



Founders: State University of Economics and Technology

ISSN: 3041-1246

E-mail: ete@duet.edu.ua Journal homepage: <https://ete.org.ua>

JEL: L86

DOI: 10.62911/ete.2024.02.02.07

Automation of Charge Loader Management for Blasthole Charging Based on the K-MINE Technology Platform


Citation:

Tikhlivets, S., Sierkin, V., Nazarenko, M. & Orynbaev, B. (2024). Automation of Charge Loader Management for Blasthole Charging Based on the K-MINE Technology Platform. Scientific and practical journal "Economics and technical engineering". Vol. 2 No. 2 (2024), 87-93. <https://doi.org/10.62911/ete.2024.02.02.07>

Sergii Tikhlivets

PhD, State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine

e-mail: tikhlivets@duet.edu.ua

 *ORCID ID: 0009-0005-9946-3842*

Volodymyr Sierkin

Chief Surveyor, KAI Private Enterprise, Kryvyi Rih, Ukraine


e-mail: svn@k-mine.com

 *ORCID ID: 0009-0005-6003-8873*

Mykhailo Nazarenko

DSc, CEO K-MINE Group


e-mail: mvn@k-mine.com

 *ORCID ID: 0009-0004-1982-4090*

Baurzhan Orynbaev

Doctoral student, Satbayev University, Almaty, the Republic of Kazakhstan

e-mail: Baurzhan.Orynbaev@interrin.kz

 *ORCID ID: 0000-0002-4963-7737*

Received: 12/11/2024

Accepted: 22/11/2024

Abstract: The article presents a pilot project to automate the process of blasthole charging using modern charge loaders at mining enterprises. It examines the key challenges encountered in blasthole charging, including inaccuracies in charge dosing, extended pre-charging operations, significant human factor influence, and personnel safety risks. Taking into account the urgent needs in well charging, the authors proposed an integrated solution that combines the K-MINE geographic information system for automated charge parameter calculations and automatic data transfer to the server and via GSM/LTE connection to the KBlast Android application installed on the on-board computer of the mixing and charging machine in real time. The article describes the process of reverse information exchange after charging wells and presents the main advantages of using this technology, namely: obtaining detailed information about charging, adjustments and prompt transfer of actual data on the work performed. The use of this technology is aimed at optimising production processes, improving charging accuracy, minimising the impact of the human factor and responding quickly in the event of force majeure during the charging process. The article presents the architecture of the proposed solution and the application functionality, and the results of its testing within the pilot implementation. The results of the research showed that the implementation of the automated system reduces the time for charging wells by 10-15%, reduces the consumption of explosives by 0.3-0.5% per hole and increases the dosing accuracy to 1 kg. This helps reduce mining costs and improve the efficiency of mining operations. The results of the technology implementation demonstrate its prospects for blasting optimisation at open-pit mines and its prospects for broader application.

Keywords: drilling and blasting operations, massive explosion, K-MINE, charge loaders, Android, transfer data.




JEL: L86

Automation of Charge Loader Management for Blasthole Charging Based on the K-MINE Technology Platform

