостів призводить до прискореного розвитку корозійних пошкоджень конструкцій та погіршення їх загального стану. Зрештою це може призвести до обвалення конструкцій мосту або вимушеного припинення подальшої експлуатації споруди. Також систематичне нехтування експлуатаційними заходами згодом обумовлює підвищення потенційних економічних збитків внаслідок вимушених обмежень режиму експлуатації споруди та збільшення витрат для відновлення її справного стану.

2. В Україні відсутні дієві організаційні та нормативні засади для забезпечення справності мостових споруд, які знаходяться в підпорядкуванні органів місцевого самоврядування. Зокрема наявними нормативними документами не передбачено створення ефективної системи утримання мостових споруд на вулицях міст та селищ. Наявні правила експлуатації штучних споруд носять рекомендований характер і не вимагають створення необхідних організаційних підрозділів з кваліфікованим персоналом для забезпечення належного нагляду за станом та утриманням мостових споруд.

3. Для забезпечення вирішення проблеми погіршення стану комунальних мостів назріла необхідність в розробці нового нормативного документа, який мав статус державного стандарту і нормативно забезпечував утримування мостів на вулицях і дорогах населених пунктів у справному технічному стані. Для створення фінансових можливостей з утримання комунальних мостів є необхідність у створенні нових ефективних механізмів фінансування ремонтних заходів з їх утримання на прикладі Державного дорожнього фонду для утримання доріг загального користування.

Список використаних джерел

1. Звіт № 239/6548. Обстеження мостової споруди через р. Південний Буг у м. Вінниці по вул. В. Чорновола з видачею висновків та рекомендацій. НДЛ ЕфБК ВНТУ. Вінниця, 2004. 180 с.
2. ДБН В.2.3-6:2009. Мости та труби. Обстеження та випробування. [Чинний від 2010-03-01]. Мінрегіонбуд України. Київ, 2009. 63 с.
3. ДСТУ 9181:2022. Мости автодорожні. Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. [На заміну ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012]. [Чинний від 2023-01-01]. ДП «УкрНДНЦ». Київ, 2022. 28 с.
4. Звіт №505/6537/74. Перевірочні розрахунки мостової споруди через р. Південний Буг у м. Вінниця по вул. В. Чорновола з видачею висновків та рекомендацій / НДЛ ЕфБК ВНТУ – Вінниця, 2005. – 64 с.
5. Войцехівський О.В., Байда Д.М., Попов В.О. Результати обстеження та оцінка технічного стану мостової споруди через річку Південний Буг по вул. В. Чорновола у м. Вінниця. Будівлі та споруди спеціального призначення. Сучасні матеріали та конструкції. Київ, КНУБА, 2016. Вип. 61. С. 193-202.
6. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування. [Чинний від 2009-11-01]. Мінрегіонбуд України. Київ, 2009. 52 с.
7. ДБН В.1.2-15:2009 Мости та труби. Навантаження та впливи. [На заміну ДБН В.2.3-14:2006]. [Чинний від 2010-03-01]. Мінрегіонбуд України. Київ, 2009. 66 с.
8. Правила експлуатації штучних споруд на вулицях і дорогах населених пунктів. [Затверджені ДЕРЖЖИТЛОКОМУНГОСП УКРАЇНИ №162 від 11.11.2005 року]. Київ, 2005.
9. Комісія з перевірки стану мостів: представлено попередні висновки. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, опубліковано 27 липня 2023 року. Урядовий портал: Єдиний веб-портал органів виконавчої влади України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/komisiia-z-perevirky-stanu-mostiv-predstavleno-poperedni-vysnovky>.
10. Кожен четвертий міст в Україні у критичному стані. 22.08.2023 р. Інтернет-сайт «Українське радіо». URL: <https://ukr.radio/news.html?newsID=102095>.

Бельтек М.І., аспірант
 Євпак Н.А., студентка V курсу
 Науковий керівник - Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Моделювання дії вибуху свердловинного заряду в природно порушеному тріщинуватому масиві в середовищі Ansys

Дія вибуху свердловинного заряду вибухової речовини (ВР) в природно порушеному гірському масиві характеризується складністю процесу динамічного руйнування. Чисельне моделювання таких вибухових швидких процесів рекомендовано для того, щоб отримати більше знань про складні фізичні явища, які не можуть бути отримані експериментальними методами дослідження. Задачі високошвидкісного динамічного удару, проникаючої дії вибуху та інших нестаціонарних явищ з високими швидкостями деформації зазвичай вирішуються з використанням явного підходу до рівнянь механіки суцільних середовищ.

Ansys Autodyn – це інструмент моделювання для розв’язання задач значних деформацій або руйнування матеріалів, що має низку моделей для представлення складних фізичних явищ, таких як взаємодія рідин, твердих тіл і газів, фазові переходи матеріалів і поширення ударних хвиль. Основні характеристики програми дають змогу використовувати її для прогнозування фрагментації під час вибуху гірських порід. Спільне використання ейлерової та лагранжевої систем відліку в програмному забезпеченні ANSYS AUTODYN особливо корисне при моделюванні вибухових полів.

Ейлерова система відліку найкраще підходить для представлення детонації вибухових речовин, оскільки матеріал протікає через геометрично постійну сітку, яка легко справляється з великими деформаціями, пов’язаними з потоками газу і рідини. Гірські породи моделюються за допомогою системи відліку Лагранжа, яка найкраще підходить для фрагментованих твердих тіл, оскільки сітка рухається разом із матеріалом і дає змогу реалістично деформуватися і руйнуватися. Ці дві системи відліку з’єднані в програмі ANSYS AUTODYN таким чином, що енергія легко передається між ними для точного моделювання всього процесу вибуху. Переконливою особливістю ANSYS AUTODYN є включення цих функцій до тривимірного моделювання, що робить програму єдиним логічним вибором для моделювання та аналізу вибухових робіт у гірських породах.

Для визначення об’єму і розмірів зони, порушеної дією вибуху свердловинного заряду, за різного значення коефіцієнта зниження міцності, було проведено комп’ютерне моделювання динамічного руйнування масиву гірських порід вибухом. Для порівняння результатів моделювання було проаналізовано 10 моделей, у яких характеристики міцності були змінені з урахуванням коефіцієнта зниження міцності $K_{сп}$, з кроком 0,1 від початкової міцності.

Конфігурація моделі, а також місце розташування точок спостережень зображено на рис. 1.

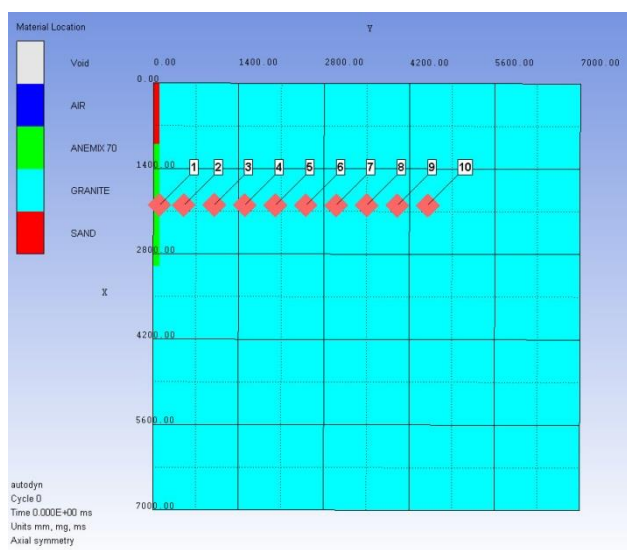


Рис. 1. Конфігурація моделі та розташування точок спостереження

Точки спостереження були додані в модель для визначення змін в часі таких параметрів як тиск та руйнування гірської породи. Всі точки спостереження розташовані на одній горизонтальній лінії по

середині заряду ВР. Точка 1 розташована на межі між зарядом ВР та масивом гірських порід і призначена для визначення зміни тиску газів вибуху з плином часу, точки 2-10 розташовані через кожні 0,5 м, їх задача полягає в спостереженні за ступенем руйнування масиву.

Розрахунки показують, що кінетична енергія заряду ВР вичерпується за 1,0...1,5 мс (рис. 2). Проте, під дією накопичених навантажень та інерції, масив продовжує деформуватися в окремих місцях і зазнавати більшого поширення тріщин.

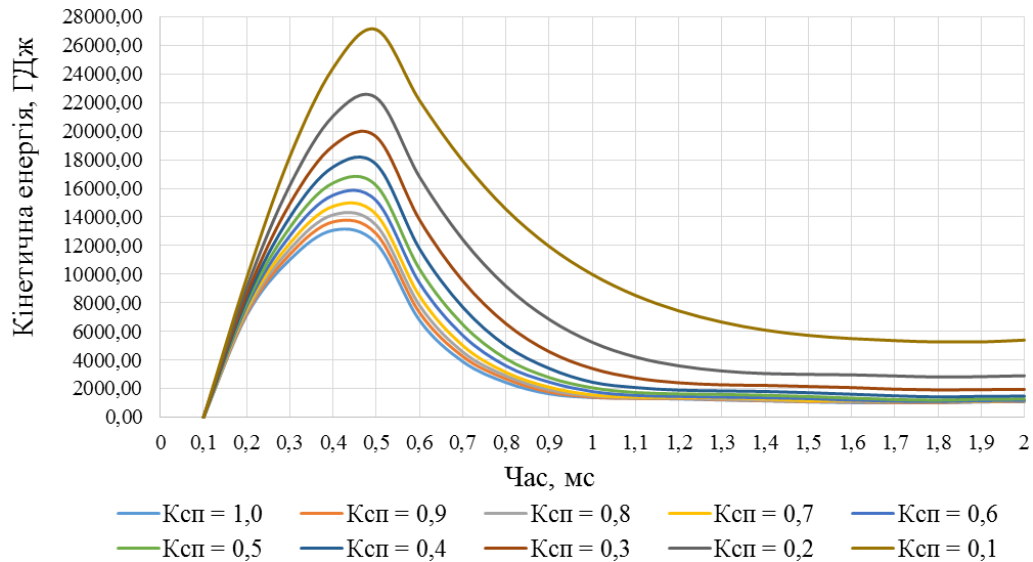


Рис. 2. Зміна кінетичної енергії в часі

В результаті моделювання було отримано характер розподілу руйнування для масиву з повною міцністю (рис. 3).

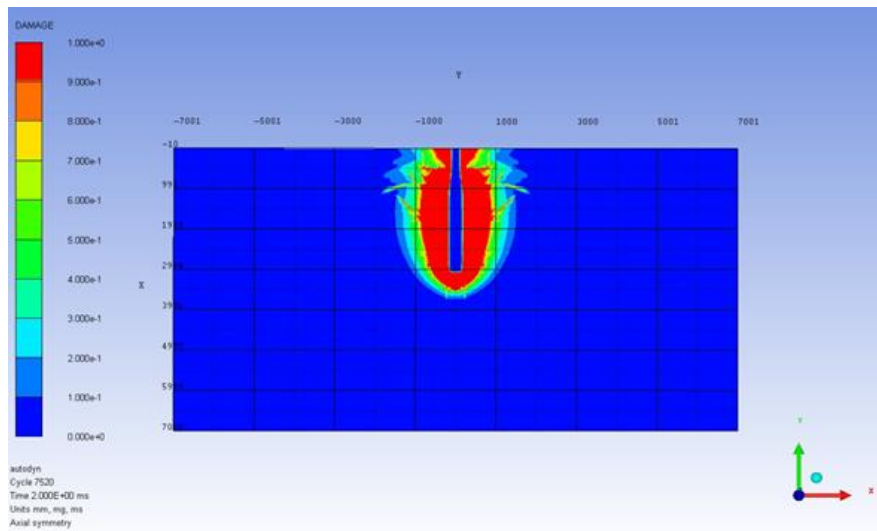


Рис. 3. Епюра руйнування для масиву з повною міцністю

Результати руйнування дають можливість зробити висновок, що об'єми та радіуси зон руйнування зі зменшенням їх міцності зростають.

Проведені теоретичні дослідження показали, що на вибухове руйнування гірських порід суттєво впливає тріщинуватість гірського масиву. Для підтвердження ефективності запропонованого методу оцінки вибухового руйнування природно порушених гірських масивів необхідні експериментальні дослідження. При їх проведенні необхідно враховувати характеристики ВР та порушених гірських масивів.

Бережна О.О., студентка 3-го курсу, гр. ПЦБ-1
Науковий керівник - Піскун І.А., асистент
Кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Порівняльний аналіз природної та припливно-витяжної систем вентиляції

Саме слово вентиляція походить від лат. ventilatio – провітрювання. Це створення обміну повітря в приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою забезпечення допустимих метеорологічних, санітарно-гігієнічних, технологічних умов повітряного середовища. Вентиляція створює умови повітряного середовища, сприятливі для здоров'я і самопочуття людини, що відповідають вимогам технологічного процесу, збереження устаткування і будівельних конструкцій будівлі, зберігання матеріалів тощо.

Для оптимального теплового самопочуття людина повинна зберігати постійну температуру тіла, що забезпечується безперервним відведенням тепла, яке утворюється в процесі життєдіяльності організму і сприйманої ним теплоти – у довкілля. Теплообмін і теплове самопочуття людини обумовлюються сумісним впливом температури повітря і навколишніх предметів, вологості повітря і швидкості його руху.

Сама ж вентиляційна система — це сукупність пристроїв для обробки, транспортування, подавання й видалення повітря.

Вентиляцію потрібно планувати, проектувати та монтувати на етапі нульового циклу. Як правило, в Україні до цього ставляться не належним чином і різниці між економною забудовою та елітною, у питаннях вентиляції немає. Максимум, що ви отримаєте це пожежозахисні клапани на вентиляційних каналах, а подальша оптимізація роботи даної системи має виконуватись індивідуально.

Зазвичай, в практиці використовується припливна природня вентиляція (рис.1), оскільки вона є найпростішим способом провітрювання. Але недоліками такої системи є:

- повітря, що надходить через відкриті вікна, забруднене пилом та алергенами, і разом з повітрям у приміщення можуть потрапляти звуки з вулиці;
- відкрите вікно взимку передбачає надходження холодного повітря, а влітку – гарячого, тому системи опалення та кондиціонування працюватимуть старанніше, щоб перекрити ці холодо- або теплонадходження, як наслідок абсолютно нехтуються будь-які принципи енергозбереження та теплоефективності;
- переміщення нового повітря не регулюється, як наслідок відсутня здатність контролювати скільки кисню потрапило в кімнату, чи достатньо цього для хорошого самопочуття (про те, що приміщення перенасичене вуглекислим газом, ви зможете здогадатися тільки коли заболить голова, адже надлишки CO₂ негативно впливають на працездатність та здоров'я, відповідно доведеться постійно відкривати і закривати вікно, щоб регулювати мікроклімат).

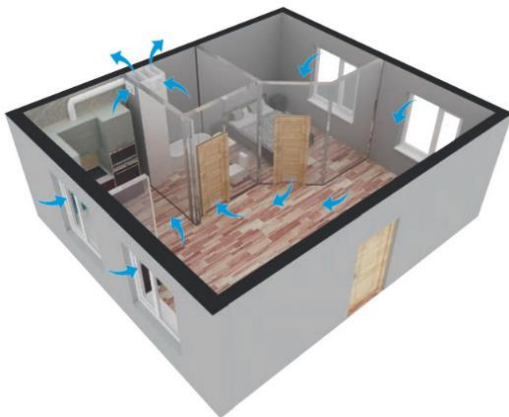


Рис. 1. Припливна природня вентиляція

Гарним прикладом для порівняння є Фінляндія, вона була однією з перших країн, які почали проводити зміни ще до 1959 року. Фінляндія запровадила механічні припливні та витяжні системи вентиляції, в наслідок чого поступово склалася ситуація, коли всі будівлі, збудовані після 2004 року, обладнані лише припливно-витяжними системами вентиляції.



Рис. 2. Припливно-втяжна вентиляція

Даний тип пристроїв відповідає відразу за дві дії – приплив та забір повітря. Такі пристрої можуть працювати локально, тобто бути децентралізованими. У такому разі і подавати, і видаляти повітря вони будуть в одній кімнаті. Такі види систем вентиляції все одно вимагають встановлення додаткових втяжних вентиляторів у санвузлах та на кухні.

Центральні системи припливно-втяжної вентиляції передбачають розведення повітроводів у різні зони. Одні канали видалятимуть повітря, інші – подаватимуть чисте. Це найбільш правильний з усіх типів вентиляції приміщень, і ось чому:

- центральні припливно-втяжні установки обробляють великі обсяги повітря, забезпечуючи правильний мікроклімат у всіх приміщеннях;
- такі пристрої є енергоефективними, оскільки здебільшого оснащуються рекуператорами.

Централізовані пристрої можуть оснащуватися VAV-клапанами (це затвори, що регулюють подачу та забір повітря у різних зонах) і працювати за датчиками CO₂, інтегруються в систему розумного будинку, оснащуватися більш якісними фільтрами і т.д. Єдиний недолік таких систем – це досить висока вартість.

Якісна вентиляція в наших будинках вкрай важлива, бо ми вже звикли стежити за тим, що ми їмо і п'ємо, і рідко звертаємо увагу на те, чим дихаємо. А саме вентиляція створює в приміщенні комфортний мікроклімат і забезпечує нас киснем, якого так потребує наш мозок. Якщо ж знехтувати нею, це призводить до ряду погіршення як самого стану приміщення, так і наражає на небезпеку здоров'я людини. Наведемо декілька прикладів:

- недостатній приплив свіжого повітря призводить до зростання концентрації вуглекислого газу, що виділяється людьми, цей чинник стає причиною погіршення самопочуття, появи головних болів, зниження працездатності, а також загострення хронічних захворювань.
- у будь-якому погано провітрюваному приміщенні накопичується пил, який потрапляє в органи дихання людини і сприяє проникненню в організм різних інфекцій та алергенів, алергія на пил проявляється у вигляді таких симптомів як нежить, чхання та сльозотеча;
- за недостатньої вентиляції збільшується вологість повітря в приміщенні, що неодмінно призводить до появи конденсату на вікнах, стінах і стелі, надлишок вологи не тільки псує оздоблювальні та будівельні матеріали, а й сприяє розвитку грибків і бактерій, які вкрай шкідливі для здоров'я людини;
- окрім неприємних запахів, у погано провітрюваному приміщенні також можуть з'явитися шкідливі випари від фарб, лаків, меблів, будівельних матеріалів та інших джерел, а це вже є прямою загрозою для здоров'я людей.

Практично всі перераховані вище наслідки поганої вентиляції житлових приміщень сприяють погіршенню здоров'я їхніх мешканців і розвитку певних хвороб, а це – найголовніший негативний фактор.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.5-67:2013 Інженерні мережі внутрішні санітарно-технічні. Вентиляція, кондиціонування повітря, опалення (<https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>)
2. Вентиляція та кондиціонування повітря: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.В. Іванов, О.О. Кушнір. - 2-е вид., перероб. і доп. - Київ: НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 624 с.
3. Сучасний стан та перспективи розвитку систем вентиляції та кондиціонування повітря / В.В. Іванов, О.О. Кушнір // Науковий вісник НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського. - 2020. - № 4. - С. 104-111.

УДК 622

Гнітецький О.М., аспірант, 1 курс, PhD-184-23-2,
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Котенко В.В., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Практика створення цифрової моделі поверхні (DSM) відкритої гірничої розробки з використанням програмного забезпечення PIX4Dmatic

Застосування БПЛА для аерофотознімання з метою подальшого створення цифрової моделі поверхні (DSM) для здійснення маркшейдерського забезпечення відкритих гірничих розробок на основі даної моделі має суттєві переваги над традиційними методами здійснення маркшейдерського забезпечення. Основними такими перевагами є виконання зйомок швидко, безпечно та можливість знімання у важкодоступних місцях.

Головною метою даного дослідження було дослідити процес створення цифрової моделі поверхні (DSM) відкритої гірничої розробки з використанням програмного забезпечення PIX4Dmatic в системі координат, що однозначно зв'язана з Державною геодезичною референційною системою координат УСК-2000, у місцевій системі координат МСК-18 та проаналізувати фактори, які можуть впливати на якість отриманих результатів. Зробити висновки щодо подальших досліджень у створенні цифрових моделей поверхні (DSM) відкритих гірничих розробок задля оптимізації процесів та підвищення точності отриманих даних для подальшого визначення об'ємів виконаних гірничих робіт та оцінки їх точності на родовищах нерудної будівельної сировини на основі даних цифрових моделей.

9 березня 2024 року ми проводили аерофотознімання відкритої гірничої розробки ПРАТ «Коростишівський гранітний кар'єр», що знаходиться північніше села Кам'яний Брід Старосілецької сільської громади під керівництвом наукового керівника Котенка Володимира Володимировича.

За результатами даних знімань ми мали на меті створити цифрову модель поверхні та перевірити якість отриманих результатів, дослідити які фактори можуть впливати на дані процеси та можливість подальшого використання даної моделі для визначення об'ємів виконаних гірничих робіт у майбутніх дослідженнях.

Важливою частиною даного дослідження було ознайомлення з повноцінною версією програмного забезпечення PIX4Dmatic, на яке разом з колегою аспірантом Миколою Скориком ми отримали річну безкоштовну підписку як переможці гранту для університетів PIX4Dcatch RTK. Вартість місячної підписки на дане програмне забезпечення складає 138,61 євро, що є доволі високою ціною. Тому це суттєва підтримка яка допомагає проводити дослідження. Також варто зазначити, що до повномасштабного вторгнення росії в Україну я мав певний досвід з використання програмного забезпечення Agisoft Metashape, однак, оскільки дане програмне забезпечення має російський слід, то виникає потреба в застосуванні іншого програмного забезпечення цивілізованого світу.

Ми використали БПЛА Phantom 4 pro v2 з додатковим PPK модулем для дистанційного зондування відкритої гірничої розробки. Під час польоту, у моменти фотографування, цей модуль записував RINEX дані. Одночасно, було встановлено наземну базову станцію South S660P, чії координати були точно визначені за допомогою RTK. Ця станція також записувала RINEX дані. Постобробка і урівнювання цих даних дозволили значно підвищити точність визначення координат центрів знімків з камери БПЛА, що сприяло точнішому створенню цифрової моделі у системі координат МСК-18.

Завчасно був розроблений план польоту БПЛА з використанням програмного забезпечення DJI GS Pro, що включав місце старту та оптимізацію часу польоту. Висота польоту склала 60 метрів, з повздовжнім та поперечним перекриттям 80% і 70% відповідно. Швидкість польоту була встановлена на рівні 6 м/с. Всього було зроблено 596 знімків.

Обробка отриманих даних здійснювалася за допомогою RTKLIB (урівнювання RINEX даних) та в подальшому у програмному забезпеченні PIX4Dmatic.

Також хочеться звернути увагу, що фактичне опрацювання усіх етапів в програмному забезпеченні PIX4Dmatic зайняло лише 54 хвилини 9 секунд. Деталі в таблиці 1.