Sergii Tikhlivets

PhD, State University of Economics and Technology, Kryvyi Rih, Ukraine


e-mail: tikhlivets@duet.edu.ua

 ORCID ID: 0009-0005-9946-3842

Volodymyr Sierkin

Chief Surveyor, KAI Private Enterprise, Kryvyi Rih, Ukraine


e-mail: svn@k-mine.com

 ORCID ID: 0009-0005-6003-8873

Mykhailo Nazarenko

Prof. DSc, CEO K-MINE Group


e-mail: mvn@k-mine.com

 ORCID ID: 0009-0004-1982-4090

Baurzhan Orynbaev

Doctoral student, Satbayev University, Almaty, the Republic of Kazakhstan

e-mail: Baurzhan.Orynbaev@interrin.kz

 ORCID ID: 0000-0002-4963-7737


Abstract: The article presents a pilot project to automate the process of blasthole charging using modern charge loaders at mining enterprises. It examines the key challenges encountered in blasthole charging, including inaccuracies in charge dosing, extended pre-charging operations, significant human factor influence, and personnel safety risks. Taking into account the urgent needs in well charging, the authors proposed an integrated solution that combines the K-MINE geographic information system for automated charge parameter calculations and automatic data transfer to the server and via GSM/LTE connection to the KBlast Android application installed on the on-board computer of the mixing and charging machine in real time. The article describes the process of reverse information exchange after charging wells and presents the main advantages of using this technology, namely: obtaining detailed information about charging, adjustments and prompt transfer of actual data on the work performed. The use of this technology is aimed at optimising production processes, improving charging accuracy, minimising the impact of the human factor and responding quickly in the event of force majeure during the charging process. The article presents the architecture of the proposed solution and the application functionality, and the results of its testing within the pilot implementation. The results of the research showed that the implementation of the automated system reduces the time for charging wells by 10-15%, reduces the consumption of explosives by 0.3-0.5% per hole and increases the dosing accuracy to 1 kg. This helps reduce mining costs and improve the efficiency of mining operations. The results of the technology implementation demonstrate its prospects for blasting optimisation at open-pit mines and its prospects for broader application.

Keywords: drilling and blasting operations, massive explosion, K-MINE, charge loaders, Android, transfer data.

Автоматизація процесу управління змішувально-зарядними машинами при заряджанні буровибухових свердловин на базі технологічної платформи K-MINE


Сергій Тіхлівець, доктор філософії, Державний університет економіки і технологій, Кривий Ріг, Україна

e-mail: tikhlivets@duet.edu.ua

 ORCID ID: 0009-0005-9946-3842

Володимир Серкін, головний маркшейдер ПП «КАІ», Кривий Ріг, Україна

e-mail: svn@k-mine.com

 ORCID ID: 0009-0005-6003-8873


Михайло Назаренко, д.т.н., директор K-MINE Group

e-mail: mvn@k-mine.com

 ORCID ID: 0009-0004-1982-4090

Бауржан Орынбаєв, докторант, Казахський національний дослідницький технічний університет К. І. Сатпаєва, Алмати, Казахстан

e-mail: Baurzhan.Orynbayev@interrin.kz

 ORCID ID: 0000-0002-4963-7737

Анотація: У статті представлено пілотний проєкт автоматизації процесу заряджання буровибухових свердловин із використанням сучасних змішувально-зарядних машин на гірничих підприємствах. Проаналізовано основні проблеми, які виникають у процесі заряджання свердловин, зокрема неточності дозування вибухових речовин, тривалість підготовчих операцій, значний вплив людського фактору та ризику для безпеки персоналу. Враховуючи нагальні потреби при заряджанні свердловин у цьому питанні авторами запропоновано інтегроване рішення, яке поєднує геоінформаційну систему K-MINE для автоматизованого розрахунку параметрів вибухових зарядів та автоматичну передачу цих даних на сервер та через GSM/LTE з'язок до Android-застосунку KBlast встановленого на бортовий комп'ютер змішувально-зарядної машини в режимі реального часу. Описаний процес зворотного обміну інформацією після заряджання свердловин та наведені основні переваги при застосуванні цієї технології, а саме: отримання детальної інформації про заряджання, коригування та оперативну передачу фактичних даних про виконані роботи. Застосування такої технології спрямоване на оптимізацію виробничих процесів, підвищення точності заряджання, мінімізацію впливу людського фактору та оперативного реагування при виникненні форс-мажорних обставин в процесі заряджання. Представлено архітектуру запропонованого рішення та функціонал застосунку, а також результати його тестування в межах пілотного впровадження. Результати дослідження показали, що впровадження автоматизованої системи скорочує час заряджання свердловин на 10–15%, зменшує витрати вибухових речовин на 0,3–0,5% на кожній свердловині та підвищує точність дозування до 1 кг. Це сприяє зниженню собівартості гірничих робіт і підвищенню ефективності процесів підготовки гірничої маси. Результати впровадження технології демонструють її перспективність для оптимізації вибухових робіт на кар'єрах і можливість подальшого масштабування.

Ключові слова: буровибухові роботи, масовий вибух, K-MINE, змішувально-зарядні машини, Android, передача даних.

Вступ (Introduction)

Невід'ємною складовою технологічного процесу видобутку руд для гірничих підприємств є буровибухові роботи, від яких залежить якість готової продукції та технологічний процес загалом (Nazarenko, Khomenko, 2015). В поточний час при відкритому відпрацюванні корисних копалин більшість підприємств гірничо-видобувної галузі використовують традиційні способи видобутку руди з використанням енергії вибуху (Nazarenko, Khomenko, 2014). Отримання належної якості гірничої маси після вибуху забезпечується врахуванням геологічних факторів і, як наслідок, фізичних властивостей руд і порід (Tikhliyets, S., 2021; Tikhliyets, Sg., Tikhliyets, S., 2021) та врахуванням їх при проведенні проєктування зарядів та виконання вибухових робіт (Nazarenko, Khomenko, 2015). Враховуючи мінливість цих показників, підбір оптимального режиму підривання в межах одного або декількох блоків ускладнюється. Таким чином, автоматизація процесу буріння, проєктування, заряджання та підривання корисних копалин є важливим пріоритетним напрямком оптимізації гірничого виробництва.

Автоматизація цих процесів сприяє підвищенню продуктивності, точності та безпеки виконання робіт. Одним із ключових аспектів вибухових робіт є заряджання буро-вибухових свердловин, що вимагає ретельного дотримання проектних параметрів маси вибухових речовин (ВР) при заряджанні. У традиційних методах передача цих даних до змішувально-зарядних машин (ЗЗМ) при заряджанні буро-вибухових свердловин (Kuprin, 2012) виконується вручну або за допомогою частково автоматизованих систем, що збільшує ризик людської помилки, тривалість підготовчих операцій та складність дотримання техніки безпеки.

Одним з шляхів вирішення цього питання є використання сучасних інформаційних технологій в напрямку ведення буро-вибухових робіт, програмування та автоматизацію обладнання ЗЗМ.

Сьогодні на ринку спеціалізованих програмних продуктів представлена низка пропозицій для автоматизації процесів гірничого виробництва, в тому числі для проектування буро-вибухових робіт та процесу заряджання вибухових свердловин. Попередніми дослідниками (Nazarenko, Khomenko, 2014) були описані роботи по проектуванню буро-вибухових робіт із використанням програмного забезпечення K-MINE: БВР, яке активно використовується на гірничих підприємства України та кордоном. Вивчались також різні схеми проектування та заряджання свердловин із застосуванням програмного продукту MICROMINE (Anisimov, Cherniaiev, Hurov, 2023). Програмних рішень по автоматизації процесу передачі даних зарядів ВР речовин з робочого місця проектувальника на ЗЗМ на території України на даний момент немає. Тому розробники виробничого підприємства «КАІ» запропонували свою технологію передачі цих даних, яка описана у цій статті.

Матеріали та методи (Materials and Methods)

Розробка програмного застосунку відбувалась з використанням програмного середовища C#. Створення проекту масового вибуху та завантаження його до хмарного серверу виконувалася у програмному модулі K-MINE: БВР. Для емуляції робочого процесу, передачі даних на бортовий комп'ютер ЗЗМ виконано розробку емулятора програмного інтерфейсу у середовищі C#, для тестування основних ланок технологічного процесу.

Результати (Results)

Для автоматизації процесу управління ЗЗМ на базі технологічної платформи K-MINE розроблено додатковий застосунок **KBlast** на платформі Android. Застосунок інтегрується в загальний ланцюг комплексу взаємодії модуля буро-вибухових робіт та обладнанням ЗЗМ (рисунок 1).