Таблиця 1

№	Назва	Час
1	Calibration I am running a few minutes late; my previous meeting is running over. Калібрування	4 хв 24 сек
2	Dense point cloud \ Щільна хмара точок	22 хв 31 сек
3	Mesh \ Сітка	18 хв 51 сек
4	DSM \ DSM	4 хв 47 сек
5	Orthomosaic \ Ортомозаїка	3 хв 36 сек
Всього		54 хв 9 сек

Це гарний результат, але варто зазначити, що багато в чому це залежить від компонентів комп'ютера. В моєму випадку це були: CPU: AMD Ryzen 9 5980HS with Radeon Graphics, RAM: 31.41 GB, GPU: NVIDIA GeForce RTX 3080 Laptop GPU/PCIe/SSE2.

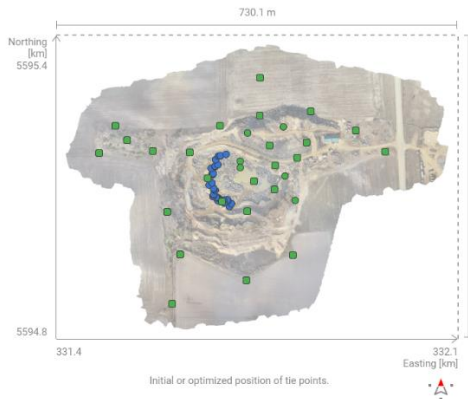


Рис. 1. Схема відображення контрольних точок. (Сині маркери – контрольні точки вершин уступів, зелені маркери – контрольні наземні точки, що використовувалися для калібрування знімків та перевірки).

Для підвищення точності калібрування та перевірки було закладено 33 контрольні точки на різних горизонтах рівновіддалених від центру об'єкту знімання. Лише 6 точок використовувалися в якості контрольних наземних точок які брали участь в процесі калібрування центрів знімків, решта точок були в якості контрольних. Розміщення точок можна побачити на рис.1.

Далі були згенеровані автоматичні точки прив'язки у кількості 1 444 749 штук. Згідно зі звітом отриманим в результаті опрацювання даного процесу отримали наступні відхилення в метрах, таблиця 2.

Далі була згенерована щільна хмара точок у кількості 72 059 365 точок.

Для додаткового візуального контролю цифрової моделі були визначені координати верхніх значень уступу в 33 трьох місцях, детально рис.2.

Заключним етапом було створення сітки та вже потім була створена цифрова модель місцевості (DSM). Роздільна здатність отриманої моделі склала 1.6 см/піксель, роздільна здатність зображення 1355*1006 пікселів.

Таблиця 2

Значення	X	Y	Z
Середнє	0,025	-0,004	-0,004
Максимальне	0,037	0,040	0,023
Мінімальне	-0,055	0,064	-0,021

Створювати цифрову модель поверхні (DSM) відкритої гірничої розробки з використанням програмного забезпечення PIX4Dmatic зручно та швидко. Програмне забезпечення хоча не має багатьох додаткових налаштувань на кожному окремому процесі, проте працює оптимізовано та забезпечує якісне опрацювання матеріалів зйомки. Додатково варто дослідити перехресне аерофотознімання з нахилом камери під 70 градусів, що теоретично може підвищити точність цифрової моделі місцевості та ліквідувати «мертві зони» в гірничій виробі в місцях вертикального зрізу на уступах. Можливо ще додатково варто спробувати знизити висоту польоту для отримання більшої роздільної здатності.



Рис. 2. Цифрова модель кар'єру з відображенням наземних контрольних точок та контрольних точок вершин уступів. (Сині маркери – контрольні точки вершин уступів, зелено-сині маркери – контрольні наземні точки, що використовувалися для калібрування знімків).

Після повторних дослідів та отримання оптимального результату у створенні цифрової моделі місцевості відкритої гірничої розробки плануємо вивчати застосування програмного забезпечення PIX4Dsurvey з допомогою якого на базі даної цифрової моделі місцевості, попередньо класифікувавши точки, можна створити TIN (Triangular Irregular Network - трикутна нерегулярна мережа). Це допоможе дослідити та розробити методику застосування БПЛА для визначення об'ємів виконаних гірничих робіт та оцінки їх точності на родовищах нерудної будівельної сировини.

Горшкальов С.А., аспірант
Науковий керівник - Левицький В.Г., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Моделювання гірничих об'єктів за допомогою 3DM Analyst і Agisoft Metashape

Розвиток автоматизованих методів планування й організації відкритих гірничих робіт пов'язаний з створенням математичних моделей кар'єра. На сьогодні все ширше впроваджуються сучасні методи 3D моделювання поверхні кар'єру з точним представленням контурів уступів та інших елементів гірничих виробок. З швидким темпом розвитку технологій, ці методи покращуються і спрощуються при їх реалізації.

Побудова тривимірної моделі кар'єру та окремих об'єктів гірничого виробництва є актуальним питанням. Сучасне комп'ютерне та цифрове обладнання дає нам можливість виконати подібного роду завдання, попередньо не виконуючи ніяких польових вимірювань на підприємстві. Завдяки використанню цифрових систем 3DM Analyst та Agisoft Metashape побудова тривимірної моделі займає мало часу. До недавнього часу, створення цифрових тривимірних моделей, подібним способом, було обмежено добре підготовленими фахівцями, з глибоким знанням базової теорії та хорошим стереосприйняттям. Тільки з появою високоякісних, доступних цифрових камер і безпілотних апаратів, дана проблема стала легко вирішальною. Розглянемо можливості та переваги кожної з програм.

3DM Analyst – це цифрова фотограмметрична система, яка моделює об'єкти на основі цифрових знімків, що накладаються один на одне. Програма виконує такі завдання:

- геологічний та геотехнічний аналіз;
- моделювання запасів і природних ресурсів;
- підрахунок об'єму запасів корисної копалини та розкривних порід;
- підрахунок об'єму вантажопотоку;
- моніторинг просадки дорожніх покриттів;
- вимірювання зношування деталей технічного транспорту.

3DM Analyst одна з найбільш популярних програм, які використовуються для геотехнічного аналізу.

Переваги цієї програми:

- здатність захопити великі ділянки кар'єру, просто сфотографувавши їх;
- можливість отримати дані, з відстані до трьох кілометрів на земній поверхні та з повітря, коли немає безпечного доступу до зони, яка нам потрібна для обробки даних;
- швидкість, з якою можуть бути отримані дані, в порівнянні з іншими методами;
- рівень точності та деталізація отриманих даних, в порівнянні з іншими методами;
- отримання даних не заважає роботі підприємству та не впливає на його діяльність;
- можливість отримання даних в різних кліматичних умовах;
- фізичні компоненти системи, а саме комп'ютер та цифрові камери, які є єдиними частинами, що можуть зламатися, легко замінні, відносно дешеві та доступні.

Основні характеристики 3DM Analyst, що роблять її особливо цікавою, як цифрову фотограмметричну систему:

- швидкість програмного забезпечення – програма, дає декілька зображень, в яких користувач може оцифрувати контрольні точки, вказати камери станцій, визначити абсолютну орієнтацію і створити модель поверхні;
- рівень автоматизації – програмне забезпечення може визначити відносну орієнтацію камери в повністю автоматичному режимі та генерувати модель поверхні без втручання оператора;
- здатність програмного забезпечення виявляти помилки в даних, які були надані користувачем і повідомляти користувачеві про те, як виправити ці помилки.

За допомогою сучасної цифрової камери з великою фокусною віддаллю, виконується зйомка об'єкта. Зйомка має виконуватися на такій відстані, щоб весь об'єкт потрапив в об'єкти камери. Кожен наступний знімок має перекривати попередній на 60% чи на 30% в залежності від виду стереофотограмметричної зйомки. На кожному зображенні мають бути зв'язуючі точки, які будуть поєднувати фото в одну панораму.

Використовуючи лише фотографії з камери будується детальна модель (Digital Terrain Model) та тривимірне зображення об'єкту.

Agisoft Metashape – дозволяє автоматично створювати високоякісні 3D моделі об'єктів на основі цифрових фотографій. Текстуровану 3D-модель можна зберегти в різних форматах – VRML, Wavefront OBJ, 3ds, Stanford PLY, COLLADA, PDF, U3D. Agisoft Metashape здатний обробляти будь-які фотографії,

зняті будь-яким цифровим фотоапаратом, з будь-яких ракурсів. Головне, щоб кожен елемент об'єкта було видно хоча б з двох позицій зйомки.

Якщо в програму ввести хоча б одну відстань між точками об'єкта або позиціями зйомки, Agisoft Metashape відновлює масштаб всієї моделі і дозволяє визначати відстані між будь-якими точками об'єкта, обчислювати площі та об'єми об'єкта або його частин.

Якщо в програму ввести координати хоча б трьох точок об'єкта або три позиції зйомки, Agisoft Metashape автоматично прив'язує модель до даної системи координат, дозволяє обчислювати проекцію моделі на задану поверхню (ортофотоплан), матрицю висот відносно заданої поверхні (DEM), створювати ортофотоплан і DEM в різних форматах і системах координат.

Процес обробки фотографій повністю автоматизований і не вимагає попереднього калібрування камери або ручного маркування фотографій.

Основні особливості програмного забезпечення:

- повітряна і ближні триангуляції;
- встановлення системи координат;
- генерація цифрової моделі рельєфу (ЦМР);
- вимірювання відстані, площі, об'ємів;
- прив'язка з використанням журналу польоту або опорних точок;
- мульти-спектральна обробка зображень;
- 3D моделювання: генерація та текстурювання;
- побудова ортофотопланів;
- моделювання 4D для динамічних сцен.

Переваги Agisoft Metashape:

- високоточні та детальні результати;
- повний автоматизований та зрозумілий робочий процес;
- прискорена обробка даних;
- мережева підтримка для великих проектів;
- легкий обмін з експортом в PDF та пряме завантаження на інтернет ресурси.

Відновлення текстурованої 3D моделі досягається за допомогою трьох етапів обробки:

1. Визначення положень і параметрів зовнішнього і внутрішнього орієнтування камери. На цій стадії Agisoft Metashape знаходить спільні точки фотографій і по ним визначає всі параметри камери:

1. Положення (з точністю до масштабу), орієнтацію, внутрішню геометрію (фокусна відстань, параметри дисторсії і т.п.). результатами цього етапу є розріджена хмара спільних точок в 3D просторі моделі і дані про положення та орієнтацію камери. У Agisoft Metashape хмара точок не використовується на подальших стадіях обробки і служить тільки для візуальної оцінки якості вирівнювання фотографій.

2. Відновлення геометрії об'єкта. На другому етапі Agisoft Metashape будує тривимірну модель, що описує форму об'єкта, використовуючи один з чотирьох алгоритмів. Після побудови моделі іноді потрібно її редагування.

3. Текстурювання об'єкту. Останній етап включає в себе текстурювання або побудову ортофотоплану. Враховуючи всі вище перераховані характеристики, можливості та переваги даних програм, можна зробити висновок, що 3DM Analyst та Agisoft Metashape дуже подібні за принципом роботи та призначенням.

Різниця між ними тільки в тому, що 3DM Analyst, на даний час, не доступна для пробного використання, порівняно з Agisoft Metashape.

Ці дві програми зарекомендували себе, як цінний ресурс в гірничій галузі. Вони представляють особливий інтерес для блочних та щелепних кар'єрів тим, що характеристики та можливості цих програм здатні виконувати роботи з потрібною точністю та відповідно до вимог, що висуваються підприємством. За допомогою їх, прискорюється обробка даних та аналіз даних, за короткий проміжок часу виконуються графічні побудови.

Завдяки 3DM Analyst та Agisoft Metashape роботи по відпрацюванню гірського масиву виконуються раціональніше, а отже і продуктивність підприємства зростає.

Дзьоба М.В., аспірант
 Чміленко Д.Д., студентка III курсу
 Науковий керівник - Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Встановлення залежності коефіцієнту стійкості уступу кварцових пісків від кута його укосу

Видобуток корисних копалин відкритим способом в багатьох випадках супроводжуються деформаційними процесами в бортах та уступах кар'єрів. Ці процеси можуть бути як тривалими у часі, так і короткочасними або навіть миттєвими. У будь-якому випадку деформації кар'єрних укосів знижують ефективність видобутку та завдають матеріальної шкоди підприємству. Зокрема, порушується правильне і безпечне проведення гірничих робіт, а також збільшуються втрати корисних копалин.

До основних причин прояву деформацій (осипи, обвалення, зсуви та ін.) належать: недостатня вивченість гірничо-геологічних умов (структурні особливості гірського масиву та його фізико-механічні властивості); невідповідність кутів нахилу кар'єрних укосів нормативним вимогам; хибне уявлення про характер деформацій (його недооцінка); неправильне проведення гірничих робіт; відсутність інженерних протизсувних заходів на кар'єрі; застосування неправильних методів оцінки та аналізу безпечних параметрів стійкості укосу. У зв'язку з цим, оцінку стійкості укосів необхідно здійснювати на постійній основі доступними (інженерними або комп'ютерними) методами контролю на підставі достовірних даних про стан гірського масиву та технологію ведення гірничих робіт.

Для забезпечення стійкості укосів кар'єрів необхідно також враховувати цілу низку факторів, які можуть стати причиною проявів зсувних явищ. Крім того, варто забезпечити постійний моніторинг за дотриманням встановлених параметрів технології ведення гірничих робіт з прогнозуванням стану стійкості гірського масиву у випадку можливих їх порушень. Тому встановлення залежності коефіцієнту стійкості уступу кварцових пісків від кута його укосу в умовах Сихівського родовища є актуальним.

Згідно робочого проекту розробки даного родовища кут відкосу робочого уступу повинен становити $\alpha = 30^\circ$. Такий кут відповідає необхідним умовам забезпечення стійкості уступу. Однак, в окремих випадках, значення кута відкосу тимчасово не дотримується через певні технологічні причини (зокрема, вихід з ладу видобувного обладнання, значна інтенсивність виконання гірничих робіт та ін.). Таке порушення технології проведення гірничих робіт та правил безпеки праці може привести до утворення осипів, обвалень та зсувів. Для попередження виникнення зсувних явищ та уникнення їх негативних наслідків потрібно знати коефіцієнт запасу стійкості уступу та можливу призму обвалення масиву.

На даний час нормативним способом визначення параметрів стійкості гірського масиву є метод графічних побудов (за Г.Л. Фісенко). Цей метод розрахунку базується на рівнянні граничної рівноваги Кулона. Після побудови поверхні ковзання встановлюють загальну довжину її поверхні L та ширину закладення зсувного клину B . Далі виконують перевірку стійкості шляхом розрахунку коефіцієнту стійкості укосу. Для цього у масштабі будують зсувний клин і вертикальними лініями розбивають його на певну кількість призм приблизно однакової ширини. В місцях перетину вертикальних ліній із поверхнею ковзання розкладають силу ваги породи в блоці на дві складові: нормальну N_i та дотичну T_i маси блоку. Потім для кожної призми можливого обвалення виконують вимірювання кута δ_i між Q_i та N_i .

Нормальна (утримуюча) складова N_i та дотична (зсувна) складова T_i маси блоку, т, визначається як

$$N_i = Q_i \cos \delta_i; \quad T_i = Q_i \sin \delta_i. \quad (1)$$

Після цього визначають площу кожного блоку S_i і розраховують масу гірської породи в кожному блоці на 1 погонний метр по довжині укосу (b):

$$Q_i = S_i \gamma b, \text{ т.} \quad (2)$$

Розрахунок коефіцієнту стійкості укосу уступу здійснюють за виразом:

$$K_{st} = \frac{\operatorname{tg} \varphi \sum_{i=1}^n N_i + C \cdot L}{\sum_{i=1}^n T_i}, \quad (3)$$

де φ – кут внутрішнього тертя, градус; C – коефіцієнт зчеплення породи, МПа; L – загальна довжина поверхні ковзання, м.

Згідно робочого проекту розробки кварцові піски Сихівського родовища мають наступні фізико-механічні властивості: об'ємна вага – $\gamma = 1,66 \text{ т/м}^3$; зчеплення – $C = 2 \text{ кПа}$; коефіцієнт розпушення – $K_p = 1,32$; природна вологість – $W = 2,83 \%$; кут внутрішнього тертя – $\varphi = 33^\circ$; коефіцієнт пористості – $e = 0,65$. Висота робочого уступу складає $H = 20 \text{ м}$.

З метою встановлення впливу кута укосу робочого уступу на коефіцієнт стійкості в AutoCAD способом графічних побудов зображені поверхні ковзання можливого обвалення масиву для кутів укосу від 25° до 50° та визначені усі необхідні параметри. Для наведених властивостей піску глибина виникнення поверхні ковзання склала $H_{90}=0,44$ м, а кут між напрямком головного напруження та елементарними поверхнями ковзання – $\mu=28^{\circ}30'$.

Згідно формули (3), розраховано коефіцієнти стійкості робочого уступу K_{st} для усіх досліджуваних значень кутів відкосів кварцових пісків (за методом Г.Л. Фісенко).

Аналогічні дослідження впливу кута відкосу уступу на значення коефіцієнту стійкості проведено у програмному комплексі Rocscience Slide з використанням методу граничної рівноваги. Для кожного значення кута відкосу уступу отримані критичні поверхні ковзання з найменшим значенням коефіцієнту стійкості. Методами аналізу прийнято найбільш поширені Bishop, Janbu та Spencer.

За результатами проведених розрахунків у Rocscience Slide та методі графічних побудов (див.табл.) побудовані графічні залежності зміни коефіцієнту стійкості робочого уступу від кута укосу кварцових пісків на Сихівському родовищі (рисунок).

Таблиця

Значення коефіцієнту стійкості K_{st} для різних методів аналізу залежно від кута відкосу уступу α

Кут відкосу уступу α , град	Значення мінімального коефіцієнту стійкості K_{st} для різних методів аналізу			
	Фісенко	Bishop	Janbu	Spencer
25	1,686	1,576	1,540	1,575
30	1,383	1,300	1,267	1,297
35	1,16	1,098	1,066	1,093
40	1,001	0,938	0,908	0,933
45	0,88	0,813	0,783	0,809
50	0,786	0,708	0,678	0,702

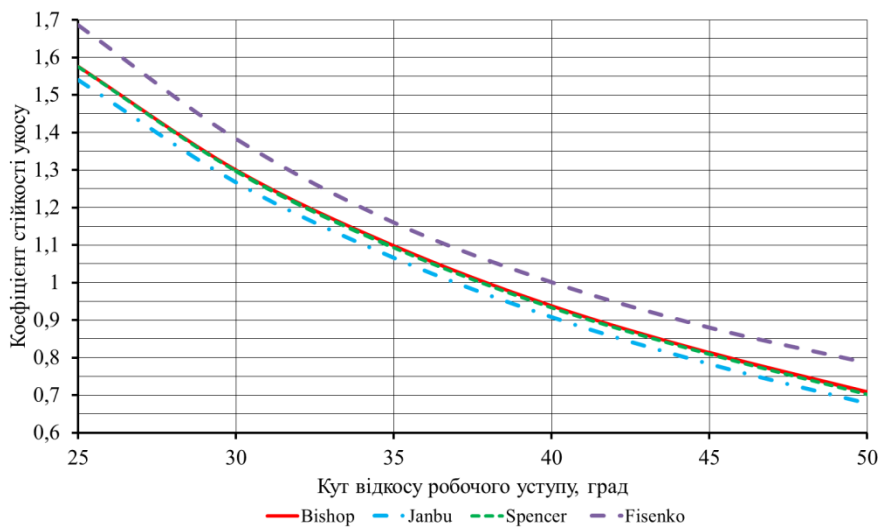


Рисунок 1. Значення коефіцієнту стійкості K_{st} укосу залежно від кута відкосу уступу α для різних методів аналізу

Аналіз графічних залежностей показує, що характер їх зміни є однаковим як для методів аналізу Slide, так і для нормативного методу графічних побудов (за Г.Л. Фісенко). Однак, метод графічних побудов надає більші значення коефіцієнту стійкості уступу, ніж методи аналізу Slide. У порівнянні з методами Bishop та Spencer значення K_{st} більше на 6...11%, а у порівнянні з Janbu – на 9...14% при зміні кута укосу з 25° до 50° відповідно. У той же час за Bishop та Spencer графіки майже збігаються, а метод Janbu надає нижчі результати значень коефіцієнту стійкості в межах 2...4%.

Іванюк В.В., студент 3 курсу, група ОС-11
Ган О.В., к.т.н., старший викладач
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Споруди подвійного призначення

Споруда подвійного призначення - це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення. Це можуть бути підземний простір метрополітену, підземні паркінги, підземні переходи, об'єкти будівництва.

Потреби в захисних спорудах: Під час визначення потреб враховується радіус пішохідної доступності та технічний стан наявних захисних споруд (споруд подвійного призначення), а також в особливий період наявність найпростіших укриттів. Місця розміщення об'єктів фонду захисних споруд повинні забезпечувати можливість швидкого доступу до них населення (працівників) з найвіддаленішого місця їх розташування з урахуванням радіуса пішохідної доступності до таких об'єктів, який приймається не більше ніж: 300 метрів - для багатоповерхової забудови, забудови підвищеної поверховості та висотної забудови, а також для суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту; 500 метрів - для середньоповерхової та малоповерхової забудови.

Створення фонду захисних споруд здійснюється шляхом: Реалізації положень розділів (схем) інженерно-технічних заходів цивільного захисту містобудівної та проектної документації об'єктів будівництва у частині будівництва (приспосабування) захисних споруд та споруд подвійного призначення з обов'язковим взяттям на облік завершених будівництвом сховищ, протирадіаційних укриттів, споруд подвійного призначення; Комплексного освоєння підземного простору міст та інших населених пунктів для розміщення в ньому споруд соціально-побутового, виробничого та господарського призначення, що можуть бути використані для укриття населення як споруди подвійного призначення та найпростіші укриття; Взяття на облік як споруд подвійного призначення та найпростіших укриттів об'єктів іншого призначення, які експлуатуються, зокрема підземних і наземних будівель і споруд, гірських та інших виробків і підземних порожнин; Прискореного будівництва, створення та облаштування об'єктів фонду захисних споруд в умовах особливого періоду та воєнного стану; Завчасного придбання (виготовлення) та утримання захисних споруд, зокрема блок-модульного типу, відповідно до ДСТУ 9195:2022. Для встановлення можливості використання для укриття населення як споруд подвійного призначення та найпростіших укриттів підлягають огляду, а у разі потреби - технічному обстеженню в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України: підземні переходи між станціями (транспортні, станцій метрополітену); тунелі (станції метрополітену, автодорожні, магістральні, пішохідні); підземні склади; споруди котлованного типу (автостоянки, паркінги, гаражі, підземні торговельні центри, підприємства громадського харчування, магазини); колишні оборонні об'єкти та бази; підземні гірські виробки, печери та інші підземні порожнини різного призначення; підвальні та цокольні поверхи об'єктів цивільного і промислового призначення; інші об'єкти, що за своїми технічними характеристиками та захисними властивостями можуть бути використані для укриття населення.

Вимоги щодо утримання та експлуатації захисних споруд: Балансоутримувач забезпечує утримання захисних споруд та інших споруд, що повинні використовуватися для укриття населення, а також підтримання їх у стані, необхідному для приведення у готовність до використання за призначенням відповідно до вимог щодо утримання та експлуатації захисних споруд. Конкретний строк приведення захисної споруди в готовність до використання за призначенням (крім споруд, що відповідно до законодавства повинні перебувати в постійній готовності) зазначається в паспорті захисної споруди, а саме: не більше 12 годин - для захисних споруд, призначених для укриття працівників (персоналу, найбільшої працюючої зміни) суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту; не більше 24 годин - для інших захисних споруд, споруд подвійного призначення та найпростіших укриттів. Здійснення контролю за готовністю захисних споруд цивільного захисту до використання за призначенням забезпечує ДСНС разом з відповідними центральними органами виконавчої влади, місцевими держадміністраціями та органами місцевого самоврядування відповідно до вимог законодавства [1].

Вентиляція у спорудах подвійного призначення: Рішення 1. Механічна припливна вентиляція з догріванням повітря + витяжна вентиляція (рис.1). Цей варіант оптимальний у таких випадках: при обмеженому бюджеті на систему вентиляції та наявності резервних потужностей для нагрівання повітря; при постійному використанні приміщення (в режимі тривоги); при підтриманні системою опалення мінімально допустимої температури внутрішнього повітря та необхідності додаткового догрівання приміщення. Перевагою такої системи вентиляції є простота монтажу та експлуатації. Її можна використовувати як стаціонарну з доукомплектуванням додатковими елементами (охолодження) при

облаштуванні підвальних приміщень для цілолічного використання. До недоліків системи можна віднести порівняно велике споживання енергії на нагрівання зовнішнього повітря. Такий варіант системи може бути реалізований на базі припливних установок ВЕНТС МПА...Е та ВЕНТС ВПА із вбудованою автоматикою та витяжного вентилятора ВЕНТС ВКПФ, що працює синхронно з «приточкою». Для зниження рівня шуму до нормативних параметрів та запобігання передаванню вібрації по повітропроводах передбачене установлення шумоглушників та гнучких вставок. Для запобігання мимовільному перетіканню повітря при вимкненому обладнанні може використовуватися клапан з електроприводом на припливній системі та зворотний клапан – на витяжній. Повітрозабір та викидання повітря здійснюються повітропроводами, розміщеними на фасадах будівлі. Прокладання повітропроводів передбачене відкритим способом. Розподіл та видалення повітря може здійснюватися за допомогою дворядних регульованих решіток серії ДР, що дозволяє відрегулювати напрямок роздавання та витрати повітря.



Рис. 1. Приклад механічної припливної вентиляції з догріванням повітря та витяжна вентиляція

Краще використовувати повітропроводи круглого перерізу, які мають деякі переваги перед прямокутними. Розподіл та видалення повітря передбачені за допомогою пластикових дифузорів серії МВ...ПФ. При їх використанні доцільно ставити дросель-клапани на кожен розподільник повітря, що дозволить відрегулювати систему на робочі параметри [2].

Захисні властивості ПРУ та споруд подвійного призначення із захисними властивостями ПРУ передбачають зменшення впливу таких прогнозованих небезпечних чинників (факторів): дії іонізуючого випромінювання від радіоактивного забруднення місцевості, води та повітря, шляхом забезпечення нормативного коефіцієнту послаблення радіаційного впливу (коефіцієнта захисту); дії повітряної ударної хвилі від побічної дії зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском; дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження; побічної дії звичайних засобів ураження; проникнення уламками засобів звичайного ураження; дії високих температур та продуктів горіння при пожежах. Перелік та необхідні мінімальні розрахункові параметри захисних властивостей сховищ, ПРУ та СПП із захисними властивостями відповідних захисних споруд визначаються залежно від їх класу (групи), що обирається відповідно до додатка А ДБН В.2.2-5:2023 залежно від місцезнаходження об'єкта будівництва. Не допускається розташовувати захисні споруди та споруди подвійного призначення:

Під виробничими та складськими приміщеннями, в яких розташовано резервуари з шкідливими рідинами, печі з розтопленими металами або іншими речовинами, руйнування яких може призвести к викиду таких речовин і ураження ними людей, що перебувають у захисних спорудах; У приміщеннях, в

Рішення 2. Припливно-витяжна система з рекуперацією тепла та догріванням повітря (рис.2). Таке рішення є дорожчим у реалізації, але водночас набагато економічнішим в експлуатаційних витратах. Тому його доцільно використовувати у разі постійної експлуатації приміщень. Ця система містить вбудовану автоматикою і завдяки рекуперації тепла створює менше навантаження на мережі енергопостачання. Система вентиляції може бути реалізована на базі припливно-витяжної установки з рекуперацією тепла ВЕНТС ВУТ/ВУЕ ПБЕ ЄС. Для зниження рівня шуму до нормативних параметрів та запобігання передаванню вібрації по повітропроводах передбачено встановлення шумоглушників та гнучких вставок. Для запобігання мимовільному перетіканню повітря при вимкненому обладнанні може використовуватися клапан з електроприводом на припливній системі та зворотний клапан – на витяжній. Повітрозабір та викидання повітря можуть проводитися з використанням однорядних металевих решіток серії МВМК. Прокладання повітропроводів передбачене відкритим способом.



Рис. 2 Приклад припливно-витяжної система з рекуперацією тепла та догріванням повітря

яких є магістральні та інші транзитні тепло- та водопроводи, якщо немає можливості двостороннього їх відключення, а також вводи електричної енергії високої напруги; На схилах, не захищених від зсувів або інших небезпечних геологічних процесів (ерозія, селеві потоки тощо), а також на територіях з виробками; Не ближче за нормативну протипожежну відстань відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12, ДСТУ 9058, але не ближче ніж 30 м від сховищ або складів з горючими речовинами та матеріалами. При цьому повинні передбачатись заходи щодо захисту сховища та підходів до нього від затоплення горючою речовиною або матеріалами; Ближче відстаней, що забезпечують стійкість захисних споруд до надлишкового тиску вибуху: ємностей з вибухонебезпечними речовинами; складів зі зберіганням вибухових матеріалів. У захисних спорудах та спорудах подвійного призначення

передбачаються основні та допоміжні приміщення. До основних належать приміщення, в яких передбачається тривале знаходження людей, насамперед: приміщення для населення, яке переховується, пункти керування, медпункти, а у сховищах лікувальних установ – також операційно-перев'язочні, передопераційно-стерилізаційні. До допоміжних належать приміщення, тривале перебування людей у яких не передбачається, зокрема: фільтровентиляційні приміщення (ФВП), санітарні вузли, захищені дизельні електростанції (ДЕС), електрощитові, приміщення для зберігання продовольства, станція перекачки, балонна, тамбур-шлюз, тамбури, а для сховищ атомних станцій – приміщення для дозиметричного контролю, роздягальня та приміщення для брудного одягу, духова тощо [3]. Екологічні вимоги до розміщення, проектування, будівництва, реконструкції, введення в дію та експлуатації підприємств, споруд та інших об'єктів [4] регламентуються ст. 51 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища». Окрім перелічених випадків, вона також стосується для удосконалення існуючих і впровадження нових технологічних процесів та устаткування. Обов'язково повинні передбачатися вловлювання, утилізація, знешкодження шкідливих речовин і відходів або повна їх ліквідація, виконання інших вимог щодо охорони навколишнього природного середовища і здоров'я людей. Під час проведення екологічної оцінки беруться до уваги: екологічна ємність території; стан навколишнього природного середовища в місці, де планується розміщення об'єктів; екологічні прогнози; перспективи соціально-економічного розвитку регіону; потужність та види сукупного впливу шкідливих факторів та об'єктів на навколишнє природне середовище.

Список використаних джерел

1. Порядок створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту, виключення таких споруд із фонду та ведення його обліку. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/138-2017-%D0%BF#Text>
2. Вентиляція у спорудах подвійного призначення. Режим доступу: <https://ukrblog.vents.ua/articles/ukryttva-potrebuyut-system-ventylyatsiji.html>
3. Проектування захисних споруд. Режим доступу: <https://shieldfire.com.ua/proektuvannya-zahysnyh-sporud/>
4. Екологічні вимоги до проектування, будівництва, реконструкції, введення в дію та експлуатації підприємств, споруд і об'єктів. Режим доступу: <https://ecologiya.com.ua/articles/478093-ekolohichni-vymohy-do-proyektuvannya-budivnytstva-rekonstruktsiyi-vvedennya-v-diyu>

Дослідження тривалості робочого циклу фронтального навантажувача

На території України зосереджена значна кількість родовищ природного облицовального каменю, які розробляються з використанням різного гірничодобувного обладнання. Вантажні роботи є невідомою і значною частиною всіх технологічних процесів будь-якого родовища, що будуть напряму впливати на продуктивність підприємства. В даній роботі представлено аналіз двох різних варіантів технологічних схем відвантаження готової продукції на прикладі ПП «Кванта ЛЧ».

ПП «Кванта ЛЧ» знаходиться неподалік с. Катеринівка, Хорошівського району і веде видобування блочної сировини з лабрадориту. В залежності від технології та обладнання яким ведеться видобування блоки поділяють на пиляні і колоті. Пиляним може вважатись блок у якого щонайменше 4 грані одержані шляхом випилювання з масиву гірських порід.

Для транспортування сировини на підприємстві використовується 1 фронтальний навантажувач Volvo L220. Готову продукцію відвантажують навантажувачем на кузов вантажних автомобілів.

В роботі порівнювалось 2 способи виконання відвантажувальних робіт. В першому, продукцію спершу вивозили на склад з подальшим відвантаженням. В другому, блоки природного каменю залишали на неробочому майданчику уступу і вивозили безпосередньо при відвантаженні.

Для порівняння було обрано тривалість робочого циклу завантаження 1 блоку природного каменю. Блоки підбирались максимально правильною форми та приблизно однакових розмірів з різницею лінійних розмірів не більше 10 сантиметрів. Кількість операцій в робочому циклі при різних способах суттєво відрізняється, тому для більшої наочності однакові операції були зсумовані. Результати вимірювань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати хронометричних вимірів тривалості робочого циклу навантажувача

Номер способу/номер шматка	Рух без вантажу, с.	Рух з вантажем, с.	Тривалість захвату блоку, с.	Тривалість розвантаження, с.
1/1	165	218	45	238
1/2	181	249	57	331
1/3	162	215	68	294
1/4	169	233	56	376
2/1	117	164	32	181
2/2	129	178	29	233
2/3	121	184	35	220
2/4	121	171	29	248

Під час аналізу результатів було виявлено ряд відмінностей у використанні цих способів. В першому способі тривалість робочого циклу навантажувача на 30% більше ніж у другому, що призводить до більших витрат пального. Для постійного використання другого способу необхідно мати велику площу неробочих майданчиків. Іноді блоки потрібно перекидати для відвантаження, при виконанні перекидання у вибої ризик побити блок набагато вищий в порівнянні з перекиданням на поверхні землі. Другий спосіб максимально ефективний для сировини низького класу, тому що ця сировина переважно колота і має значні габаритні розміри.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б EN 1467:2007. Блоки з природнього каменю. На заміну ДСТУ Б В.2.7-59-97 ; чинний від 2008-10-01. Вид. офіц. м. Київ : нац. орган стандартизації ДП «УкрНДНЦ», 2007. 24 с.
2. Шамрай, В. І., Мельник-Шамрай, В. В., Шкабара, Ю. В., Микитенко, С. В., & Ігнатюк, Р. М. (2022). Аналіз сучасного стану каменедобувної та каменєобробної галузі України. *Технічна інженерія*, (2(90)), 193–199. [https://doi.org/10.26642/ten-2022-2\(90\)-193-199](https://doi.org/10.26642/ten-2022-2(90)-193-199)
3. Формування технологічних комплексів на родовищах блочного облицовального каменю : праці конф., 2016 р., Житомир / відп. ред. Н.П. Філіпова. – Житомир : ЖДТУ, 2016

УДК 622

Криворучко А.О., к.т.н., доц.

Іськов С.С., к.т.н., доц.

Герасимчук О.Л., завідувач кафедри наук про Землю, к.пед.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Муштаєв О.В., директор, гірничий інженер, маркшейдер

Муштаєв К.О., провідний спеціаліст, гірничий інженер, маркшейдер
ПП «ЖОВТЕНЬ-2000»

**Дослідження та радіаційний контроль за породами в кар'єрі та готовою продукцією на
Городському родовищі граніту та мігматиту з метою захисту працівників та недопущення
професійних захворювань**

Радіаційний контроль є важливою складовою системи безпеки праці у гірництві. Виконання гірничих робіт може бути пов'язано з великими ризиками для здоров'я працівників, зокрема внаслідок впливу радіації. Працівники, які піддаються радіаційному випромінюванню без належного контролю, можуть стати жертвами різних захворювань, таких як рак, порушення нормальної роботи органів, інших серйозних проблем зі здоров'ям.

В Україні, як і в багатьох країнах, розроблено законодавство, яке регулює рівні радіації на робочому місці. Недотримання цих вимог може призвести до штрафів, судових позовів та інших правових наслідків для підприємств гірничої галузі. Гірничі компанії, які демонструють високий рівень контролю за радіаційними ризиками, зберігають свою репутацію серед громадськості та зацікавлених сторін. Це важливо для підтримання довіри споживачів, інвесторів та регулюючих органів.

Інциденти, пов'язані з радіаційним забрудненням, можуть призвести до значних економічних витрат для компаній у гірничій галузі. Це можуть бути витрати на очищення (вилучення) забрудненого середовища, компенсації для постраждалих працівників та витрати виробництва через призупинення діяльності.

Радіаційний контроль в гірництві також важливий для стратегічного планування та управління ризиками. Аналіз рівнів радіації дозволяє ідентифікувати потенційні загрози та приймати відповідні заходи щодо їх запобігання або мінімізації.

Об'єкт дослідження – джерела радіаційного випромінювання на Городському родовищі граніту та мігматиту.

Мета роботи – отримання інформації та побудова моделей про рівні опромінення людей, радіаційну обстановку на об'єктах та у навколишньому середовищі в межах Городського родовища граніту та мігматиту.

Методи дослідження – пішохідна пошукова гамма-зйомка за допомогою портативного багатофункціонального гамма-спектрометра МКС-АТ6101Д, моделювання та побудова моделей розподілу з використанням програмного забезпечення Surfer.

До складу радіаційного контролю у відповідності з Програмою на проведення радіаційно-екологічних вишукувань на родовищі, з вимогами ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) здійснено:

- виявлення можливих радіаційних аномалій на ділянці родовища;
- вимірювання потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма – випромінення родовища;
- побудову моделей, на основі одержаної інформації
- оцінку радіаційної якості готової продукції;
- визначення ефективної питомої активності природних радіонуклідів в корисній копалині на ділянці ведення робіт.

Обсяг досліджень спирається на нормативні вимоги (НРБУ-97) і достатній для оцінки даної ситуації. Досліджені параметри радіаційного стану породи в кар'єрі не перевищують гігієнічні нормативи.

Площа запланованої розробки Городського родовища граніту, мігматиту (рис.1) обстежена пошуковою гамма-зйомкою, вимірювання ПЕД гамма-випромінення проводилися в 291 контрольних точках. Значення потужності еквівалентної дози зовнішнього гамма-випромінення на території в контрольних точках на висоті до 0,1 м від поверхні корисної копалини знаходяться в межах від $0,230 \pm 0,046$ до $0,306 \pm 0,06$ мкЗв/г, середнє значення становить $0,267 \pm 0,05$ мкЗв/г (табл.1).

Згідно класифікації мінеральної сировини гірські породи родовища віднесені до 1 класу будівельних матеріалів.

Секція 7. Гірничі технології та технології будівництва

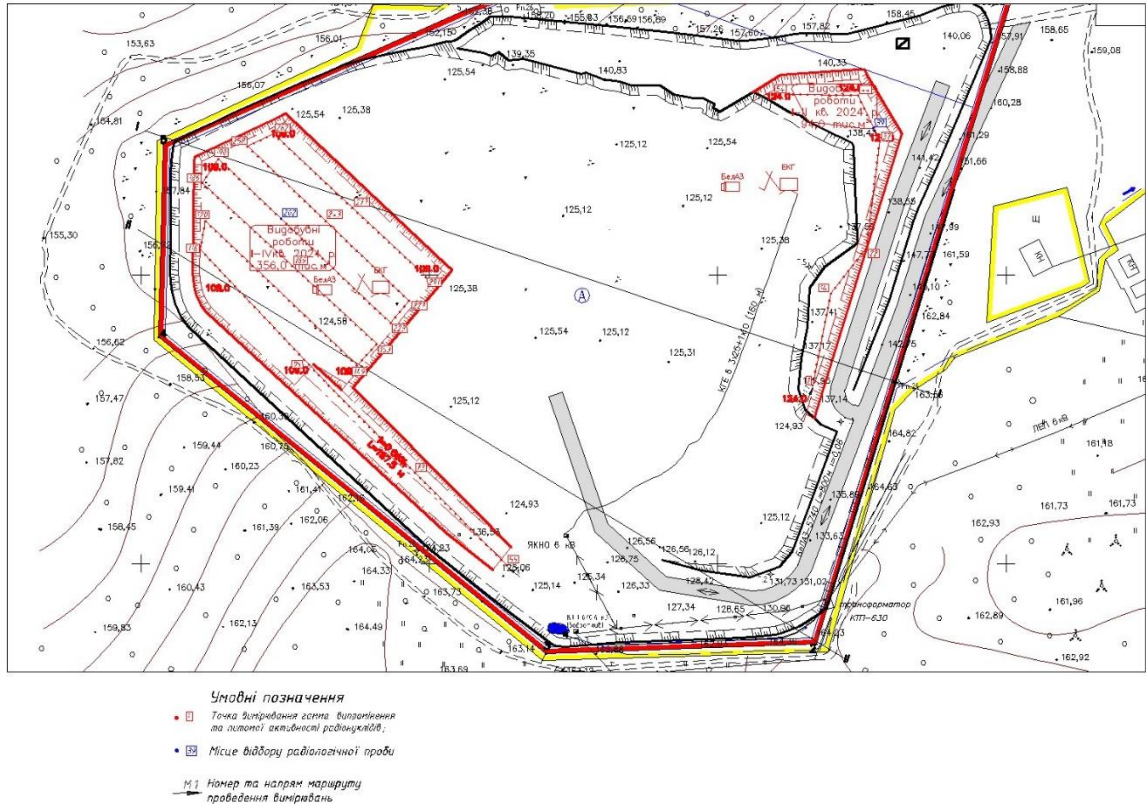


Рис. 1.Об'єкт дослідження, Городське родовище гранітів

Таблиця 1

Результати вимірювання ПЕД гамма-випромінення

Кількість точок виміру породи в кар'єрі ПЕД ГВ	Мінімальне значення ПЕД ГВ (мкЗв/г)	Максимальне значення ПЕД ГВ (мкЗв/г)	Середнє значення ПЕД ГВ (мкЗв/г)
291	0,230 ± 0,046	0,306 ± 0,06	0,267 ± 0,05

Таблиця 2

Результати вимірювання ПЕД гамма-випромінення

	Активність радіонуклідів Бк/кг			Ефективна питома активність (A _{эф}) ПРН, Бк/кг
	226Ra	232Th	40K	
Середнє	189,7	75,9	1327	401,8
Мінімальне	105,2	53,0	967	312,3
Максимальне	268,4	100,0	1687	442,6

На дослідженій території корисної копалини (граніт) (рис. 1), радіаційні аномалії та радіонуклідні джерела іонізуючого випромінювання не виявлені. Середня ефективна питома активність ПРН складає – 401,8 ± 80,4 Бк/кг. По середнім результатам вимірювання питомої активності природних радіонуклідів – корисна копалина відноситься до 2 класу застосування, може бути використана для дорожнього і промислового будівництва в межах населених пунктів і зон перспективної забудови (згідно з НРБУ-97) (табл. 2).

УДК 622

Куницька М.С., старший викладач
Криворучко А.О. к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»
Ремезова О.О., д.геол.н., проф.
Інститут геологічних наук Національної академії наук України

Аналіз просторового розподілу шкідливих та корисних елементів в умовах Злобицького родовища ільменіту

Титан є одним із ключових стратегічних металів для України та має широке застосування у промисловості, зокрема в авіакосмічній, суднобудівній, автомобілебудівній, хімічній та інших галузях. Основним джерелом титану є поклади ільменіту. Одним з найперспективнішим в даному відношенні є Злобицьке родовище розсіпного ільменіту.

Дослідження просторового розподілу шкідливих та корисних елементів в умовах Злобицького родовища ільменіту є актуальним з кількох причин.

Знання про просторовий розподіл корисних елементів, таких як ільменіт, допоможе оптимізувати процес видобутку. Ретельне вивчення розподілу дозволить ефективніше використовувати ресурси та планувати робочі процеси.

Розуміння просторового розподілу корисних елементів може сприяти зниженню витрат при видобуванні, транспортуванні та переробці ільменітової руди. Це позитивно вплине на економічну ефективність гірничого підприємства.

Об'єктом дослідження виступали основні параметри, що характеризують якість покладу Злобицького родовища розсіпного ільменіту.

Зважаючи на те, яка велика кількість показників, отриманих в результаті геологічної розвідки, характеризує будову родовища, в роботі здійснено розв'язання різних гірничо-геологічних задач за допомогою комп'ютерного проектування з відображенням характеристик родовища на діаграмах, планах, таблицях та графіках. Для встановлення закономірностей просторового розподілу шкідливих та корисних елементів в умовах Злобицького родовища ільменіту було проведено моделювання відкладів полтавської серії. Моделювання проводили в програмі Surfer, метод інтерполяції - кригінг. Статистичну обробку виконано в програмі Microsoft Office Excel.

В роботі встановлені основні залежності між окремими показниками якості та відображено їх просторову мінливість.

Актуальність даних досліджень зумовлена необхідністю випереджаючого розвитку мінерально-ресурсної бази титанової сировини для забезпечення високотехнологічних напрямів промисловості.

Для Злобицького розсіпного родовища ільменіту виділено та підраховано запаси циркону, як другорядного корисного компоненту, що є обов'язковим для вилучення при розробці родовища. Модель розподілу циркону по родовищу показує, що спостерігається кілька піків його максимальних значень, приурочених до виступів рельєфу, чіткими закономірностями його розподілу являється малопотужна кора вивітрювання на родовищі, та потужний рудоносний пласт.

Основні висновки

Внаслідок співставлення моделей розповсюдження сидериту, двоокису титану та лейкоксенованого ільменіту, побудована карта якості руд за хімічним складом для Злобицького родовища, яка показує найвигідніші ділянки для першочергового відпрацювання. Це ділянки, які знаходяться в центральній частині родовища.