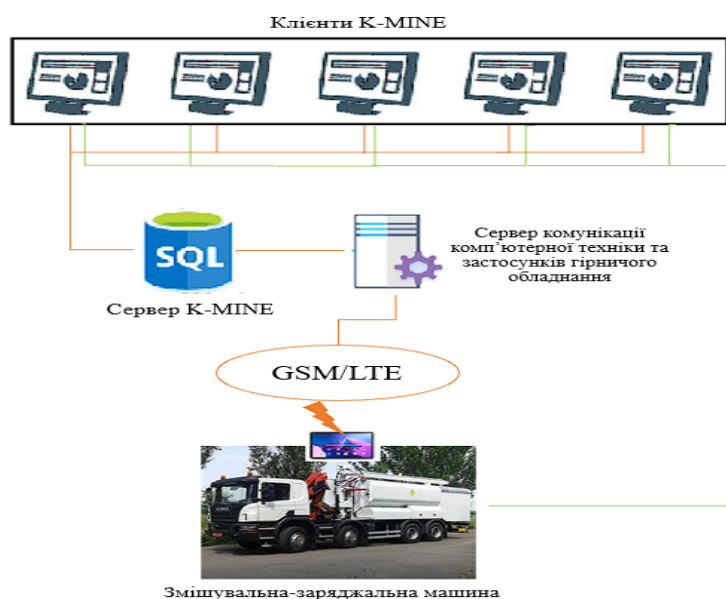


Рисунок 1. Структурна схема архітектури обміну інформації в системі

Вихідними даними для роботи системи є номер блоку, номер проекту, горизонт, номер свердловини (з фактичними координатами), глибина, заряд та тип ВР, номер конструкції заряду за даними масового вибуху (МВ), проектна довжина заряду та довжина неактивної частини. Цей перелік даних отримується за допомогою автоматизованого проектування зарядів з використанням модуля К-MINE: БВР (Khomenko, Baranovskyi 2010) згідно затверджених паспортів заряджання свердловин на підприємстві. В результаті запроєктовані параметри передаються до серверу К-MINE та серверу комунікації комп'ютерної техніки та застосунків гірничого обладнання, звідки по каналам зв'язку GSM/LTE завантажуються до встановленого застосунку **KBlast** на планшет 33М (рисунок 2).

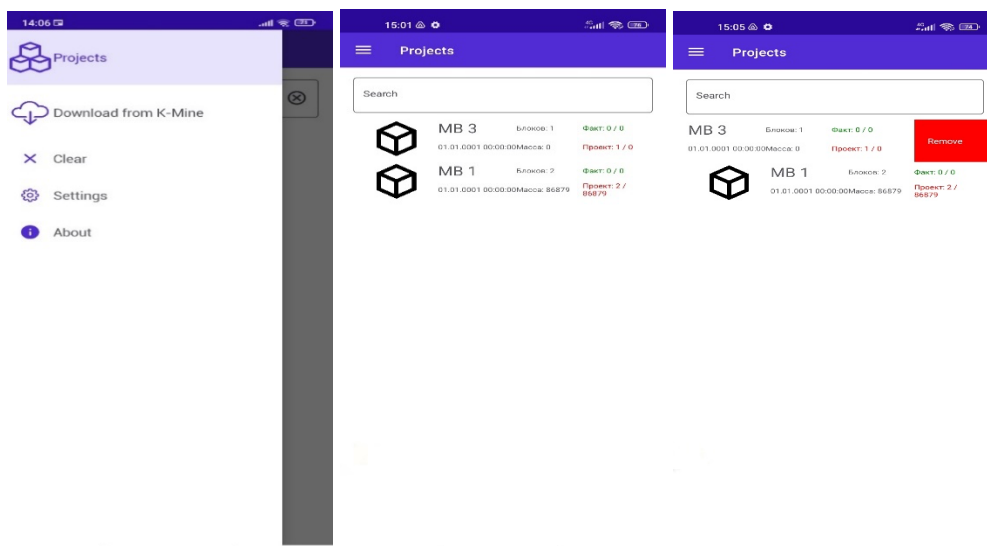


Рисунок 2. Зображення проєктів масового вибуху в застосунку KBlast на планшеті 33М

Оператор 33М отримав дані перед виїздом на кар'єр для заряджання свердловин вивчає та аналізує карту розташування блоків на МВ та прокладає оптимальний маршрут для проїзду з урахуванням актуальних доріг на основі актуальної маркшейдерської зйомки. При наближенні до першочергового блоку для зарядки, застосунок сигналізує про наближення та автоматично переходить на вкладку **MAP** де відображається карта блоку (рисунок 3).