Встановлені основні залежності між параметрами, що характеризують якість покладу ільменіту у вигляді поліномів другого порядку.

Вивчено досвід оцінки геопросторової мінливості якісних показників ільменітових родовищ Іршанської групи родовищ.

Проведено порівняння мінливості показників якості для Злобицького родовища ільменіту Іршанської групи родовищ.

Отримані залежності дають можливість прогнозувати зміни властивостей в межах локальних ділянок Злобицького родовища ільменіту.

Отримані моделі та залежності для Злобицького родовища дають можливість визначити якість покладу, виявити найбільш рентабельні ділянки для першочергового освоєння та обґрунтувати напрями розробки родовища.

Цифрове моделювання системи відкритих гірничих підприємств

В сучасному світі дослідження цифрових технологій моделювання в гірничій галузі має велике значення. З урахуванням постійного розвитку галузі та прагнення підвищити конкурентоспроможність, впровадження цифрових моделей стає необхідною частиною оптимізації відкритих гірничих підприємств.

У проектних інститутах за допомогою цифрової системи можуть бути вирішені завдання різної складності у галузі планування та проектування відкритих гірничих робіт: створено та покращено геоінформаційне забезпечення; в інтерактивному режимі виконано автоматичну побудову погоризонтних планів; моделювання та формування багатоваріантних кар'єрних просторів, облік даних технології при виборі методу відпрацювання родовищ для економічної обґрунтованості; планування кар'єрів та його тимчасових контурів, включаючи транспортну інфраструктуру. Наступні заходи можуть бути враховані під час роботи в кар'єрному просторі: беручи до уваги транспортну інфраструктуру розроблено геоінформаційне забезпечення; скориговані геологічні та технічні дані; сформовано варіанти робочої зони в кар'єрі; розраховані можливості оперативного планування гірничих робіт та підготовки технології виробництва; для одержання продукції високої якості розраховані обсяги гірських мас, їх розтини із вмістом корисних копалин. Можуть бути внесені необхідні корективи для вирішення завдань у графічному вигляді на різних етапах проектних робіт для отримання проміжних результатів [1].

Впровадження цифрових технологій моделювання в гірничій індустрії не лише сприяє підвищенню продуктивності, але й дозволяє ефективніше управляти ризиками та забезпечувати безпеку праці [2].

Моделювання родовища починається на етапі його геологічного обстеження і розвідки та включає низку подальших етапів (проектування, будівництво і підготовка виробництва, видобуток і низку інших). Первинна модель створюється на початковій стадії геологічної розвідки родовища. Потім, у міру ведення геолого-розвідувальних робіт, вона уточнюється і насичується додатковими даними, служить для визначення ресурсів і запасів польових копалин, підрахунку кондицій. Під час проектування гірничого підприємства вона трансформується для сполучення з моделлю мережі гірничих виробок, слугує основою для її побудови. У процесі будівництва та експлуатації гірничого підприємства модель слугує для управління процесом видобутку, одночасно беручи участь у плануванні та обліку руху запасів корисних копалин.

Тривимірні цифрові моделі є основою інформаційно-технічної бази даних, вони можуть включати: топографічні поверхні, геологічну будову родовища, каркас планованого об'єкту, блочно-компонентні моделі корисних копалин та ряд додаткових цифрових характеристик кар'єру. Інформаційна система також забезпечує зберігання та використання відомостей про послідовність гірничих робіт та їх базові алгоритмічні можливості.

Також, виникають певні недоліки, а саме необхідність використовувати кілька програмних рішень, проблеми з імпортом/експортом, зниження рівня виробництва та видобутку, збільшення витрат на програмне забезпечення та збільшення часу на інженерні розрахунки [3].

Дуже важливо впровадити комплексний підхід до вирішення задач, пов'язаних із процесом планування, оскільки це дозволяє створити інтегровану технологію інженерного забезпечення гірничих операцій у єдиному інформаційному середовищі підприємства. Відсутність хоча б одного важливого елемента в такому середовищі обов'язково призведе до зниження загальної продуктивності. В якості системи, що комплексно вирішує основні завдання геолого-маркшейдерського забезпечення та планування гірничих робіт, використовується програмне забезпечення MINE-FRAME, яке спрямоване на автоматизацію процесів планування, проектування та супроводу відкритих і підземних гірничих операцій.

Будь-яка зміна є новою можливістю для розвитку, використання цифрового моделювання покликане допомогти підприємствам швидше виявляти фізичні проблеми, точніше передбачати їхні результати і виробляти більш якісні продукти та послуги.

Список використаних джерел

1. Kunytska, M., Lunov, A., Panasiuk, A., Iskov, S., & Shlapak, V. (2023). Digital simulation of open-pit mining organisation system. *GEOMATE Journal*, 25(109), 197-204.
2. Denisyuk, O. G., & Panasyuk, A. V. (2023). Digitization of mining enterprises in the context of Industry 4.0 development
3. Федулова, Л. 2020. Тенденції розвитку та впровадження цифрових технологій для реалізації цілей сталого розвитку. Економіка природокористування та сталий розвиток. Київ: ДУ ІСПСР НАН України, №7 (26), 6-14.

Литвинчук І.Д., аспірант
Сагало Н.С., студентка III курсу
Науковий керівник - Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вплив гранулометричного складу гравійно-піщаної маси флювіогляціальних відкладів на продуктивність розпушувача

На кар'єрі Соснівського родовища гранітів флювіогляціальні відклади розміщені на розкривному уступі, а гірський масив на окремих ділянках розкриття має 40-80% гравію та валунів. Виймально-навантажувальне обладнання кар'єру за своїми технічними характеристиками не в змозі виконати розробку піщано-гравійно-валунної маси. При виконанні підготовки до виймання буропідливним способом відбувається заклинуння бурових штанг в масиві і буріння вибухових свердловин є неможливим. На підставі аналізу стану гірничих робіт, технічних характеристик існуючого обладнання, існуючих технологічних схем відробки гравійно-піщаних відкладів, запропоновано технологію розробки флювіогляціальних відкладів за допомогою бульдозерно-екскаваторно-автомобільного комплексу обладнання з попереднім механічним розпушенням гірських порід бульдозером-розпушувачем. Тому встановлення продуктивності розпушення флювіогляціальних відкладів залежно від їх гранулометричного стану є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої дозволить виявити ефективну сферу застосування запропонованого комплексу обладнання.

До переваг механічного розпушення належить: висока економічність; безпека виконання робіт; відсутність сейсмічної дії на гірський масив та споруди; можливість регулювання кусковатості гірничої маси; висока маневреність та мобільність розпушувального обладнання в обмежених умовах робочого майданчику. До недоліків використання слід віднести – неможливість та/або неефективність їх застосування для підготовки до виймання слаботріщинуватих та монолітних скельних гірських порід.

Аналіз існуючих формул з визначення продуктивності розпушувача показує, що, в більшості випадків, вони є ідентичними та враховують основні параметри технологічного процесу розпушення. Однак, при розпушенні такого гірського масиву, як флювіогляціальні відклади, необхідно також враховувати їх гранулометричний склад, який суттєво може вплинути на продуктивність розпушувача.

Найбільш повне врахування стану масиву відображене у наступній формулі

$$Q_p = \frac{3600C_o h_e k_b}{\frac{1}{v_p} + \frac{\tau}{L}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де C_o – оптимальна відстань між суміжними проходами розпушувача, м; h_e – глибина ефективного розпушення, м; k_b – коефіцієнт використання розпушувача ($k_b=0,7\dots0,8$); v_p – технічна швидкість розпушувача ($v_p=0,9\dots1,5$), м/с; τ – час переїзду розпушувача до наступної борозни (при човникових заходах $\tau = 30-60$), с; L – довжина паралельного ходу розпушення, м.

Згідно рекомендацій проф. Коробійчука В.В. та ін. оптимальну відстань між суміжними проходами розпушувача можна визначити за формулою

$$C_o = \frac{k_1 h_3}{\text{tg}\alpha} + \frac{b}{2}, \text{ м}, \quad (2)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує форму поперечного перерізу борозни ($k_1 = h_{\text{ш}}/h_3$, де $h_{\text{ш}}$ – висота утвореної щілини, м); h_3 – максимальна глибина заглиблення зуба розпушувача, м; α – кут нахилу бічних стінок прорізу, град; b – ширина основи прорізу, м.

Глибина ефективного розпушення при оптимальній відстані між проходами розпушувача

$$h_e = \frac{C_o \text{tg}\alpha}{2k_2}, \text{ м}, \quad (3)$$

де k_2 – коефіцієнт, що враховує стан масиву на розмір незруйнованих гребнів при паралельних проходах.

Зважаючи на науковий і практичний досвід з вивчення та розробки флювіогляціальних відкладів, а також рекомендації відомих вчених, запропоновано через чисельні значення k_2 враховувати гранулометричний склад гравійно-піщаної маси. У цьому разі чисельні значення k_2 не будуть залежати від значень коефіцієнту k_1 , як було раніше, а будуть характеризувати середньозважений розмір фракцій масиву флювіогляціальних відкладів. В таблиці наведені запропоновані значення k_2 та ширини основи прорізу b , залежно від переважаючої фракції та середньозваженого розміру шматка породи.

Таблиця

Значення коефіцієнту k_2 залежно від гранулометричного складу гравійно-піщаної маси

Переважаючі фракції флювіогляціальних відкладів	Середньозважений розмір шматка породи, мм	k_2	b , м
Зцементовані мілко-, середньо- та крупно зернисті піски	0,005...5	0,80	$3b_1$
Крупнозернистий пісок з мілким та середнім гравієм	5...40	0,85	$2,5b_1$
Піски з включенням усіх фракцій гравію	40...100	0,90	$2b_1$
Піщано-гравійна маса з включенням мілких валунів	100...200	0,95	$1,5b_1$
Піщано-гравійна маса, яка містить усі види валунів	200...400 та більше	1,00	b_1

Зважаючи на умови залягання порід та параметри робочого майданчику кар'єру Соснівського родовища гранітів, обрано розпушувач ДП-22С, базовим трактором якого є Т-180КС з наступними характеристиками: потужність двигуна – 132,4 (180) кВт (к.с.); максимальне тягове зусилля – 164 кН; швидкість руху км/год: передня – 12,0, задня – 7,5; кріплення зубів: шарнірне; відстань між осями зубів – 800 мм; кількість зубів – 1-3 (обрано 1); максимальне заглиблення зуба – 550 мм; ширина наконечника розпушувача – $b_1=0,1$ м; коефіцієнт використання розпушувача приймаємо $k_n=0,8$.

Згідно класифікації за ступенем розпушення флювіогляціальні відклади належать до легко-розпушуваних. Тому кут нахилу стінок борозни приймаємо в середньому $\alpha = 55^\circ$, технічну швидкість – $v_p = 1,2$ м/с (70-80% від руху трактора на першій передачі); можливе заглиблення зуба згідно технічної характеристики розпушувача – $h_3 = 0,55$ м.

Зважаючи на розміри робочого майданчику розкривного уступу, довжину паралельного ходу розпушування приймаємо $L=140$ м. Час переїзду розпушувача до наступної борозни триває $\tau = 60$ с.

Оскільки флювіогляціальні відклади належать до легкорозпушуваних гірських порід, то їх умовно можна віднести до сильнотріщинуватих, а значення k_1 , який враховує форму борозни, дорівнює $k_1=1$.

Для вищенаведених параметрів флювіогляціальних відкладів на розкритті Соснівського кар'єру і технологічних характеристик робочого обладнання розраховані продуктивності розпушувача для різних значень фракційного складу піщано-гравійної маси. Відповідно до отриманих даних, побудована графічна залежність зміни продуктивності розпушувача від середньозваженого розміру шматка піщано-гравійної маси (див. рисунок).

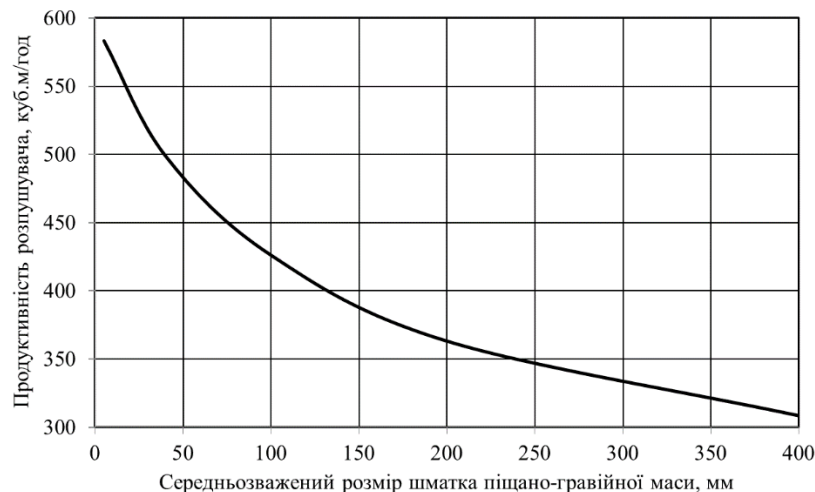


Рисунок 1. Залежність продуктивності розпушувача від фракційного складу піщано-гравійної маси флювіогляціальних відкладів

Аналіз отриманих даних показує, що, при зміні розміру шматка з 5 до 400 мм (з зцементованих мілко-, середньо- та крупно зернистих пісків до валунів) продуктивність розпушувача зменшується з 583,33 до 308,54 м³/год, тобто у 1,9 рази. Для досліджуваної ділянки Соснівського кар'єру, де середньозважене значення розміру шматка піщано-гравійно-валунної маси становить 171 мм, продуктивність розпушувача, згідно рисунку, орієнтовно буде становити 370 м³/год.

Ревіталізація міських просторів шляхом модернізації фасадів будівель на прикладі м. Житомир

Дане дослідження має на меті розробку рекомендацій задля спрощення та прискорення процесу відбудови або реконструкції будівель та їх фасадів. У процесі відновлення будівель завдання полягає не лише у поверненні їм естетичності, а й у вдосконаленні міського середовища. Кінцева мета відновлення – сформувати сталий та привабливий міський простір із збереженням культури, історії та традицій міста і поєднанням цього з сучасним ладом.

Своєчасне виявлення й усунення дефектів і ушкоджень будівельних конструкцій є актуальною проблемою, тому що їх поява й розвиток свідчить про незадовільний стан і може погіршити умови експлуатації будинку в цілому. Другим важливим фактором є зовнішній вигляд будівлі. Архітектура та дизайн розвиваються настільки стрімко, що просто необхідно шукати нові рішення для старих будівель. Не йдеться про будівлі, що мають історичну чи архітектурну цінність, оскільки реставрувати їх необхідно без зміни початкового вигляду.

В Україні, відповідно до Закону України, обстеження об'єктів проводиться в разі:

- настання строку наступного обстеження (планове обстеження);
- виявлення дефектів, пошкоджень і деформацій у процесі поточного огляду та технічного обслуговування об'єкта, що проводиться його власником або управителем;
- необхідності прийняття рішення про подальшу експлуатацію (у тому числі відновлення шляхом капітального ремонту, реконструкції, реставрації) або демонтаж (ліквідацію) у зв'язку з пошкодженням об'єкта внаслідок позапроектних впливів (пожежі, стихійного лиха, аварії, воєнних дій або терористичних актів), у тому числі на підставі актів, складених уповноваженими органами;
- проведення перевірки технічного стану об'єкта для виконання проектних робіт із капітального ремонту, реконструкції, реставрації.

Разом з тим, в Україні широко не практикується повний демонтаж старих будівель із подальшим будівництвом на їхньому місці нових споруд. Тому модернізація фасадів може стати найоптимальнішим рішенням для продовження життєдіяльності старих будівель.

Під поняттям «ремонт фасаду» розуміється цілий комплекс заходів, спрямованих на покращення технічних характеристик та повернення облицюванню привабливого вигляду.

Виконання ремонту фасадів є доцільним за наступних умов: на будівлі з'явилися тріщини, потертості чи сколи; на внутрішній стороні утворюється конденсат; фасад пропускає холодне повітря; помічено знос несучого профілю; на частинах конструкції виникла корозія; зношений утеплювач; порушено шви між плитами; пошкодження облицювання, особливо яке веде до потрапляння вологи на стіни.

Суттєва частка вище описаних порушень цілісності фасадів пов'язана із негативним впливом зміни клімату: з кожним роком стає все тепліше, зростає кількість опадів, все частіше спостерігаються не характерні для тих чи інших місцевостей погодні умови, також може впливати недостатня ефективність впроваджених систем управління відходами, дощовими і талими водами.

Окрім цього, пошкодження фасадів будівель можуть виникати через погану якість початкових матеріалів: бетону, цеглини, розчину. Причиною можуть бути дефекти збірних конструкцій або помилки при їх транспортуванні чи монтажі. Однією з причин впливу є і порушення правил експлуатації будівель, використання не відповідно до проектного призначення, або значні зміни навантажень на елементи конструкцій будівлі. Пошкодження фасадів будівель можливі і під час вибухів та ударних впливів, на що вплинути неможливо, тому залишається лише реконструкція, за умов цілісності конструкції будівлі.

Актуальність проблеми цілісності та своєчасного відновлення фасадів важливе ще й тому, що невчасний і незадовільний ремонт робить будівлю вразливою до зношення. Натомість ремонт фасаду дозволяє своєчасно відновити гідро- та теплоізоляцію об'єкта, замінити зношені частини облицювання, забезпечити захист стін та деталей конструкції від впливу зовнішніх факторів.

Проте, за умов сьогочасних реалій, обмежених бюджетів та постійної небезпеки питанням цілісності фасадів приділяється дуже мало уваги. Для прикладу, в місті Житомир гармонічно поєдналися будівлі новітнього часу, зведені в часи незалежності, будівлі зведені в роки окупації радянською владою, і ті, що збереглися з зовсім давніх часів, зокрема зведених під впливом культури Польщі та Литви (кін. XVIII – поч. XIX ст.). На прикладі даних будівель дуже помітним є вплив часу та інші факторів, що в сумі призводить до значних порушень цілісності фасаду, тому значна кількість будівель має ті чи інші пошкодження, та потребує реконструкції. Здебільшого це незначні пошкодження.

Серед будівель за стилістичними ознаками та ступенем руйнування фасаду можна виділити однотипну забудову представлену «ранніми хрущовками» кінця 50-х років та «пізніми хрущовками» початку 60-х

років. Даний тип забудови в ансамблі міста створює проблему невизначених «сірих» вулиць, успадкованих Житомиром і багатьма іншими містами України, які активно забудовувались за часів радянського союзу. Саме вони найбільше потребують відновлення, зважаючи на візуальний вигляд і значні пошкодження цілісності фасаду, зумовлене недостатньо стійкими матеріалами (рис.1).



Рис.1.
Приклад порушення візуальної цілісності фасаду будівель по вул. В. Бердичівська (м. Житомир)

Характерною ознакою будівель ХХ ст. є прояви застосування в якості облицювального матеріалу черепиці, або мозаїчних елементів, звисно під впливом часу це місцями відпадає, і має непривабливий вигляд. Поширеною наразі проблемою, яка призводить до порушень цілісності фасадів будівель є і тріщини. Серед видів тріщин можна виокремити осадові тріщини, що виникають у конструкціях через нерівномірне осідання основ будинків, викликані недоліками проектно-дослідницьких робіт, експлуатації, а також природними процесами. Досить частими є і корозійні тріщини, що з'являються при нагромадженні продуктів корозії арматури в тілі бетону й виникненні у зв'язку із цим розтягувальних напруг. Силкові тріщини формуються в наслідок перевантаження конструкції. У місцях опирання перекриттів у несучих стінах можуть виникнути тріщини, зминання й сколювання (рис.2).

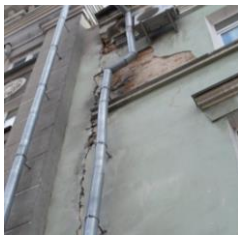


Рис. 2.
Приклади порушення цілісності фасадів тріщинами (м. Житомир)

Ще однією з причин порушення цілісності фасадів є масовані ракетні обстріли. Архітектура міста Житомир не є винятком, одним з найбільш помітних прикладів таких пошкоджень можуть бути фасади будівель навчальних закладів та військових об'єктів розташованих у межах мікрорайонів Богунія та Корбутівка.

Модернізація фасадів може бути оптимальним рішенням для продовження життєдіяльності старих будівель, особливо в умовах обмежених бюджетів. Прикладом цього може бути м. Житомир, де гармонійно поєднуються будівлі різних епох, але багато з них мають пошкодження і потребують реконструкції. Як наслідок, ревіталізація міських просторів шляхом модернізації фасадів будівель є важливим і актуальним завданням, що не лише покращує естетичний вигляд міста, але й сприяє збереженню його культурної спадщини. Однак, для ефективною реалізації таких проектів необхідно враховувати різні фактори, включаючи географічні, кліматичні, економічні та історичні особливості.

Список використаних джерел

1. Законодавство України. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/index> (дата звернення: 07.05.2024).

2. Котенко, В. В., Піскун, І. А. (2023). Обґрунтування доцільності застосування алюмінієвого профілю для армування виробів з природного каменю. Технічна інженерія, (1(91), 336–346. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-336-346](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-336-346)

3. Абрамов Ю. В., Кульбач С. В. (2021). Реконструкція фасадів будівель: актуальні проблеми та методи їх вирішення. Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Будівництво, архітектура та дизайн, № 2 (86), 14-20. <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2019/may/16662/26.pdf>

4. Ковальчук О.О., Мельник С.В. (2023). Модернізація фасадів будівель як фактор підвищення вартості нерухомості // Науковий вісник Українського державного університету науки і технологій, № 1, 145-150.

Види гідроабразивного інструменту та абразивів для видобування та обробки природного облицювального каменю

Процес гідроабразивного різання - це вид технологічного процесу обробки матеріалу, причому ріжучим інструментом замість різців є вода, що подається під високим тиском і збагачена абразивними добавками. Ця технологія впливу на конструктивні і будівельні матеріали будь-якої міцності, завжди активно досліджується і порівнюється з іншими технологіями. Задачею таких досліджень в першу чергу є порівняння ефективності різання матеріалів та мінімізація енерговитрат. Для порівняння нещодавно в США була взята лазерна різка як технологія, що має досить велику ефективність та продуктивність в порівнянні наприклад з іншими сучасними технологіями руйнування матеріалів: гідроабразивне руйнування, різання за допомогою плазми, термічне та ультразвукове руйнування. В якості матеріалу, що піддавався руйнуванню були використані пакети із металічних пластин, товщиною 0,2 - 0,3 мм. В результаті такого дослідження було доведено, що при товщині пакету пластин, що піддавався руйнуванню, меншою за 6,0 мм більш ефективною, з точки зору енергоємності і швидкості процесу, була технологія лазерної різки, але при товщині пакету пластин більшої за 6,0 мм, більш ефективною виявилась технологія гідроабразивного різання матеріалу. Перспективи використання саме гідроабразивного способу різання і обробки природного облицювального каменю є досить ефективним і перспективним.

Загальна схема типового гідроабразивного інструменту зображена на рис.1. Гідроабразивний інструмент складається з корпусу 1, до якого підведені трубопроводи подачі води та абразиву. В кінці центрального каналу для підведення високонапірної води у розточуванні за допомогою гайки 2 закріплюється насадка, для формування струменя 3. Трубопровід для підведення абразиву кріпиться до штуцера 4, під яким розташовується дросельна шайба 5. В середині корпусу 1 є пуста камера змішування 6, що обмежується знизу частиною корпусу з конфузуром 7, яку можна від'єднати та коліматором 8. Всі деталі гідроабразивного інструменту піддаються сильному абразивному зношуванню.

Існуючі види верстатів для водно-абразивного різання мостового типу відрізняє конструкція, робоча потужність, призначення і ціна. Деякі моделі верстатів оснащуються системою ЧПУ, за рахунок якої можна без зусиль виконати розкрій будь-яких фігурних заготовок. Втручання оператора в роботу верстата гідроабразивного різання з системою ЧПУ мінімальна, треба лише завантажити в комп'ютерну програму потрібне креслення, вказати тип матеріалу, його товщину і швидкість різання. Другий вид верстатів – портативний. Зазвичай їх застосовують для різання в небезпечних місцях – у нафтовій сфері та в протипожежних умовах. Портативний станок незамінний для водно-абразивного різання металу при будівництві підземних тунелів, колодязів. У гірничій промисловій сфері найчастіше практикується використання портативних верстатів гідроабразивного різання, оснащених системою ЧПУ. Їх застосування дозволяє наприклад обробляти вироби з граніту товщиною до 150 мм. Універсальність верстатів гідроабразивного різання робить можливим обробку різного виду штучних і натуральних каменів. Домогтися якісного щільного розкрою матеріалів дозволяє тонкий струмінь, а збільшити продуктивність вдається, завдяки автоматизації процесу і наявності в системі верстатів ЧПУ. Що стосується абразиву який використовується в процесі гідроабразивного різання каменю, то це може бути: кварцовий пісок, гранатовий пісок, оксид алюмінію, карбід кремнію, мідні шлаки, сталевий дріб. Кількість і вид абразиву у водній пульпі при гідроабразивному різанні і обробці облицювального природного каменю суттєво впливає на технологічні і економічні параметри виробництва. Основними виробниками установок гідроабразивного різання на сьогоднішній день є: американські компанії OMAX і Jet Edge; чеська фірма PTV; голландська компанія Resato; швейцарська фірма Bystronic; італійська компанія Caretta Technology; фінська фірма ALICO. Середня вартість на верстати гідроабразивного різання таких виробників складає 245 тис. євро.

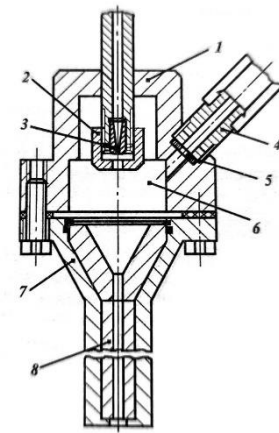


Рис.1 Гідроабразивний інструмент:

1 – корпус 2 – гайка; 3 – насадка, що формує високошвидкісний потік; 4 – штуцер; 5 – дросельна шайба; 6 – камера змішування; 7 – конфузур; 8 – коліматор.

Меринів Р.Р., аспірант 1-го курсу
Науковий керівник - Шамрай В.І., к.т.н., доц.
Кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Дослідження тривалості робочого циклу фронтального навантажувача

Гірничодобувна промисловість – це одна з галузей економіки України, що найбільш динамічно розвивається і яка будується на основі численних бізнес-процесів. У кожному з цих процесів існують свої проблеми (охорона навколишнього середовища, охорона здоров'я, забезпечення безпеки, зростання державного контролю на ціноутворення на такі товари, як нафта, вугілля, метали), які потребують вирішення під час ведення бізнесу. Видобуток корисних копалин відкритим способом характеризується значною дією на біосферу, впливаючи практично на всі її елементи: повітряний та водний басейни, землю, рослинний і тваринний світ. Кожен процес схеми видобування корисних копалин несе негативний вплив на навколишнє середовище. Основними з них є: буріння, підривання, первинне та вторинне подрібнення, процеси, пов'язані з переміщенням гірської маси та відвалоутворення. Відвалоутворення є завершальним процесом єдиного безперервного технологічного комплексу відкритих гірничих робіт. Технологія, механізація й організація відвальних робіт становить основу процесу відвалоутворення при відкритій розробці родовищ корисних копалин. Від чіткого й безаварійного виконання відвальних робіт суттєво залежать технікоекономічні показники гірничотранспортного устаткування й кар'єру у цілому. Місце розташування відвалу в межах гірничого відводу відіграє вирішальну роль у виборі засобів транспортування порід розкриву, що в свою чергу передбачає заздалегідь і рівень механізації їх складування. Слід також відзначити, що при розміщенні відходів виробництва до виробленого простору в кар'єрі найпростіше вирішується питання з рекультивації порушених земель, особливо у сільськогосподарському напрямку

Метою дослідження є вивчення сучасного стану відвалів відходів нерудної будівельної сировини, оцінка впливу цих відвалів на навколишнє середовище, та розробка рекомендацій щодо оптимальних методів управління та використання цих відвалів для мінімізації їхнього негативного впливу.

Об'єктом дослідження є відвали відходів нерудної будівельної сировини. Їхня природа, розміри, походження, розташування та інші важливі характеристики.

Предметом дослідження є вивчення технологічного процесу формування відвалів, їх вплив на навколишнє середовище, можливості їхнього використання для вторинної обробки та відновлення корисних ресурсів.

В процесі підготовки роботи були використані наступні методи: аналіз раніше виконаних наукових досліджень; узагальнення вітчизняного і закордонного виробничого досвіду; аналітичні розрахунки; натурні спостереження; дослідно-промислові випробування; теоретичні дослідження.

Практика проектування родовищ твердих нерудних корисних копалин показує, що перехід кар'єрів на відпрацювання родовищ із застосуванням внутрішньокар'єрного складування всіх видів відходів виробництва при зниженні відчужуваних земельних площ і значному скороченні дальності перевезення порід автотранспортом забезпечить значне заощадження природних і енергетичних ресурсів. Внутрішньокар'єрне складування розкривних порід і відходів переробки корисних копалин повинно проводитися з підтриманням необхідного вантажопотоку на розкривних і видобувних роботах. Формування внутрішнього відвалу в виробленому просторі вимагає ув'язки параметрів відвалоутворення з глибиною і місцем розміщення порід розкриву, тривалістю функціонування на одному місці і кількістю переукладок на нижчележачі горизонти, а також з іншими параметрами системи розробки. Зазначені параметри залежать від використовуваних видів транспорту, застосування перевантажувальних пунктів і їх конструктивних особливостей, схем і організації введення транспортних комунікацій на нижні горизонти кар'єру. На вітчизняних нерудних кар'єрах під відвали розкривних порід і сховища відходів переробки корисних копалин використовується 22-50 % всієї площі земельних відводів. Гірничими відводами зайнято 20-36 % земель. Це в 1,5-2,5 рази менше площі відвалів і сховищ. Зменшення території землі під відвалами і сховищами можливо тільки шляхом розміщення їх у виробленому просторі кар'єрів.

Микитенко С.В., аспірант 2-го курсу
Шкабара Ю.В., аспірант 2-го курсу
Дубінчук Д.О., аспірант 3-го курсу
Державний університет «Житомирська політехніка»

Системи шламowego господарства каменеобробних підприємств

Існує декілька поширених систем очищення шламу, які використовуються в різних галузях промисловості:

1. Відстійники шламу: це найпростіший і найдешевший метод очищення води. Вода проходить через відстійники, де тверді частинки осідають на дно, а очищена вода повертається на лінію. Переваги: низька вартість обладнання та обслуговування. Недоліки: не дуже ефективні для видалення дрібних частинок, потребують багато місця.

2. Циклони: використовують відцентрову силу для відділення твердих частинок від води. Більш ефективні, ніж відстійники, для видалення дрібних частинок. Переваги: компактні, ефективні. Недоліки: дорожчі, ніж відстійники, можуть забиватися.

3. Фільтри: використовуються для видалення з води твердих частинок різного розміру. Існує багато типів фільтрів, наприклад піщані, мембранні та патронні. Переваги: висока ефективність, можуть видаляти дрібні частинки. Недоліки: можуть забиватися, потребують регулярного очищення.

4. Системи флокуляції та коагуляції: додають у воду хімічні речовини, які змушують дрібні частинки злипатися між собою, утворюючи більші флоккули. Ці флоккули потім можна видалити за допомогою відстійників, циклонів або фільтрів. Переваги: ефективні для видалення дрібних частинок, які важко видалити іншими методами. Недоліки: потребують додаткового обладнання та хімічних речовин.

5. Системи ультрафільтрації та зворотного осмосу: використовують мембрани з дуже маленькими отворами, які затримують навіть найдрібніші частинки. Ці системи є найефективнішими для очищення води, але й найдорожчими. Переваги: видаляють навіть найдрібніші частинки, бактерії та віруси. Недоліки: дорогі, потребують спеціалізованого обслуговування.

Система шламowego господарства із системою штучного освітлення води включає в себе систему очищення води та процес пресування шламу, як показано на рис. 2.2.

В Європейському союзі широко використовується дана система очищення шламу. Дана система останнім часом набирає поширення в Україні.

Принцип роботи системи штучного водоочищення полягає в наступному: забруднена вода поступає з пульпонасосної станції каменеобробного цеху (рис. 1, 1). На цій станції встановлено насос, який подає забруднену воду до класифікатора типу "циклон" (рис. 1, 2). Під час очищення забрудненої води до циклона подають коагулянти з автоматизованої станції коагулянтів, які сприяють утворенню лущених частинок осаду.

Під час очищення забрудненої води у циклоні використовують флокулянти, які автоматично подаються з флокулянтної станції (рис. 1, 4). Ці речовини сприяють агрегації частинок шламу, об'єднуючи їх між собою.

Вода проходить процес очищення у циклоні, після чого потрапляє до колектора чистої води та направляється до кам'янопробійної майстерні. Осад, що утворюється внаслідок очищення води у циклоні, перекачується до вологого стану в колектор гомогенізації осаду, де він перетворюється в однорідну масу, а потім транспортується до фільтрпреса, який відокремлює осад від води. Сухий осад зберігається безпосередньо під фільтрпресом, тоді як вода, яка відокремилася після стискання, направляється до резервуара для збору стічних вод, а потім піддається подальшому очищенню.

Ці фільтрпреси можуть обробляти широкий спектр об'ємів води, від 100 літрів на хвилину до 20000 літрів на хвилину, і об'єм стиснутого осаду може варіюватися від 0,4 м³ до 90 м³ протягом 8 годин.

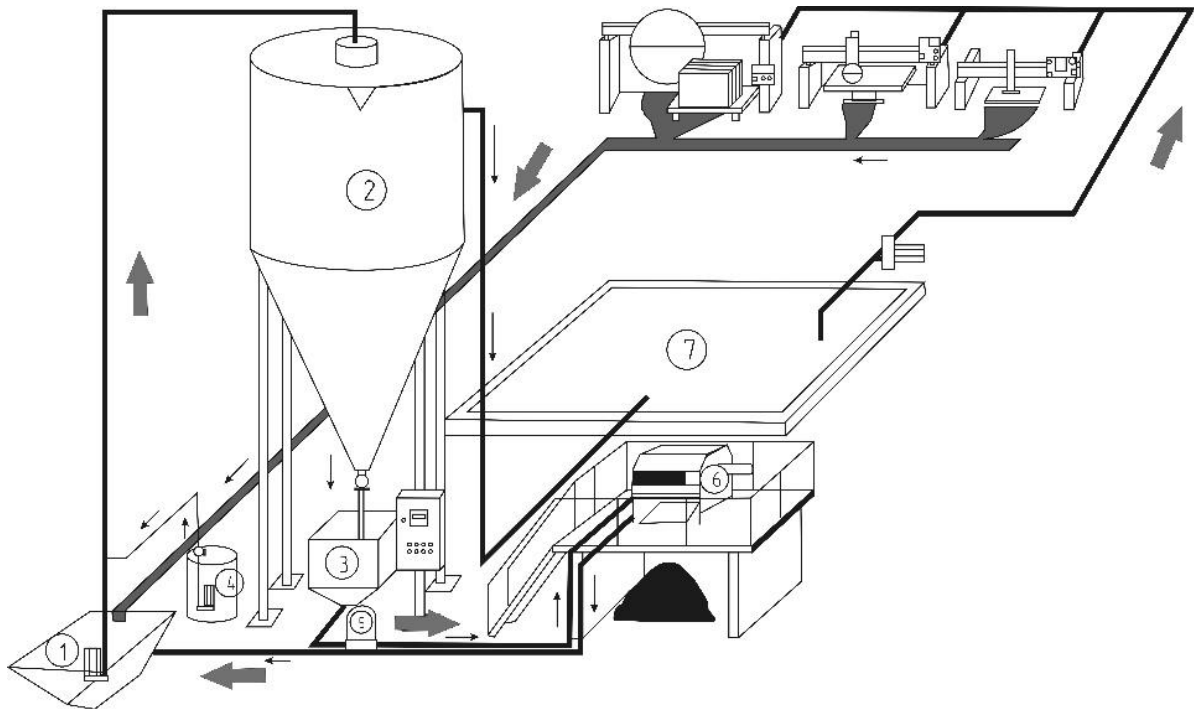


Рис. 1. Схема споруди для оброблення, перероблення стічних вод та висушування осаду:

1 – насос та резервуар для стічних вод; 2 – циклон; 3 – збірник для гомогенізації осаду; 4 – автоматизована станція флокулянтів; 5 – насос для живлення фільтруючої преси; 6 – фільтруюча преса; 7 – комплект з очищеною водою

Ця система забезпечує високий рівень очищення води до 98%, а також зменшує енергоспоживання завдяки використанню реверсного насоса та мінімізує знос обладнання і матеріалів, таких як алмазні диски та абразиви. Ось деякі переваги таких систем:

Безперервна робота підприємства без необхідності в технологічних перервах для очищення осадної ями, що зазвичай тривають від 2 до 8 годин робочого часу.

Компактність обладнання, яке потребує менше місця в майстерні порівняно з традиційними системами. Покращення умов роботи інструментів завдяки зменшенню їх зносу. Компактне розміщення осаду у мішках для подальшого зберігання.

Проте такі системи мають деякі недоліки:

Високі витрати на придбання та використання коагулянтів під час роботи.

Потреба у регулярному обслуговуванні.

Для ефективного використання системи економії осаду з системою штучного водоочищення необхідно розглянути наступні аспекти:

- Перевірити можливість заміни металевих з'єднань існуючих полірувальних інструментів на органічні з'єднання. Однак це може призвести до зниження термостійкості інструменту, і у деяких випадках це може бути неможливо.

- Розглянути можливість заміни застарілих маятникових верстатів на напівавтоматизовані або автоматизовані верстати, які не використовують полірувальну пасту на основі Cr_2O_3 . Проте це може вимагати значних інвестицій.

Висновки. В будь-якому випадку, для належного сортування різних видів осаду, важливо адаптувати параметри режиму підприємства, що спеціалізується на обробці каменю, до характеристик оброблюваної сировини. Це може істотно вплинути на ефективність роботи верстатів для обробки каменю. Використання системи економії осаду з системою штучного водоочищення сприяє зменшенню зупинок у роботі підприємства. Регулярне очищення осадних ємностей дозволяє збільшити тривалість робочого часу підприємства в середньому на 20 днів на рік.

Утилізація дрібнодисперсних відходів в якості їх додавання до будівельних розчинів

Житомирська область відноситься до тих регіонів, чий економічні можливості у значній мірі залежать від діяльності гірничих підприємств. Одночасно, щільне зосередження таких підприємств в окремих районах регіону створюють негативні наслідки для довкілля. А саме – навколишнє середовище забруднюється через накопичення твердих промислових відходів гірничих підприємств, які безпосередньо утворюються під час обробки природного каменю. Як наслідок, після розпилювання та шліфування кам'яних блоків накопичуються дрібнодисперсні відходи – пульпа. Ця ситуація стає особливо актуальною в Коростишівському, Хорошівському, Житомирському та Черняхівському районах. Головна проблема виникає в тому, що потенціал даних відходів поки не використовується. Проте важливо розглянути ці тверді мінеральні відходи як виявлену вторинну сировинну базу, яка може змінити ключову роль у збереженні ресурсів.

З урахуванням державного руху до розвитку, відновлення та розширення міст, а також зі зростанням попиту на будівельні матеріали для спорудження різних конструкцій, існує висока потреба в різних типах будівельних матеріалів. Один із основних матеріалів, які використовуються при будівництві споруд, зокрема залізобетонних і бетонних – це бетон. Оскільки за рахунок широкого застосування концепції «сталого розвитку» у всесвітньому співтоваристві, разом з досягненням високої ефективності в експлуатаційно-технічному плані нових матеріалів, набуває актуальності підвищення уваги до економічних та екологічних аспектів їх виробництва та наступного застосування. І це дозволяє нам вирішити також екологічні проблеми, які створюють відходи каменеобробного виробництва.

Пропозиція даного дослідження – це удосконалити та здешевити матеріал, оскільки в даному випадку пульпа може бути додана до складу цементної суміші для виготовлення бетонних блоків, плит, різних бетонних конструкцій, тощо. Що також надає змогу покращити якість та характеристики готових виробів. Ця можливість дозволяє зменшити використання природного піску та допомогти підвищити стійкість та екологічність будівельних матеріалів. При цьому надається широкий простір для різних дослідів, що також звільняє значні території від забруднення пульпи.

Кількість пульпи в суміші залежить від необхідних властивостей бетону та якості самої пульпи. Для досягнення найкращих результатів важливо, щоб розмір часток у пульпі був рівномірним, забезпечуючи оптимальну фракцію до 1-2 мм. При дослідженнях властивостей дрібнодисперсних відходів каменеобробки та пошуку можливих шляхів їх використання було визначено їх хімічний склад (рис.1).

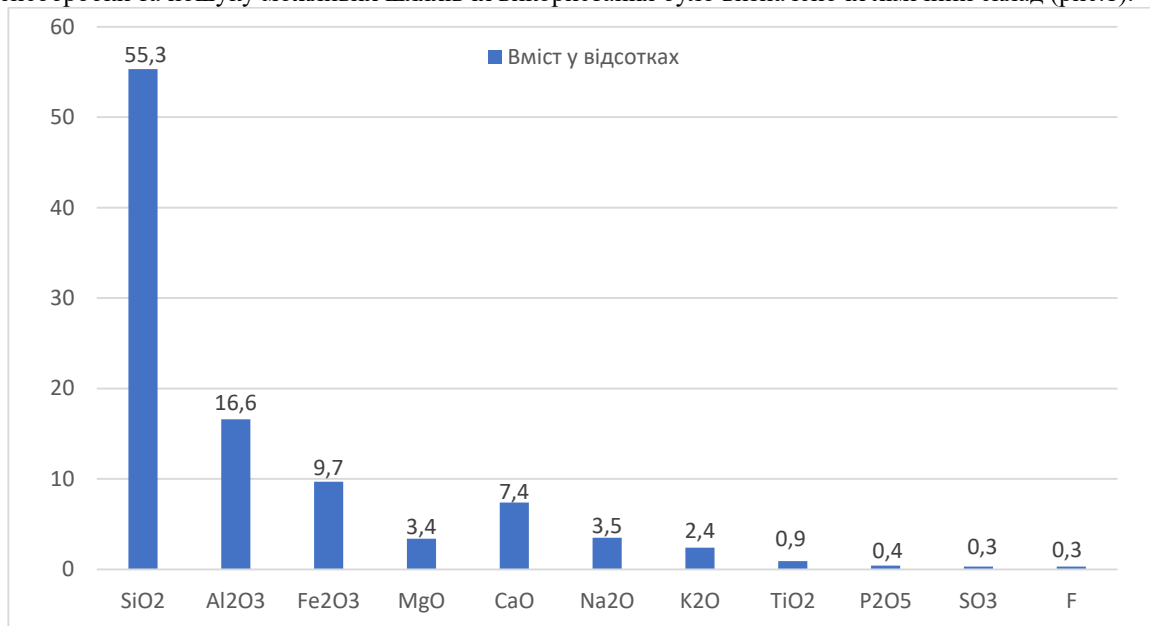


Рис.1. Усереднений хімічний склад дрібнодисперсних відходів каменеобробних підприємств

Слід зазначити, що хімічний склад повністю залежить від мінерального складу сировини, що оброблюється на конкретному каменеобробному підприємстві [1, 2].

Для виготовлення геополімерних матеріалів необхідна алюмосилікатна сировина зі співвідношенням вмісту оксиду алюмінію (Al_2O_3) до вмісту оксиду кремнію (SiO_2) не менше ніж 3. Як можна бачити з рисунку 1, за граничними значеннями дрібнодисперсні відходи камінообробних підприємств відповідають цій вимозі. Однак слід звернути увагу, що на співвідношення вмісту цих оксидів впливатиме частка полірувальних робіт з використанням матеріалів на основі глинозему в технологічній схемі камінообробного підприємства [1].

Беручи до уваги, що пульпа поглинає більше води, ніж пісок, важливо контролювати вміст води в суміші. Додавання пульпи також може покращити робочі характеристики суміші, що впливає на покращення її властивостей, це якраз спостерігається на дослідних зразках, що зображені на рисунку 2. Розмір частинок пульпи також важливий, і частки, які є занадто великими або занадто малими, можуть негативно вплинути на якість бетону [3, 4].



Рис. 2. Приклади дослідних зразків

Таким чином, можна стверджувати, що одним із можливих шляхів утилізації тонкодисперсних відходів камінообробних підприємств є використання їх в якості наповнювача при приготуванні цементних розчинів. Такий спосіб утилізації не потребує значних капіталовкладень на місцевому рівні і може значно покращити екологічну ситуацію регіону.

Процеси переробки відходів можна розглядати в якості фактору зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та покращення стану промислового виробництва. Необхідною умовою розвитку переробних підприємств має бути сформована державна політика у сфері поводження з відходами, стимулювання та підвищення рівня мотивації серед підприємств щодо зменшення навантаження на навколишнє середовище. Завдання щодо державної підтримки даної галузі має бути пріоритетним на шляху до екологічно збалансованого розвитку регіону.

Вирішення проблеми використання вторинної сировини виступає не лише фактором зменшення негативного впливу на довкілля, але і як шлях ресурсо-ощадливого розвитку області. Особливу увагу слід приділяти переробці тонкодисперсних відходів камінообробних підприємств через неможливість їх природної утилізації та негативний вплив на навколишнє середовище. Зростання кількості підприємств, які будуть використовувати такі відходи у виробництві будівельних матеріалів може стати одним з основних кроків на шляху до екологізації економіки регіону.