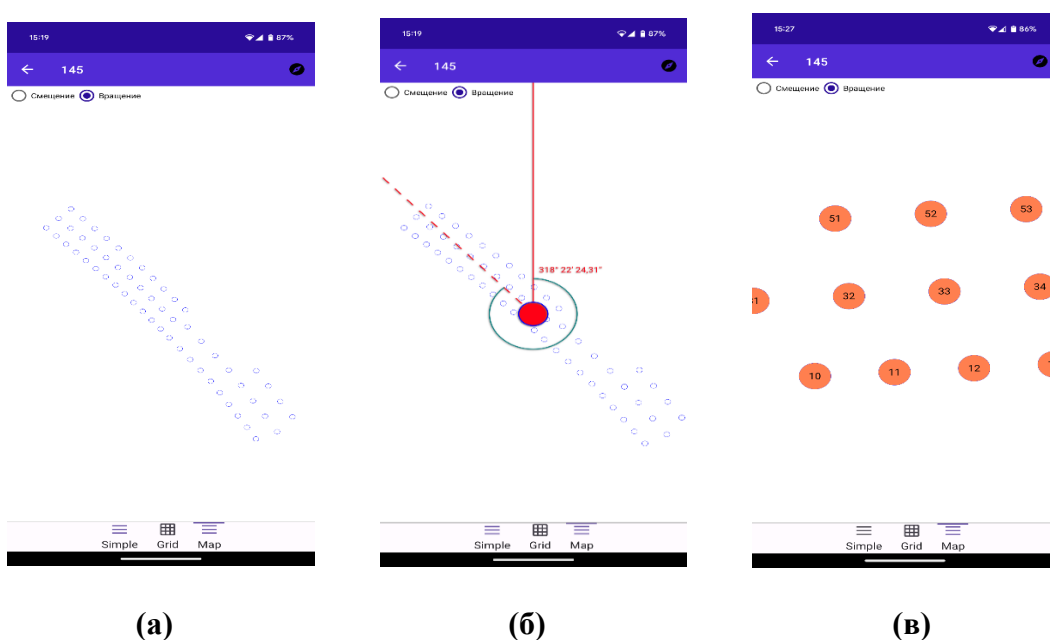


Рисунок 3. Інтерфейс застосунку KBlast для перегляду інформації по блоку: (а) – загальне положення, (б) – режим обертання, (в) – режим масштабування

Для зручності та мобільності при проведенні заряджання вибухівки, застосунок паралельно встановлюється на мобільний телефон оператора ЗЗМ. Головне меню застосунку має п'ять розділів: Projects, Download from K-Mine, Clear, Settings, About, активація яких відбувається через натискання.

При зарядці свердловин оператор ЗЗМ має можливість переглядати інформацію про проект масового вибуху за яким закріплена загальна інформація (його номер, дата та час проведення, кількість блоків, що входять до даного масового вибуху, загальна маса заряду ВР, кількість запроєктованих та заряджених блоків, значення відповідних сумарних зарядів).

За необхідністю оператор може виконувати зміну параметрів вибухового блоку через екран за стосунку, які запишуться в протоколі операцій (рисунок 4).

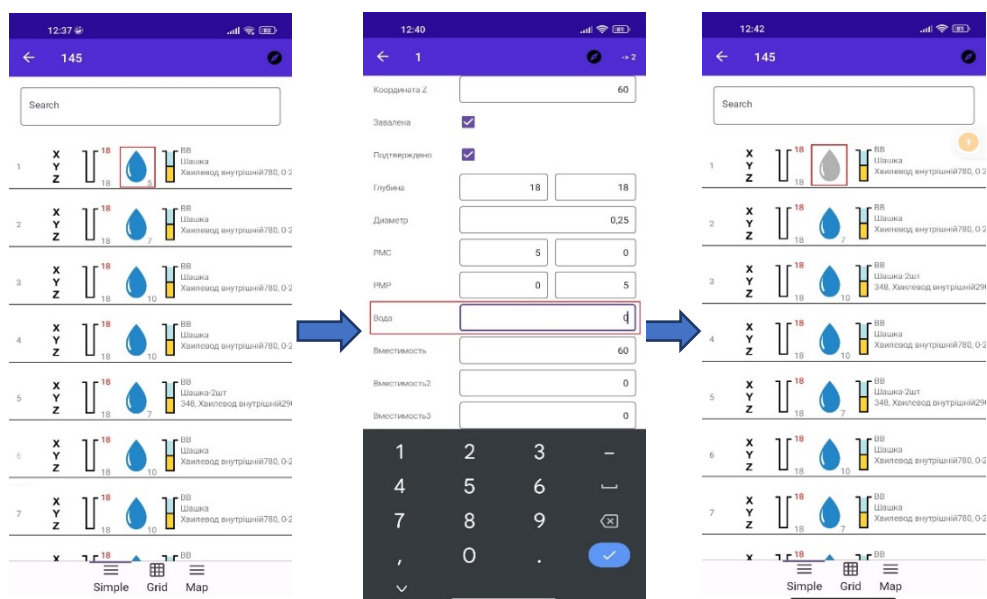


Рисунок 4. Перегляд та корегування фактичних значень зарядки у застосунку KBlast

Після виконання зарядних робіт виконується зворотня передача фактичних даних робочого блоку: номер ЗЗМ, номер масового вибуху, горизонт, номер свердловини, кількість та тип ВР, проектна кількість ВР у ЗЗМ для конкретного блоку, фактична заряджена кількість ВР для конкретного блоку, додаткова інформація за наявності (номери сертифікатів на компоненти, номер акту переробки та виготовлення ВР, дані роботи обладнання) на сервер системи. Дані які відправляються на сервер оператор може переглядати у застосунку або на планшеті.