Список використаних джерел

1. Башинський С.І., Блецко М.І., Панасюк А.В., Припотень Ю.К., Остафійчук Н.М. Дослідження фізико-хімічних властивостей дрібнодисперсних відходів камінообробних підприємств з метою визначення стратегії поведінки. *Технічна інженерія*. 2023. Вип. 1 (91). С. 271-279
2. Башинський С.І., Дубченко Є.О., Хомчук О.В. Утилізація тонкодисперсних відходів камінообробних підприємств шляхом додавання у цементні розчини. *Тези V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів»*. Житомир, 2018. С. 10.
3. Наумов Я.О., Скиба Г.В. Склад і виготовлення геополімерного бетону із використанням пульпи як наповнювача. *Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції»*. Житомир, 2021. С. 29
4. Davidovits J. *Soft Mineralogy and Geopolymers*. In *proceeding of Geopolymer 88 International Conference, the Université de Technologie, Compiègne, France, 1988*. P. 49-56.

Мостіпака В.А., магістрант, 1 курсу, групи ГГ-27м
Павлушенко М. В., гірничий інженер
Кальчук С.В., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Аналіз використання програмного забезпечення в гірництві

В процесі планування відкритих гірничих робіт використовують комплексну інформація, яка підготовлена фахівцями різних відділів кар'єру, шахти чи рудника. Геологічна служба розробляє базу даних з геохімічного та мінералогічного аналізу родовища, моделює геометрію елементів геологічного середовища та обґрунтовує закономірності просторового розподілу корисних і шкідливих природних компонентів. Маркшейдерська служба забезпечує актуальні дані за результатами зйомок, розробляє цифрові моделі кар'єрного простору, відвалів, складів балансових і позабалансових руд тощо. Технічні відділи, обробляючи цю інформацію та маючи планові показники за обсягами видобутку руди і виїмки розкритих порід на різні періоди, проводять процес планування. При цьому враховуються напрямки розвитку гірничих робіт, обсяги розкритих і готових до видобування запасів корисних копалин на початок запланованого періоду, розташування транспортних комунікацій, продуктивність основного гірничо-транспортного устаткування та інші технологічні параметри. Важливо реалізувати комплексне розв'язання завдань, пов'язаних із процесом планування, оскільки це забезпечує створення єдиного інформаційного середовища підприємства для інженерного забезпечення гірничих робіт, а відсутність хоча б одного важливого елемента може призвести до зниження загальної ефективності.

Існує значна кількість різновидів програмного забезпечення, яке можна віднести до САПР гірничих робіт. Насамперед, необхідно відзначити наявність багатофункціонального ПЗ, спеціально розробленого для вирішення завдань усього комплексу CAD/CAM/CAE гірничих робіт. Раніше таке ПЗ називали інтегрованими гірничими пакетами або системами, а сьогодні все більше використовується словосполучення гірничо-геологічні інформаційні системи (ГГІС). І хоча навіть найрозвиненіші ГІС не розв'язують усього набору CAD/CAM/CAE-завдань, відрізняє їх, насамперед, інтеграційна складова, яка дає змогу різним частинам ПЗ працювати в єдиному інформаційному просторі на основі уніфікованого підходу до зберігання й обробки даних. ГГІС є основою для створення інженерних інформаційних систем гірничих підприємств і часто реалізують процедуру обміну даними між геолого-розвідувальними, дослідницькими, проектними організаціями та гірничими підприємствами. Можна виокремити кілька компаній, які розробляють додатки не лише для гірничої промисловості, а й інших галузей та мають широкий спектр програмних продуктів класу САПР, у якому гірничі додатки є частиною лінійки пропонованого ПЗ, наприклад: Dassault System, CAE, Mincom.

Спеціалізоване ПЗ розв'язує завдання певної CAD/CAM/CAE-технології і, як правило, використовується в комплексі з ГГІС або іншим допоміжним ПЗ. Інтеграція здійснюється за рахунок використання розповсюджених обмінних форматів фай-лоів (dxf, txt, csv, las, dat і пр.), наявністю засобів імпорту/експорту у формати САПР, ГІС, ГГІС і доступом до інформації, що зберігається за допомогою систем управління базами даних. Можна знайти багато програм різної спрямованості, функціоналу та опрацьованості – від проектів з відкритим вихідним кодом до комерційних програм, наприклад Micromine.

У життєвому циклі гірничого підприємства засоби ГГІС застосовуються на всіх етапах: корисна копалина в надрах – видобування – виробничий товарний продукт, а також контроль й аналіз роботи всієї системи (автоматизовані системи диспетчеризації).

Специфічною особливістю гірництва є те, що гірниче виробництво має справу з геопросторовими даними, які безперервно змінюються протягом усього життєвого циклу (в деяких випадках це десятки років), органічно володіючи, таким чином, четвертим виміром - часом. Це своєю чергою призводить до того, що моделі, які представляють такі об'єкти гірничого підприємства, як гірничі виробки, відвали пустих порід і сховища відходів збагачення повинні створюватися в 4D просторі.

У цьому контексті можна відзначити кілька особливостей життєвого циклу гірничого підприємства, як об'єкта, що проектується й експлуатується на всіх етапах функціонування за допомогою засобів ГГІС:

- Застосування засобів ГГІС може розпочатися вже на етапі геологорозвідки для проектування розвідувальних робіт, моделювання даних випробування, визначення закономірностей розподілу корисних копалин в надрах, його геометризації та створення моделей геологічних, стратиграфічних і літологічних різниць.

- Вихідними для етапу проектування є дані геологічних, геофізичних, геодезичних вишукувань у вигляді визначених, облікованих і затверджених державними органами запасів корисних копалин, представлених у вигляді моделей родовищ, топографо-географічних поверхонь, закономірностей розподілу корисних і шкідливих компонентів у надрах.

- На етапі проектування визначають не тільки кінцевий вигляд кар'єру чи шахти, як сукупність гірничих виробок, а й календарну послідовність їх проведення та погодження, послідовність відпрацювання запасів, продуктивність і швидкість розвитку гірничих робіт у просторі. Повинні бути враховані особливості залягання корисної копалини, геомеханічні, гідрогеологічні, геолого-геологічні та екологічні фактори. Усе це потребує попереднього моделювання та варіативного підходу до обґрунтування проектних рішень на основі економічного порівняння.

- Будівництво та експлуатація гірничих підприємств часто ведеться схожими технологіями, а інженерне забезпечення цих етапів здійснюється одними й тими самими засобами ГГІС. Таким же способом виконується проектування проходки гірничих виробок і відпрацювання видобувних одиниць, проектування масових вибухів, транспортних комунікацій. Під час складання плану гірничих робіт використовуються моделі геологічного середовища, поточного становища гірничих робіт і напрямки їхнього розвитку. План гірничих робіт стає керівним документом для оперативного управління гірничими роботами за допомогою автоматизованих систем управління технологічними процесами. Засоби автоматизованого геомеханічного, гідрогеологічного моніторингу, спостереження за станом атмосфери кар'єрів і підземних рудників безпосередньо впливають на ведення гірничих робіт, що є одним із інструментів забезпечення інженерного супроводу технологічного циклу гірничого підприємства.

- Автоматизовані системи управління технологічними процесами повинні на основі плану гірничих робіт не тільки видавати потік корисної копалини заданої якості та обсягу, а й контролювати зміну просторового положення одиниць гірничо-транспортного обладнання в мінливій у часі геометричній конфігурації видобувного простору.

- Приймаючи свій завершений вигляд (у зв'язку з вичерпанням за-проектованого до відпрацювання корисної копалини або зміною економічних умов) гірниче підприємство практично одразу припиняє свій життєвий цикл на етапі ліквідації, або піддається процедурі реконструкції, яка в тій чи іншій ступені повторює зазначені вище етапи.

Уже сьогодні ми бачимо приклади використання роботизованих технологій у гірничій справі. Інформаційна основа ГГІС, технології великих даних (big data) і хмарні технології, інтегруючись природним чином в єдине автоматизоване виробництво, будуть реалізовувати ланцюжок від проектного задуму, крізь технології породжувального проектування навпростець до його реалізації виконавчими механізмами всієї структури комплексної механізації: підготовка гірських порід до виймання, екскавація, транспортування, переробка, контроль і інше. Вихідні дані про постійно мінливу робочу зону, положення вибоїв, темпи проходки, видобування, стан доріг і виробок, інших елементів підземних рудників і кар'єрів, а також про оперативне опрацювання та контроль якості ПІ, усього розмаїття видів моніторингу технологічних, техногенних і природних процесів у зоні ведення гірничих робіт будуть оброблятися за допомогою технологій великих даних у середовищі ГГІС.

Можна виділити кілька перспективних напрямів, у яких розвиватимуться геоінформаційні системи (ГГІС) гірничого виробництва та супутні інформаційні технології. Наприклад, технології глибокого навчання (deep learning), які відносяться до сфери штучного інтелекту та базуються на нейронних мережах, останнім часом стали менш вимогливими до обчислювальних ресурсів комп'ютера. Такі технології вже використовуються в мобільних пристроях для розпізнавання голосу, перекладу з однієї мови на іншу тощо. Основані на цьому технології інтелектуальних інтерфейсів призведуть до того, що взаємодія користувачів і геоінформаційних систем стане більш персоніфікованою і налаштованою під конкретного користувача. Це разом з технологіями породжувального проектування (generative design) надасть можливість приймати рішення на основі достатньо загального вираження проектного наміру користувача, звільняючи його від рутинних нетворчих операцій.

Тенденції розвитку ПЗ класу ГГІС, способи розв'язання складних, розпорошених у часі завдань гірничої промисловості показують необхідність упровадження нових інформаційних технологій, стандартизованих та уніфікованих підходів до управління проектами для забезпечення всього життєвого циклу гірничого підприємства від стадії геологорозвідки до ліквідаційних та робіт по реконструкції. Необхідно орієнтуватися в цьому на добре зарекомендовані практики роботи передових машинобудівних виробництв і будівельних технологій.

З іншого боку, тенденції розвитку інформаційних технологій, такі як хмарні технології, глибоке навчання, нейронні мережі, великі дані, проектування, роботизовані виробництва та доповнена реальність знайдуть своє місце в розвитку програмних засобів для проектування, планування та управління гірничими роботами.

Аналіз сучасних маркшейдерських приладів та їх характеристик

Гірнича справа розвивається разом з прогресом людства. За останні десятиліття у сфері гірництва відбулося значна модернізація в різних її частинах: методи розробки, модернізація гірничого транспорту та маркшейдерських приладів для зйомки.

Є досить великий вибір приладів для зйомки, такі як: теодоліт, нівелір, тахеометр, геодезичні дрони, GPS-прилади. Щодо теодолітів, нівелірів та звичайних оптичних тахеометрів - вони є застарілими, час зйомки та опрацювання набутої інформації довгий, точність не велика. У сучасному світі, де час - це гроші, а точність та сумісність з компютером є необхідною частиною роботи, потрібно користуватися приладами, які спроможні досягти цього результату, такі як: електронний тахеометр, геодезичні дрони та GPS-прилади. Тож який з цих приладів є найефективнішим? Для того, щоб дізнатись це, потрібно детально зануритись в характеристики цих приладів.

Аналіз електронного тахеометра

Для детального вивчення характеристик приладу, було взято тахеометр марка якого: "Sokkia IM-105". Дана модель має ціну вище середньої зпоміж всіх інших електронних тахеометрів. Цей прилад має: кутову точність 5"; потужний далекомір, який вимірює відстані до 1000 метрів без відбивача, до 500 метрів на плівку з точністю 2.0мм + 2ppm та до 6000 метрів з відбивачем з точністю 1.5мм + 2ppm для роботи на великих об'єктах; двовісний компенсатор тахеометра Sokkia iM-105 працює в діапазоні $\pm 6'$ і дозволяє отримувати точні дані навіть на нерівній поверхні, двостороння система зчитування допоможе при вимірах при двох колах; bluetooth модуль забезпечує бездротовий зв'язок з контролером на дистанціях до 10 м, за допомогою дистанційного керування зручно виконувати вимірювання відразу на кілька відбивачів; програмована гаряча клавіша допомагає швидко виконувати вимірювання і запис точки в один дотик, завдяки цьому, зменшується час виконання вимірювань тахеометром; захист від крадіжки реалізована технологією TShield і багатофункціональним модулем телекомунікаційного зв'язку, завдяки якому, ви можете в будь-який момент дистанційно заблокувати тахеометр, щоб уникнути неправомірного використання; USB-порт, розташований на корпусі тахеометра призначений для підключення знімних носіїв, за допомогою вбудованого ПЗ TopBasic, ви можете переносити дані безпосередньо на USB-флешки без їх попереднього форматування.

Аналіз геодезичного дрону

Кожен сучасний геодезичний дрон має ряд переваг: висока роздільна здатність і точність; передача інформації з поля в офіс; захоплення і збереження інформації про місцезнаходження в часі; побудова 3D моделі місцевості завдяки ПЗ. Однак через війну, в Україні користування дроном може бути обмеженим.

За зразок було взято: гексакоптер "LEICA AIBOT". Дана модель може похизуватися геоінформаційним пакетом Leica Infinity - це програмний пакет призначений для управління, обробки, аналізу і перевірки якості даних, що дозволяє геодезістам легко обробляти і візуалізувати дані аерозйомки для підвищення продуктивності та швидкості доставки даних. Leica Aibot підтримує планування, збір, обробку та аналіз мільйонів точок даних. Leica Aibot skyCAPP - професійна платформа, що оптимізує управління БПЛА Leica Aibot під час польоту. Програмне забезпечення дозволяє управляти місією, автоматично записувати дані згідно заздалегідь встановленим планом польоту, дозволяє перемикатися між потоковою передачею відео даних двох бортових камер, плавно сповільнюватися, припиняти та відновлювати місію, що дозволяє максимально зосередитися на польоті БПЛА. У даного дрона є опція для розрахунку обсягів сипучих матеріалів за допомогою БПЛА і побудова 3D-моделі тепер стало легким завданням в порівнянні з традиційними методами зйомки.

Аналіз GPS-приладів

GPS приймачі для геодезії спеціально створені для точного визначення координат точкових об'єктів. Одночастотні приймачі GPS — компактні, легкі і не дорогі GPS приймачі знаходять застосування при виконанні кадастрових робіт, при геодезичних вишукуваннях для створення знімального обґрунтування на місці робіт. Двочастотні приймачі GPS застосовуються у всіх видах геодезичних робіт для створення і розвитку планово-висотного обґрунтування, виробництва топографічних зніманих усіх масштабів. Вони дають можливість працювати на великих відстанях від базової станції. GNSS приймачі мають можливість прийому сигналів кількох супутникових систем, зменшує час роботи і покращує якість і точність вимірювань. GNSS приймачі з RTK — в даній комплектації прилади оснащуються прийнятно-передавальними радіо або GSM модемами, що дає можливість отримувати кінцевий результат вимірів і оцінку точності безпосередньо в полі в реальному часі (RTK), що значно зменшує час польових робіт і підвищує якість GPS вимірювань.

Савич І.В., директор
ПП «Спецтехсервіс»Мартинчик І. К., магістрант, 1 курсу, групи ГГ-27м
Криворучко А.О., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Дослідження анізотропних властивостей габроїдів

Анізотропія в природному камені – це властивість матеріалу, за якої його механічні, фізичні або хімічні властивості змінюються в залежності від напрямку вимірювання або дії зовнішніх впливів. Іншими словами, це різниця у властивостях матеріалу в різних напрямках.

У природному камені анізотропія може виявлятися в різних аспектах, таких як механічна міцність, текучість, термічна провідність, електрична провідність тощо. Наприклад, в залежності від структури та орієнтації мінералів у камені, його механічна міцність може варіюватися, що може вплинути на його сприйнятливості до руйнування чи руйнівної дії зовнішніх факторів.

Така анізотропія може мати важливе значення в гірничій промисловості, де важливо розуміти, як змінюються технічні властивості природного каменю у різних напрямках, наприклад, для визначення оптимального напрямку видобутку або обробки блоків природного каменю.

Один з простих методів визначення анізотропії полягає у вивченні відстані між центрами сусідніх зерен за різними напрямками. Для цього на цифровому зображенні поверхні природного каменю визначають і позначають центр кожного мінерального зерна, проводячи подібну операцію з усіма зернами послідовно. Це дозволяє визначити середні відстані між центрами сусідніх мінералів. Виміри та дослідження здійснюються за різними напрямками, що у результаті створює на діаграмі "хмару" точок з зниженою концентрацією у центрі. Форма "проталіни" в центрі діаграми (рис. 1-2) може мати форму круга для ізотропних порід (наприклад, скло), або еліпса для анізотропних порід (що характерно для гірських порід). Співвідношення довгої і короткої вісей еліпса визначає величину коефіцієнта анізотропії, а напрямком вісей еліпсоїда вказує на орієнтацію.

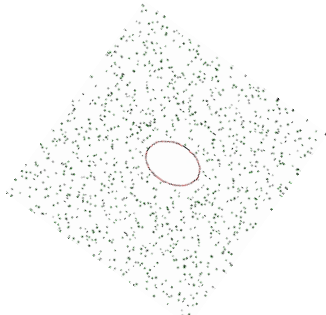


Рис. 1. Визначення напрямку і параметрів анізотропії

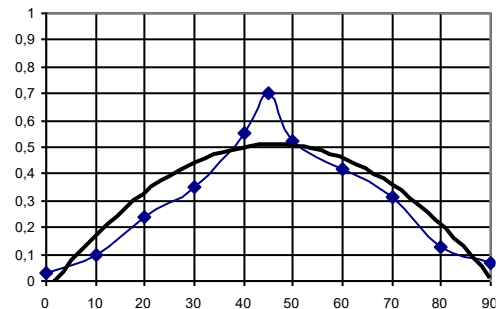


Рис. 2. Залежність питомих втрат сировини від співпадання напрямів анізотропії та напрямку видобувних робіт

Вивчення анізотропності механічних властивостей природного каменю та розробка методики її експрес-визначення сприяє вибору оптимального напрямку проведення видобувних робіт та поділу моноліту на блоки у дво- або трьохстадійних схемах видобування. Вибір оптимального напрямку спрямований на максимальне зниження витрат праці та енергії на відокремлення блоків від масиву природного каменю і підвищення виходу блоків.

Оптимальне орієнтування фронту видобувних робіт у кар'єрах природного облицювального каменю призводить до наступних результатів:

- Підвищення продуктивності технологічного комплексу на 15-25% без додаткових резервів.
- Мінімізація нерівностей сколу поверхні блоку, що зменшує експлуатаційні та технологічні втрати природного каменю (у деяких випадках до 7-15%).
- Отримання блоків, максимально близьких до правильної форми, що уникне необхідності подальшої механічної обробки.
- Зменшення працезатрат на видобувні роботи.
- Збереження якісних властивостей природного облицювального каменю.

Аналіз якості покладу габроїдів Сліпчицького родовища показав, що найбільш раціональним напрямком розвитку гірничих робіт є північний, а центральна частина ділянки є найбільш якісною, що важливо врахувати під час календарного планування видобувних робіт.

УДК 624.1

Савченко А.С., Хімінчук О.М., студентки 2 курсу, групи ОС-21,
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Науковий керівник - Ган О.В., к.т.н., ст.викл.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інституту імені Ігоря Сікорського»

Роль штучного заморожування ґрунту в цивільному будівництві

Інтеграція технології заморожування ґрунту в сучасні інженерні проекти забезпечує надійність і безпеку при реалізації складних інфраструктурних проектів, особливо у районах з високим рівнем ґрунтових вод або нестабільними ґрунтовими умовами. Використання техніки заморожування ґрунту дозволяє контролювати рух ґрунтових вод, забезпечуючи сухість та стабільність, що є критично важливим для безпеки і ефективності будівельних робіт. Актуальність цього методу в сучасному освоєні території підкреслюється його екологічною сумісністю і здатністю адаптуватися до складних умов, що робить його незамінним у вирішенні інженерних завдань в умовах підвищеної урбанізації.

Техніка заморожування ґрунту – це метод, який використовується в цивільному будівництві для стабілізації ґрунту та запобігання проникненню води в землю під час будівництва. Ця техніка передбачає зниження температури ґрунту нижче точки замерзання води, що призводить до утворення непроникної крижаної стіни навколо ділянки, що викопується. Цей метод в основному використовується в районах, де звичайні методи зневоднення не є ефективними або здійсненими.

Вперше схожі технології були застосовані в Сибірі та Канаді. Природним способом виморожували ґрунти для відкопування колодязів і котлованів, цей метод носив назву «поморожування» [1, с.133]. У будівельній сфері цей метод почав застосовуватися лише в 18 столітті коли французький інженер Анрі Дюбуа використав замерзання ґрунту для будівництва тунелю під річкою Сена в Парижі [2], в той час як в гірничій сфері цей метод набув популярності коли німецький маркшейдер Г.Петш уперше використав спосіб штучного замороження ґрунтів для кріплення стовбура шахти який заходився в водонасиченому ґрунті [1, с.133]. На початку 20-го століття заморожування ґрунту також використовувалося при будівництві системи метро Нью-Йорка. Відтоді та дотепер цей спосіб є невід’ємною частиною розвитку будівельних технологій людства, оскільки за допомогою нього побудовані: шахти, кар’єри, тунелі, резервуари для зберігання. Зважаючи на виклики нашого часу актуальним прикладом є будівництво бомбосховищ, за цією технологією. Проводячи паралель з історією, а конкретно з Другою світовою війною можна згадати та додати до цього списку будівництво сховищ артилерійських снарядів та інших військових об’єктів. Його також використовують як тимчасовий засіб для створення стін навколо глибоких інженерних виробок в складних умовах [1, с.133]. Попри всю тяжкість та об’єм роботи який необхідний аби реалізувати цей метод, в своїй технології він являється досить простим. Для цього навколо контуру майбутньої виробки в один або декілька рядів буряться свердловини і обладнують їх заморожувальними колонками якими циркулює холодоносій [3]. Це приводить до утворення стовпчиків які постійно розширюються (вода змінюючи свій агрегатний стан з рідкого в твердий стан і розширюється приблизно на 9% [2]) поки не утворять собою стінку з льоду, яка захищає виробку від водяних проривів протягом виконання робіт. У загальному випадку штучне заморожування ґрунтів передбачає такі роботи [1, с.136]:

- буріння свердловин,
- монтаж заморожувальної станції й мережі,
- створення кригоґрунтової стінки (активне заморожування),
- підтримання цієї стінки в мерзлому стані в період виконання будівельних робіт (пасивне заморожування),
- період заморожених ґрунтів.

Прикладом холодоносіїв можна взяти дві сполуки CaCl₂ (кальцій хлорид)- його типова температура циркуляції від -15 до -27 °С, час заморожування від тижня до місяця, повільна швидкість замерзання та з спеціалізованого обладнання йому необхідна мобільна холодильна установка. LN₂ (рідинний азот)- його точка кипіння -196 °С, час заморожування від кількох днів до кількох тижнів, велика швидкість замерзання ґрунтових вод, з обладнання спеціальні резервуари для рідкого азоту або резервуари Дьюара [4].

Заморожування ґрунту — це техніка, яка використовується для створення твердого і непроникного бар’єру навколо будівельних майданчиків шляхом контрольованого заморожування ґрунту. Найефективніше цей метод застосовується в районах вічної мерзлоти- полярних і субполярних регіонах світу, де ґрунт промерзає на значну глибину, стандартні методи будівництва стають неможливими. Заморожування ґрунту стає практичним та економічно ефективним рішенням для виїмки мерзлої землі, запобігаючи при цьому шкоді природному середовищу. Ділянки з високим рівнем ґрунтових вод- колодязі та системи колодязів, коли земля заморожена, вода в ній замерзає утворюючи суху ділянку яка являється

безпечною для проведення будівельних робіт. Дрібнозернисті ґрунти- такі як глина та мул, мають низьку проникність і можуть бути складними для зневоднення. В таких умовах можна використовувати промерзання ґрунту для зменшення проникності ґрунту та створення непроникного бар'єру. Також найефективніше цей метод застосовується для: потоків ґрунтових вод під високим тиском, глибоких виїмок, зберігання небезпечних матеріалів. Заморожування ґрунту дозволяє створити замерзлий бар'єр, який ізолює шкідливі речовини від навколишнього середовища, запобігаючи їхньому поширенню і впливу на екосистему. Такий підхід мінімізує потребу в хімічних агентах для очищення або інших потенційно шкідливих технологіях, знижуючи екологічний відбиток будівельних проектів. Застосування цієї техніки може значно підвищити безпеку і знизити витрати на будівництво, особливо в складних умовах та в умовах щільної забудови.

Висновок. Заморожування ґрунту виступає як ефективний і багатофункціональний спосіб стабілізації ґрунту у різноманітних будівельних і інженерних проєктах. Заснований на принципах термодинаміки, цей метод надає багато переваг, включаючи збільшення міцності ґрунту, зменшення його проникності та зниження витрат на земляні роботи. Він застосовується у таких сферах, як тунельне будівництво, стабілізація фундаментів, освоєння підземного простору міст. З розвитком технологій, метод заморожування ґрунту продовжує удосконалюватись, стаючи все більш цінним варіантом для проєктів, які вимагають стабілізації ґрунту. Все це робить заморожування ґрунту надійним і ефективним рішенням для будь-яких проєктних потреб.

Список використаних джерел

1. Гембарський Л. В., Стовпник С. М., Вапнічна В. В. Технологія, механізація та організація геотехнічного будівництва- 2. Технологія та організація геотехнічного будівництва : Посібник. Київ, 2024. 160 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/ae3e6981-9c08-457a-be4d-6171097e5e1b/content> (дата звернення: 13.05.2024).
2. Andersland, O. and Ladanyi, B. Frozen Ground Engineering, 2nd ed., Wiley and Sons, Hoboken, NJ. 2004.
3. Заморожування ґрунтів – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Заморожування_ґрунтів (дата звернення: 13.05.2024).
4. Klein, J. "FAQs for Brine Freezing of Shafts.", <https://mail.geoengineer.org/education/ground-improvement/ground-freezing/brine-freezing-of-shafts-faqs> (дата звернення: 13.05.2024).

Сироїд Є.С., інженер
Качуровський М.В., аспірант 3-го курсу
Науковий керівник - Коробійчук В.В., д.т.н., проф.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Сучасні напрями розвитку технології видобутку блоків природного каменю

Сучасні технології не лише трансформують видобуток блоків природного каменю, але й змінюють його відношення до сталості, ефективності та екологічної відповідальності. В цьому контексті ключовими напрямами розвитку стають автоматизація, використання штучного інтелекту та аналітики даних, розвиток нових матеріалів і технологій обробки, а також акцент на екологічно чисті методи та впровадження штучного інтелекту. Ці напрями визначають нову еру у видобутку природного каменю, де сталість поєднується з інноваційністю та дбайливим ставленням до навколишнього середовища.

Сучасні напрями розвитку технології видобутку блоків природного каменю орієнтовані на підвищення ефективності, безпеки та сталості процесу. До ключових напрямів розвитку технології видобутку блоків природного каменю входять:

Автоматизація та роботизація. Впровадження роботизованих систем та автоматизованих процесів дозволяє підвищити продуктивність та точність видобутку:

- Використання роботів-маніпуляторів для різання блоків каменю: роботи з пилками або гідроструменем можуть точно й ефективно різати блоки каменю згідно з заданими розмірами та формами.
- Застосування автономних транспортних систем для перевезення блоків каменю: роботизовані візки або самохідні платформи можуть автоматично транспортувати блоки каменю з місця видобутку до місця складування або обробки.
- Впровадження систем автоматичного управління та моніторингу: комп'ютерні системи можуть контролювати та координувати роботу роботів та інших автоматизованих систем, а також збирати дані про стан обладнання та процес видобутку.

Впровадження нових технологій може потребувати значних інвестицій, а також може призвести до скорочення робочих місць. Тому важливо ретельно оцінювати всі аспекти перед тим, як приймати рішення про автоматизацію того чи іншого процесу.

Використання штучного інтелекту та аналітики даних. Штучний інтелект може бути використаний для прогнозування оптимальних місць для видобутку каменю, а також для аналізу даних з метою оптимізації процесів та виявлення тенденцій.

Приклади застосування ШІ та аналітики даних:

- Використання машинного навчання для прогнозування тріщин у камені: алгоритми машинного навчання можуть аналізувати дані про геологічну структуру родовища та характеристики каменю, щоб прогнозувати місця, де з найбільшою ймовірністю виникнуть тріщини. Це може допомогти запобігти руйнуванню блоків під час видобутку.
- Застосування комп'ютерного зору для сортування блоків за розміром та формою: системи комп'ютерного зору можуть автоматично визначати розміри та форму блоків каменю, що дозволяє сортувати їх без необхідності ручного втручання.
- Впровадження предиктивної аналітики для обслуговування обладнання: алгоритми предиктивної аналітики можуть аналізувати дані про роботу обладнання, щоб прогнозувати можливі поломки. Це може допомогти запобігти аваріям та простоям, що може заощадити час і гроші.

Екологічно чисті методи видобутку. Розвиток технологій, спрямованих на зменшення впливу видобутку на навколишнє середовище, таких як використання відновлювальних джерел енергії та ефективне використання водних ресурсів.

Однак, в останні роки все більше уваги приділяється розвитку екологічно чистих методів видобутку, які дозволяють мінімізувати цей вплив. До таких методів належать:

- Використання гідроклінних методів. Цей метод ґрунтується на використанні струменя води під високим тиском для розрізання та видобутку блоків каменю.
- Застосування термомеханічних методів. Ці методи ґрунтуються на використанні різниці температур для розтріскування каменю на блоки.
- Впровадження гідроструминних технологій. Гідроструминна технологія дозволяє отримувати блоки з мінімальним руйнуванням каменю та навколишнього середовища.

- Використання екологічно чистих транспортних засобів. Застосування електромобілів та інших екологічних видів транспорту для перевезення блоків каменю може значно знизити викиди парникових газів.

- Розробка методів утилізації відходів. Впровадження методів переробки та утилізації відходів видобутку може допомогти зменшити їх негативний вплив на довкілля.

Важливо зазначити, що екологічно чисті методи видобутку можуть бути більш дорогими, ніж традиційні методи.

Використання датчиків та IoT. Встановлення датчиків на машини та обладнання дозволяє збирати дані про умови роботи та ефективність, що дозволяє оптимізувати процеси видобутку та уникнути аварій.

Приклади використання датчиків та IoT:

- Використання датчиків вібрації для моніторингу стану обладнання. Датчики вібрації можуть виявляти ранні ознаки поломки обладнання, що дозволяє запобігти аваріям та простоям.

- Застосування датчиків температури для контролю процесу термообробки. Датчики температури можуть допомогти гарантувати, що блоки каменю піддаються оптимальній термообробці, що покращує їхні характеристики.

- Впровадження GPS-датчиків для відстеження блоків каменю. GPS-датчики можуть використовуватися для відстеження блоків каменю під час транспортування, що може допомогти зменшити втрати.

- Використання датчиків тиску для моніторингу гідроклінної обробки. Датчики тиску можуть допомогти гарантувати, що гідроклінна обробка блоків каменю здійснюється з оптимальним тиском, що мінімізує пошкодження каменю.

Важливо зазначити, що використання датчиків та IoT потребує значних інвестицій у обладнання та програмне забезпечення.

Розвиток геоінформаційних систем (ГІС). Використання ГІС дозволяє ефективно візуалізувати дані про родовища каменю, планувати маршрути видобутку та моніторити зміни в ландшафті.

Приклади використання ГІС:

- Використання ГІС для створення карт геологічних формацій. Ці карти можуть допомогти геологам визначити перспективні місця для розвідки родовищ природного каменю.

- Застосування ГІС для планування кар'єрних робіт. ГІС можуть використовуватися для розробки оптимальних маршрутів видобутку, розрахунку обсягів запасів каменю та мінімізації впливу на довкілля.

- Впровадження ГІС для моніторингу деформацій земної поверхні. ГІС можуть використовуватися для відстеження змін рельєфу земної поверхні внаслідок гірничодобувної діяльності, що може допомогти запобігти аваріям та зсувам.

- Використання ГІС для управління водними ресурсами. ГІС можуть використовуватися для оптимізації використання води на кар'єрах, а також для моніторингу та запобігання забрудненню водних ресурсів.

Важливо зазначити, що використання ГІС потребує значних інвестицій у програмне забезпечення, обладнання та кваліфікований персонал.

Однак, загалом, використання ГІС має великий потенціал для розвитку галузі видобутку блоків природного каменю, роблячи її більш ефективною, екологічною та рентабельною.

Перераховані напрями розвитку спрямовані на створення більш стійких, ефективних та екологічно чистих методів видобутку блоків природного каменю, які відповідають сучасним вимогам сталого розвитку.

Скорик М.А., аспірант, 1 курс, PhD-184-23-2,
Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Котенко В.В., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

Процес наземного лазерного сканування (SLAM R100) в умовах відкритих гірничих виробок

Останніми роками у геоматиці спостерігається тенденція до застосування систем наземного лазерного сканування (Terrestrial Laser Scanning, TLS), які забезпечують високоточні дані про навколишнє середовище. Наземне лазерне сканування демонструє значний потенціал у гірничій промисловості, привертаючи все більшу увагу завдяки можливості створення деталізованих цифрових моделей кар'єрів. Ці моделі формуються за допомогою наземних лазерних сканерів, які фіксують хмару точок із точністю від міліметра до сантиметра [1]. Однак наземні вимірювання вимагають прямої видимості, і якщо системи TLS встановлені на штативі, це може значно збільшити час зйомки в складних топографічних умовах. На таких об'єктах з невеликою кількістю точок огляду, з яких можна спостерігати великі території об'єкту, потрібно використовувати кілька позицій сканування, щоб охопити всю необхідну площу (бровка, уступ, вибой, берма, підшва). Отже, потрібно багаторазово проводити переміщення системи, розміщеної на штативі, що потребує багато часу, а також збільшується складність подальшої обробки даних [2].

На зміну стаціонарним системам приходять мобільні ручні лазерні сканери (Hand-Held Mobile Laser Scanner, HMLS), які інтегрують методику Simultaneous Localization and Mapping (SLAM). SLAM – це метод автономної навігації та картографування, незалежний від сигналів GNSS [3]. Ця технологія об'єднує LIDAR, IMU, GNSS та вбудовані камери для картографування невідомих середовищ з одночасним визначенням локації системи. Для досягнення максимальної точності, SLAM вимагає виконання замкнутого маршруту сканування, забезпечуючи точне позиціонування зібраних даних навіть в умовах відсутності GNSS сигналів [4,5].

Незважаючи на ефективність у закритих середовищах, система стикається з труднощами на відкритих територіях, які можуть бути частково нівельовані за наявності надійного GNSS сигналу.

Конструкція системи SLAM R100 від компанії ALFA GEO офіційного представника XGRID включає обертову голову, що випромінює 16 безпечних для очей лазерних променів, забезпечуючи частоту сканування 320 000 імпульсів на секунду та дальність до 120 метрів при цьому точність визначення віддалі не залежить від відстані. Від віддалі залежить тільки щільність точок на досліджуваній поверхні [6]. Інтегровані чотири камери, IMU та GNSS модулі допомагають у точному визначенні положення та орієнтації сканера, що значно підвищує якість даних, вага системи складає 1,9 кг.[7]

Досліджуваний об'єкт, Родовище - Кам'янобрідське (Габро), розташоване північніше села Кам'яний Брід із площею родовища на момент сканування 3,9 га, складається з 3-х уступів, відмітки висот в межах 173,2-195,8. Тут ми оцінюємо новий наземний підхід сканування із використанням ручного мобільного лазерного сканера SLAM R100, який представляє значний прогрес у здатності збирати топографічні дані



Рис. 1 Маршрут сканування

на складних територіях з типовою для систем TLS щільність отриманих даних.

Довжина маршруту сканування 2207 м складений таким чином, щоб дотримуватись умов роботи системи SLAM та охопити всі елементи кар'єру. Загальний час сканування склав 43 хвилини. Для реєстрації хмари точок в системі координат МСК-18 під час сканування були визначені 16 опорних точок, координати яких отримані двочастотним GNSS RTK приймач SOUTH S660P в системі координат МСК-18.

Управління системою SLAM R100 здійснюється через мобільний додаток LixelGO, встановлений на смартфон. Підключення до смартфона відбувається через WI-FI, що дозволяє відразу на екрані смартфона бачити утворену хмару точок, забезпечуючи більше впевненості в правильності операцій зі збору даних та за

необхідності своєчасно в нести корективи. Після збору даних настає процес опрацювання проекту в програмному забезпеченні LixelStudio, сам процес максимально автоматичний та включає наступні етапи: Global Optimization – процес вирівнювання та реєстрації хмари точок у відповідній системі координат; Full

pointCloud – процес ущільнення вихідної хмари точок, що приблизно збільшує кількість точок у п'ять разів; Figure Remove – процес видалення рухомих об'єктів, які були присутні під час сканування; Start End Loop – процес вирівнювання замкнутої хмари точок; Camera Coloring – процес розфарбування хмари точок за допомогою сферичних фотографій зроблених на камеру Insta360 ONE RS 1-Inch 360 Edition. [5]

Загальний час вирівнювання даних сканування у програмному забезпеченні LixelStudio склав всього 1 годину 15 хвилин на комп'ютері з наступними параметрами: процесор Intel(R) Core(TM) i7-9700F CPU 3.000 GHz, оперативна пам'ять 48,0 ГБ, графічний процесор nVidia Quadro P2000, 5 GB GDDR5.

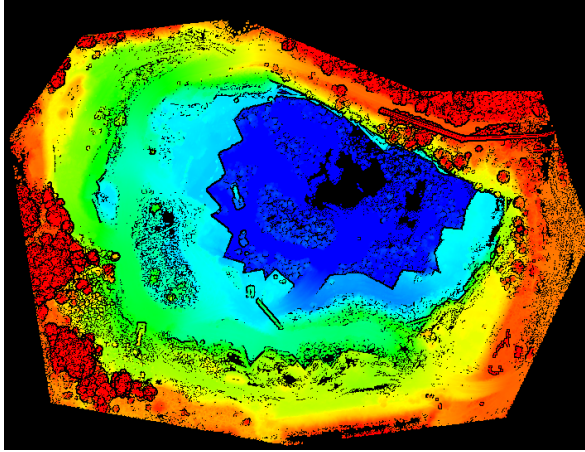


Рис. 2 Хмара точок відображена у висотній класифікації.

В результаті опрацювання хмара точок складається з 240 мільйонів точок та має середню щільність 12 мм, що дозволяє виконувати розрахунки у важко доступних місцях.

Для оцінки точності хмари точок було проведено вимірювання верхньої бровки нижнього уступу у режимі РТК, результати показали, що висотні відмітки точок у порівнянні з отриманою хмарою точок не перевищують 61 мм. Також на нижньому уступі були закладені марки у вертикальному положенні, координати центрів яких визначені електронним тахеометром, а відмітки на контрольних марках не перевищують 22 мм.

Висока роздільна здатність і точність системи SLAM R100 дозволяє отримувати надійні дані навіть в умовах, де інші методи, як наприклад фотограметрія та РТК знімання, не здатні забезпечити необхідну точність через покриття

рослинністю або інші перешкоди. Така технологія стає незамінною при скануванні у складних умовах і може використовуватись для поновлення інформації про гірничі виробки, обрахування об'ємів складів порід, а також для оперативного оновлення даних у системах управління гірничодобувними підприємствами.

Попри високу продуктивність і точність, під час використання технології SLAM можливі помилки, такі як дрейф, поява подвійних об'єктів на хмарі точок або втрата орієнтації сканера через раптові рухи. Також, неправильне планування маршруту сканування може призводити до невідповідності початкових і кінцевих точок маршруту, що вплине на кінцеву точність хмари (без використання модулю РТК), яка покладається на замкненість циклу для правильної обробки даних.

Дана технологія може себе зарекомендувати при виконання маркшейдерських робіт у підземних гірничих виробках які, як правило, є трудомістким і складним процесом.

Система відкриває нові можливості для точного і оперативного збору даних, що є ключовим для успішної реалізації інженерних та геологічних проєктів.

Список використаних джерел

1. Heritage G, Hetherington D. 2007. Towards a protocol for laser scanning in fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms* 32: 66–74. DOI. 10.1002/esp.1375.
2. James, M.R.; Quinton, J.N. Ultra-rapid topographic surveying for complex environments: The hand-held mobile laser scanner (HMLS). *Earth Surf. Process. Landf.* 2014, 39, 138–142.
3. Zhang, Z. Gong, Y. Chen, J. Zelek, J. Li (2019). Slambased multi-sensor backpack Lidar systems in GNSS-denied environments. *IGARSS 2019*, 8984-8987.
4. Cabo C, Del Pozo S, Rodríguez-González P, Ordóñez C, González-Aguilera D. 2018. Comparing terrestrial laser scanning (TLS) and wearable laser scanning (WLS) for individual tree modeling at plot level. *Remote Sensing*. 10(4):540.
5. Gollob C, Ritter T, Nothdurft A. 2020. Forest inventory with long range and high-speed personal laser scanning (PLS) and simultaneous localization and mapping (SLAM) technology. *Remote Sensing*. 12(9):1509.
6. А. Виват, О. Горб, Є. Пашкевич, А. Маліцький, Н. Назарчук, В. Мандзюк. Дослідження мобільної системи лазерного сканування stonex X120GO. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, випуск II (46), 2023
7. URL: https://www.xgrids.com/lixel2_16_p

УДК 622.2

Соколовський В.О., аспіранти 2-го курсу
Толкач О.М., к.т.н., доц. докторант 1-го курсу
Державний університет «Житомирська політехніка»

Інновації в конструкції набивки свердловин при веденні вибухових робіт

Для покращення вибуху компанія AdvancedBlasting Technology inc (США) пропонує покращити набивку за допомогою пластикових сфер Rocklock. Ці сфери збільшують час утримання набивки в свердловині на 216 % довше ніж при звичайній набивці. Час утримання набивки в свердловині діаметром 150 мм при використанні Rocklock збільшився від 16 мс до 24 мс. Порядок застосування цих сфер зображено на рис. 1. Сфери підбираються діаметром меншим за діаметр свердловин на 10 %.

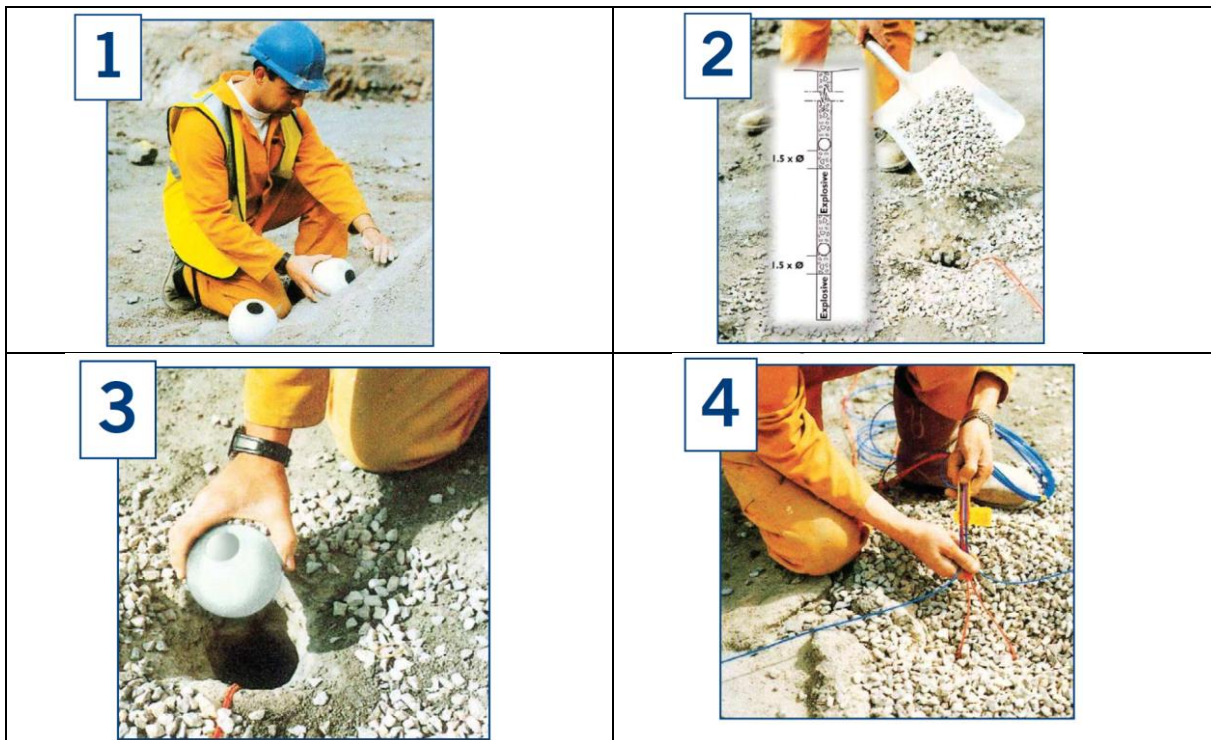


Рис. 1. Схема розміщення Rocklock в свердловинах

Потім заповнюються на 50–75 % набивочним матеріалом (рис. 1, 1). Над колонкою заряду засипають сипучий матеріал набивки приблизно на 1,5 діаметри заряду (рис. 1, 2), потім кидають в свердловину одну сферу Rocklock (рис. 1, 3). Після того як Rocklock опустився на дно продовжують засипати свердловину набивкою (рис. 1, 4).