Вся інформація яка відправляється на сервер автоматично зберігається та оновлюється в проекті по кожному буровому блоку і записується у відповідні поля фактичних значень маси ВР. На основі цих даних проєктувальник складає загальний звіт по МВ з урахуванням фактичних показників зарядки. Накопичені дані по МВ можуть використовуватись для аналізу і формування статистичних розрахунків.

Висновки (Conclusions)

Таким чином, використання інтегрованих рішень комплексу K-MINE: БВР і ЗЗМ дозволяє закрити повний цикл по підриванню порід у кар'єрі. Завдяки впровадженню віддаленої передачі даних про заряди, скорочуються час на 10-15% при отриманні проєктних показників про МВ оператором, в результаті пришвидшується виробничий процес.

Інтегрування застосунку KBlast на бортовий комп'ютер ЗЗМ дозволяє передавати проєктні дані зарядів на автоматику зарядної апаратури з точністю до 1 кг, що в порівнянні з механізованим способом заряджання до 10 кг дає можливість скоротити витрати ВР на 0,3-

0,5% на кожній свердловині. Таким чином, в загальному обсязі ВР на МВ, це дає значну економію коштів на цій ланці виробного процесу, зменшуючи собівартість готової продукції.

Використання мобільного застосунку KBlast спеціалістами відповідальними за зарядку блоків дає можливість швидкого коригування фактичного стану вибухових свердловин перед заряджанням, що в свою чергу забезпечує можливість корегування маси зарядів проєктувальником у реальному часі та автоматизацію процесу заряджання на вибуховому блоці.

Конфлікт інтересів (Conflicts of interest)

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Фінансування (Funding)

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування.

Внесок авторів (Authors contribution)

Ідея та розробка програмного продукту, Н.М.; тестування та опис для користувачів програмного продукту, С.В. і Т.С.; тестування при видобувних роботах, внесення пропозицій щодо удосконалення застосунку, О.Б.

Усі автори прочитали та погодилися з опублікованою версією рукопису.

Література (References)

- Anisimov, O. O., Cherniaiev, O. V., Hurov, I. H. (2023). Porivniannia skhem burinnia i zariadzhannia pidryvnykh sverdlovyh z vykorystanniam suchasnoho prohrannoho produktu MICROMINE. *Naukovi pratsi DonNTU*, 2(30), 29-38. <https://doi.org/10.31474/2073-9575-2023-2-30-29-38>
- Kuprin, V. P. (2012). Rozrobka i vprovadzhenia emulsiinykh vybukhovyykh rehovyn na karierakh DVNZ UDKhTU. 243. <http://surl.li/hggfyi>
- Khomenko, S. A., Baranovskyi, S. S. (2010). Systema avtomatyzyrovannoho proektyrovannia burovzrhyvnykh robot na baze HYS K-MINE. *Sbornyk dokladov nauchno-praktycheskoho. semynara «SVIT GIS-2010»*, 278.
- Nazarenko, M. V., Khomenko, S. A. (2014). K-MINE – instrument pidvyshchennia efektyvnosti proektuvannia ta vedennia buro-vybukhovyykh robot na karierakh. *Forum hirnykiv 2014, Materialy mizhnarodnoi konferentsii*, 1, 114-122. <https://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/149785/1/114-122.pdf>
- Nazarenko, M. V., Khomenko, S. A. (2015). Avtomatyzovana systema proektuvannia burovybukhovyykh robot na osnovi deshyfruvannia pokaznykiv burinnia blokovykh sverdlovyh. *Forum hirnykiv. Materialy mizhnarodnoi konferentsii, 30 veresnia-3 zhovtnia 2015*, 1, 152-159. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/150522>
- Tikhliyets, S. V. (2021). Variability of physical and chemical properties of magnetite and quartz of the Northern region in Kryvyi Rih basin. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*, 1(92), 17-23. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.92.03>
- Tikhliyets, Sg. V., Tikhliyets, S. V. (2021). Fizychni vlastyvyosti zalizystykh kvartsytyv yak pokaznyk vplyvu na stiikist rozkrytykh hirskykh masyviv Hannivskoho rodovyshcha. *Heoloho-mineralohichnyi visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu*, 1-2 (45-46), 83-90. <https://doi.org/10.31721/2306-5443-2021-45-46-1-2-83-89>