Сфери Rocklock випускаються діаметрами: 38, 45, 75, 90, 100, 115, 125, 137, 150, 180, 200, 235 мм. Сфери під час дії вибуху на набивку перетворюються на півсфери та розширюються в свердловині, що підвищує дію газів вибуху на масив гірської породи. Дослідження показують, що це позитивно впливає на дроблення гірської маси та знижує кількість негабаритів.

Застосування аутсорсингу на гірничопромислових комплексах із виробництва щебеню

Основними статтями витрат гірничопромислових комплексів є витрати на проведення робіт із отримання товарної продукції, яка відповідає заданим стандартам. Для підприємств із виробництва щебеню усі види робіт можна згрупувати на наступні основні категорії: підготовка гірничої маси до виймання буровибуховим способом, виймально-навантажувальні роботи при розкритті та видобуванні, транспортування розкриття та гірничої маси, дроблення та сортування корисної копалини, відвалоутворення та рекультивация. Для реалізації зазначених процесів необхідно здійснити великі капіталовкладення для закупівлі цілого ряду обладнання, машин та механізмів. Окрім цього, виникає необхідність в експлуатаційних витратах, а також витратах на утримання та навчання працівників, створення необхідної ремонтної бази та інфраструктури.

Зміна кон'юнктури ринку, яка відбувається протягом останніх десяти років, ставить перед керівництвом підприємств питання про доцільність заміни та придбання додаткових одиниць гірничотранспортного та переробного обладнання, яке забезпечить необхідну продуктивність кар'єрів та випуск готової продукції, яка відповідає вимогам споживачів. Одним із напрямків вирішення даної проблеми може бути промисловий (виробничий) аутсорсинг, який із роками знаходить все більше своє застосування. Основними причинами використання аутсорсингу, як засобу підвищення економічної ефективності гірничопромислового комплексу, є: відмова від значних капіталовкладень на придбання нових машин, механізмів та обладнання, відсутність необхідності залучення додаткових трудових ресурсів, створення конкурентного середовища на підприємстві та підвищення мотивації працівників, відмова від отримання різних ліцензій для можливості здійснення спеціалізованих робіт, можливість оперативного адаптуватися під нові вимоги ринку мінеральної сировини, тощо.

За часовими ознаками промисловий аутсорсинг можна розділити на довгостроковий (залучення спеціалізованої організації на термін більше 3 місяців) та короткостроковий (до 3 місяців). Аутсорсинг може бути застосований як для усіх технологічних процесів відкритої розробки родовища, так і для окремих їх видів.

Послуги на проведення комплексу буровибухових робіт є одним із найпоширеніших видів аутсорсингу. У даному технологічному процесі можна виділити цілий ряд переваг застосування аутсорсингу: відсутня необхідність в отриманні дозволу на проведення вибухових робіт; виробництво (закупівлю), зберігання та транспортування вибухових матеріалів здійснює аутсорсингова компанія; відсутня необхідність у власній буровибуховій дільниці (при незначних обсягах БВР утримання бурового верстату є недоцільним). Окрім того, аутсорсер забезпечує необхідний фракційний склад підірваної гірничої маси для виробництва щебеню, а за необхідності – здійснює розробку негабариту.

Транспортування гірничої маси є невід'ємною складовою виробничого процесу на кар'єрах нерудних будівельних матеріалів. Для цього кожне підприємство, як правило, має власний транспорт. При значному збільшенні обсягів виробництва щебеневої продукції економічно доцільним є залучення власного парку самоскидів, який задіяний на перевезенні розкритих порід, для транспортування корисної копалини. Для перевезення розкритих порід, у цьому випадку, доцільно залучити аутсорсингову компанію. Це дозволить підприємству залишити повний контроль над процесом отримання готової продукції.

Залучення аутсорсера за умови забезпечення рентабельності гірничого виробництва є доцільним, коли виконується наступна умова:

$$C_a \leq B - C_c \rightarrow \min \quad (1)$$

де C_a – собівартість щебеневої продукції при залученні підрядної організації; C_c – собівартість щебеневої продукції при виконанні кінцевого виробничого циклу, що залишився, силами підприємства; B – ринкова вартість щебеневої продукції.

Отже, перевагами аутсорсингу технологічних процесів гірничопромислових комплексів із виробництва щебеню є: зниження витрат на придбання та обслуговування нового гірничотранспортного та переробного обладнання, ефективний контроль термінів виконання гірничих робіт, отримання доступу до своєчасного високотехнологічного обладнання за відсутності великих капіталовкладень, відсутність необхідності залучення додаткових трудових ресурсів, підвищення продуктивності праці, створення більш гнучкого гірничого виробництва (швидка адаптація до зміни зовнішніх факторів).

УДК 666.61

Хома І.В., студентка 1-го курсу, гр. ПЦБ-3
 Науковий керівник - Піскун І.А., асистент
 Державний університет «Житомирська політехніка»

Перспективи розвитку виробництва керамічної плитки в Україні

Сучасне будівництво та дизайн інтер'єру надзвичайно швидко розвиваються, а елементи, які стають фундаментом для створення естетичного та функціонального простору, заслуговують на особливу увагу. Один із ключових факторів, який здатен перетворити будь-яке приміщення у витончений та стильний простір – це керамічна плитка. У сучасних інтер'єрах, особливо при облицюванні ванних кімнат, даний матеріал є незамінним.

На сьогоднішній день виробництво і споживання цього будівельного матеріалу у світі зростає. Зокрема і в Україні за останнє десятиліття з'явилась величезна кількість виробників керамічної плитки, колекції яких відрізняються багатоманітною кольоровою гамою і широким спектром текстур (рис. 1).

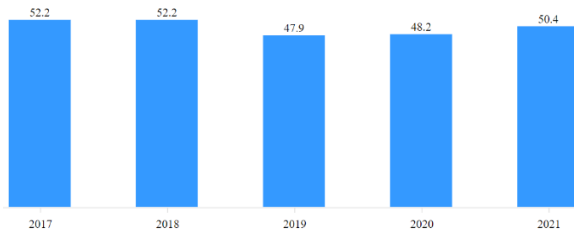


Рис.1. Обсяги реалізації керамічної плитки українського виробництва, 2017-2021 рр, млн.м²

Природні багатства нашої держави дозволяють саме в Україні виробляти керамічну плитку, яку цінують у багатьох країнах світу. Конкурентоспроможність української продукції забезпечується використанням якісної сировини, позаяк біла і червона глина, каолін і пісок, необхідні для виробництва керамічної плитки є одними з найякісніших у Європі.

Біла глина використовується для керамічних виробів високої якості, в тому числі облицювальної плитки. Основою такого будівельного матеріалу є мінерал каолініт. Крім цього, важливим технологічним показником який визначає можливість застосування того чи іншого глинистого матеріалу в якості сировини для виготовлення керамічної продукції є значення вмісту оксиду алюмінію – саме ця сполука надає глині такі властивості, як пластичність і вогнетривкість.

На відміну від білої глини, червона є більш поширеною. До складу цієї сировини у великій кількості входить оксид заліза, що надає їй характерного червонуватого відтінку. За словами експертів в цій області, вироби, одержувані з такого матеріалу, володіють не найкращими характеристиками. Зокрема, для них є типовими суттєві значення усадку і порівняно низька міцність.

Наслідком високого ступеню досконалості сировинної бази, керамічна плитка вітчизняного виробництва має значний потенціал для виходу на ринки Європейського Союзу. Проте, для успішного експорту продукції українські виробники повинні відповідати жорстким європейським стандартам якості, співставлення яких з чинними в Україні вимогами показано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння вимог до сировини для виготовлення керамічної плитки

Складові елементи	Європейські вимоги	Українські вимоги	Фактори невідповідності
Глина	Повинна відповідати стандарту EN 14490	Повинна відповідати ДСТУ 7220:2010	ДСТУ 7220:2010 не містить деяких показників, які вимагаються EN 14490, таких як вміст оксидів алюмінію, заліза та лугів.
Кварцовий пісок	Повинна відповідати стандарту EN 1310	Повинна відповідати ДСТУ 8269:2010	ДСТУ 8269:2010 не містить деяких показників, які вимагаються EN 1310, таких як вміст заліза та оксиду кальцію.
Польовий шпат	Повинна відповідати стандарту EN 1305	Повинна відповідати ДСТУ 7221:2010	ДСТУ 7221:2010 не містить деяких показників, які вимагаються EN 1305, таких як вміст оксидів калію та натрію.
Домішки	Не повинні містити свинцю, кадмію та хрому	Не повинні містити свинцю, кадмію та хрому	Вимоги до вмісту шкідливих домішок в українських стандартах більш жорсткі, ніж в європейських

З таблиці 1 видно, що українські норми щодо сировини для виготовлення керамічної плитки в цілому відповідають європейським. Проте, існують деякі розбіжності, які можуть ускладнити експорт української

продукції на європейські ринки. З метою нівелювання вказаних вище розбіжностей та задля підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції можуть бути вжиті наступні заходи:

- провести детальний аналіз розбіжностей у вимогах до сировини для виготовлення керамічної плитки та визначити ключові показники, які потребують вдосконалення;
- провести аудит виробничих процесів на вітчизняних підприємствах-виробниках керамічної плитки з метою виявлення потенційних можливостей для модернізації;
- розробити та впровадити програми модернізації виробництва, спрямовані на оновлення обладнання, впровадження нових технологій та підвищення енергоефективності;
- впровадити на вітчизняних підприємствах-виробниках керамічної плитки системи менеджменту якості відповідно до міжнародних стандартів ISO 9001:2015.

Окрім відповідності вимогам до сировини, українським виробникам керамічної плитки також необхідно буде відповідати європейським стандартам щодо якості та безпеки готової продукції. Це включає в себе такі показники, як міцність, стійкість до стирання, хімічна стійкість та екологічна безпека.

Найбільшими підприємства Житомирської області, які задалегідь взяли курс на Європейські ринки збуту є «Керамік Полісся» – фабрика розташована на території міста Житомир, яка займається виробництвом керамічних елементів декору (плитка, мозаїка, фризи) та ТОВ «Церсаніт Інвест» – виробництво, яке знаходиться у місті Звягелі і з 2009 року виробляє плитку, грес, санітарно-технічні вироби. Процес виготовлення характеризується високим рівнем автоматизації та використанням високопродуктивного обладнання. За умов переважної більшості підприємств найчастіше застосовують технології одинарного або подвійного обпалювання плитки.

Керамічна плитка одинарного обпалювання вирізняється тим, що у неї досить шорстка поверхня, збільшена щільність і велика маса. При виробництві такої плитки застосовується найбільш прогресивна технологія, що складається з кількох взаємозалежних етапів. Спочатку вихідний матеріал, для якого може бути використана біла та червона глина, ретельно перемішується та одночасно зволожується у спеціальному барабані. Отриману суміш підсушують і дрібно перемелюють. Далі для одержання заготовок використовується пресування. На заключному етапі «спікання» заготовки висушують, глазурують і піддають остаточному випалюванню, що відбувається при температурі 1200°C. Завдяки одинарному випалу відбувається усадка матеріалу, яка робить монокоттуру плитки міцнішою та більш стійкою до зношування. Така плитка може бути застосована не тільки для внутрішніх, але і для зовнішніх робіт.

Керамічна плитка подвійного обпалювання – це різновид кераміки, яку виготовляють методом пресування з використанням спеціальних форм і наступним випалом при температурі +1040°C. В результаті виходить проміжний продукт, який перевіряють на відповідність заявленим характеристикам (плоскість, розмір тощо), після чого відібрані плитки покривають глазур'ю та повторно обпалюють для її закріплення. Глазур у цьому випадку виконує подвійну функцію: з однієї сторони, вона відповідає за привабливий зовнішній вигляд плитки, з іншого – забезпечує захист внутрішнього шару від механічних пошкоджень та впливу агресивних середовищ. Головна відмінна ознака плитки даного типу це характерний червоний колір, легкість та незначна товщина.

Недоліками описаних технологій є те, що плитка одинарного обпалювання має шорстку поверхню, як наслідок її експлуатація та очищення будуть досить складними, а особливості технологічного процесу суттєво обмежують різноманітність кольору та фактури кінцевих виробів. В свою чергу, подвійне обпалювання робить плитку менш міцною та стійкою до зношування у порівнянні з плиткою одинарного обпалювання та потребує більше енергії і часу, що впливає на вартість. Отож на шляху до розвитку вітчизняного виробництва можуть бути перспективними такі технології як: сухопресоване виробництво, яке застосовується для виготовлення плитки з низькою пористістю та високою міцністю; екструзійне виробництво – використовується для створення плитки складної форми та фактури; листове виробництво – плитка, що виготовляється з глиняної маси, розкатою в листи.

Українське виробництво керамічної плитки має значний потенціал для розвитку та виходу на Європейські ринки. Цьому сприяють такі фактори як: наявність в Україні значних запасів глини та інших сировинних ресурсів, необхідних для виробництва керамічної плитки; розвинена виробнича база; конкурентоспроможні ціни на вітчизняну керамічну плитку порівняно з цінами на подібну продукцію у країнах ЄС. Проте, для успішного виходу на Європейські ринки українським виробникам керамічної плитки необхідно буде вирішити ряд проблем висвітлених вище.

Список використаних джерел

1. Яценко, О. В., Петренко, О. М. (2021). Аналіз конкурентоспроможності вітчизняного виробництва керамічної плитки на європейському ринку. Вісник Національного технічного університету "Київський політехнічний інститут", (6), 102-108
2. Піскун І.А., Котенко В.В. (2021). Дослідження перспектив використання первинного каоліну Йосипівського родовища у керамічній промисловості. Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки. Житомир: "Житомирська політехніка", 203-204.
3. Керамічна плитка: переваги, технологічні особливості та рекомендації з вибору. LB.ua. URL: https://lb.ua/economics/2023/12/04/587467_keramichna_plitka_perevagi.html (дата звернення: 10.04.2024).

Дослідження якісних втрат зумовлених анізотропією декоративного каменю та її впливом на технологію добування та обробки

Під час видобування та обробки декоративного каменю важливо враховувати зміну його властивостей в залежності від глибини видобування та орієнтації граней блока відносно тріщин окремості. Ці зміни властивостей впливають на економічність процесів добування та обробки, що підкреслює актуальність подальшого дослідження цього питання.

Першим етапом виготовлення продукції з декоративного каменю є видобування блоків, яке здійснюється за допомогою різних методів. Серед них найпоширенішими є методи, що базуються на тріщиноутворенні шляхом розколвання масиву гірської породи. Дослідження показали, що витрати праці при такому розколванні залежать від напрямку тріщин: напрям паралельний тріщинам виявився ефективнішим у порівнянні з перпендикулярним і під кутом. Це пов'язано зі структурою гірських масивів та характеристиками порід.

Дослідження також показали, що орієнтація площини розколу впливає на рівномірність відколу поверхні блока. При співпадинні напрямку розколвання з найкращим напрямком подільності, відкол поверхні блока стає менш нерівним, що зменшує втрати сировини.

Однією з ключових операцій у виготовленні продукції з декоративного каменю є розпилювання блоків, яка є дуже ресурсоємкою та працезатратною. Дослідження впливу орієнтації напрямку розпилювання блоків відносно тріщин окремості показали, що швидкість різання залежить від цього фактору (рис. 1-4).

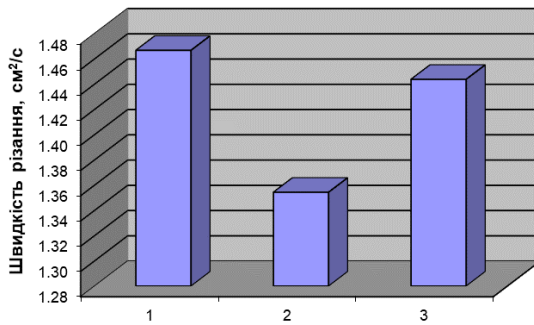


Рис. 1. Швидкості різання Невирівського лабрадориту при орієнтуванні розпилів паралельно: 1 – до поздовжніх; 2 – поперечних; 3 – пластових тріщин

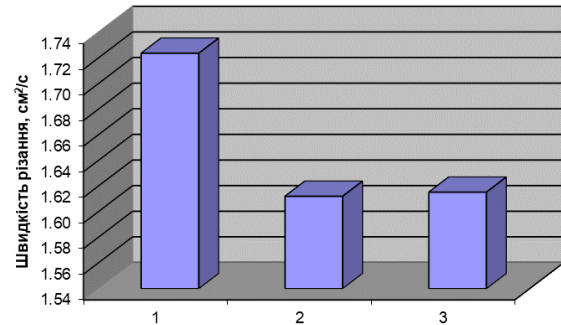


Рис. 2. Швидкості різання головинського лабрадориту при орієнтуванні розпилів паралельно: 1 – до поздовжніх; 2 – поперечних; 3 – пластових тріщин

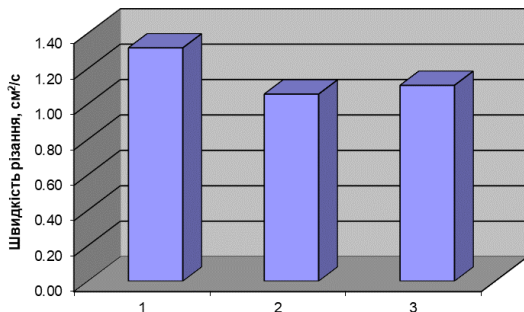


Рис. 3. Швидкості різання лезниківського граніту при орієнтуванні розпилів паралельно: 1 – до поздовжніх; 2 – поперечних; 3 – пластових тріщин

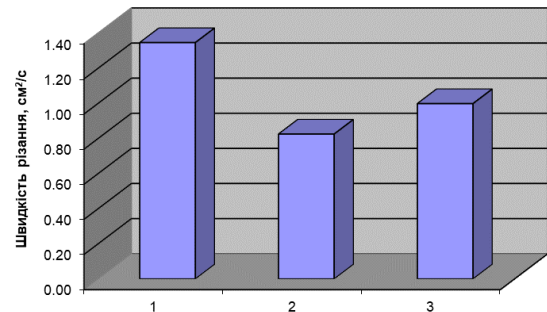


Рис. 4. Швидкості різання дідковицького граніту при орієнтуванні розпилів паралельно: 1 – до поздовжніх; 2 – поперечних; 3 – пластових тріщин

Аналіз наведених графічних залежностей свідчить, що для забезпечення високої продуктивності різання необхідно враховувати такі особливості:

Секція 7. Гірничі технології та технології будівництва

- для лабрадоритів Житомирської області найбільш оптимальною є схема, коли площина розпилювання блока орієнтована паралельно до поздовжніх і пластових тріщин;
- для габроноритів району досліджень раціонально орієнтувати площину розпилювання паралельно до пластових тріщин;
- для всіх гранітів та габроїдів найоптимальнішим є співпадання площини розпилювання з напрямом поздовжніх тріщин.

Слід зауважити, що при визначенні орієнтації площини розпилювання, а відповідно і більшої грані блока, відносно систем тріщин слід підходити стосовно кожного родовища індивідуально, забезпечуючи максимальне врахування технологічних, технічних і економічних чинників.

Не менш важливим показником, який характеризує процес алмазного дискового розпилювання високоміцного декоративного каменю, є питома витрата алмазів. Дослідимо вплив анізотропії властивостей декоративного каменю на цей важливий показник.

Варданын К. С. [42] встановив емпіричну залежність, яка відображає зв'язок витрати алмазів на руйнування одиниці об'єму гірської породи з межею міцності на стиск каменю, що оброблюється:

$$q = 10^{-2} C \sigma_{ст}, \quad (1)$$

де q – питома витрата алмазів, карат/мм³;

$\sigma_{ст}$ – межа міцності на стиск, МПа;

C – емпіричний коефіцієнт, який залежить від властивостей породи (для гранітів $C = 90$, для мармурів $C = 15$).

За даними досліджень Жукова С. О. встановлено, що для гранітів, мігматитів, амфіболітів, гнейсів, кварцитів характерне збільшення межі міцності на стиск з глибиною. Залежність межі міцності лабрадориту від глибини залягання показана на рис. 5.

Співставляючи два вищенаведених наукових результати можна зробити висновок, що розпилювання лабрадоритових блоків, які видобуваються з більшої глибини, супроводжується збільшенням питомої витрати алмазів на утворення пропилю. Це робить досить актуальним більш повне використання верхніх горизонтів покладу лабрадориту, яке характеризується меншими питомими витратами алмазів і відповідно меншою собівартістю розпилювання.

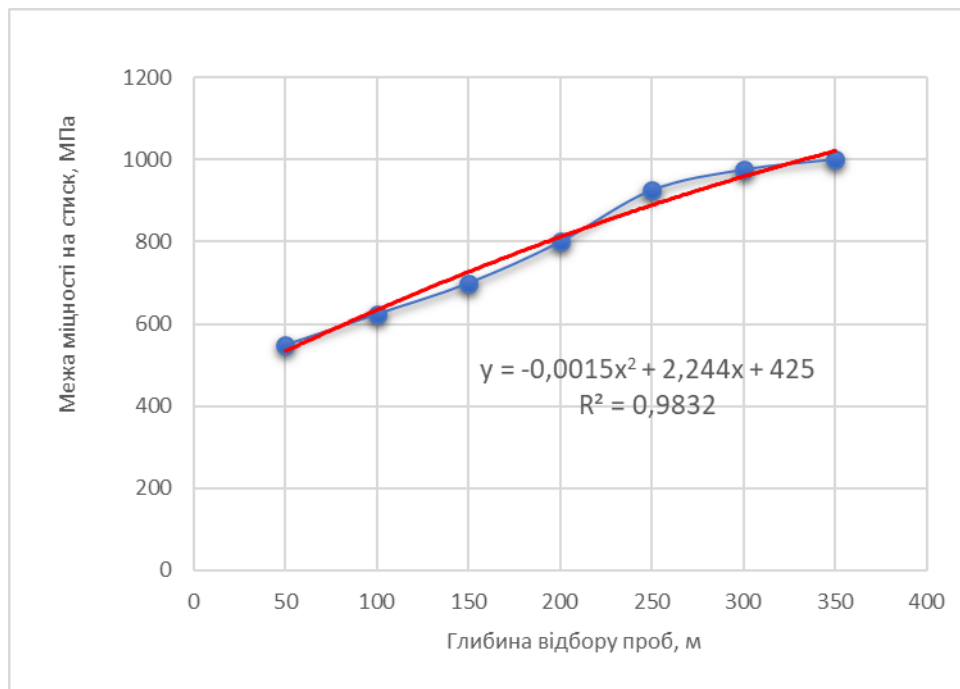


Рис. 5. Залежність зміни міцності лабрадориту від глибини залягання

Отже, необхідно орієнтувати більшу грань блока відносно систем тріщин окремістю таким чином, щоб забезпечити максимальну продуктивність подальшого розпилювання, найменшу працемісткість розколювання моноліту і мінімальну нерівність відколу бокової поверхні блоку при максимальному використанні запасів вищележачих горизонтів декоративного каменю.