

12. Швагер Н. Ю. Аналіз професійної захворюваності на гірничодобувних підприємствах Кривбасу /Н. Ю. Швагер, Д. П. Заїчна // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. –Кривий Ріг, 2018. – Вип. 46. – С. 99–104. – Бібліогр.: с. 104

Рукопис подано до редакції 18.04.2023

УДК658.562.012.7.681.26

А.А. АЗАРЯН, д-р техн. наук, Н. С. КРАПИВНИЙ, магістрант  
Криворізький національний університет

## ГРАВІТАЦІЙНИЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ВМІСТУ ЗАЛІЗА В ПОДРІБНЕНІЙ ГІРНИЧІЙ МАСІ

**Метою дослідження** - є дослідження можливості оперативного контролю вмісту корисного компонента в окислених гематитових рудах в діапазоні від 30 до 68 відсотків вмісту заліза з гранулометричним складом -3мм.

**Метод дослідження** – гравітаційний.

**Наукова новизна** – встановлення стійкого кореляційного зв'язку між питомою вагою та вмістом заліза у подрібненій руді, а також використання у поєднанні нечіткої логіки, нейронних мереж для виявлення параметрів залежності і отримання максимально точного результату, та гравітаційного методу. Перевагою запропонованого методу в порівнянні з іншими геофізичними методами є швидкість та вартість експрес аналізу однієї проби, що приблизно на порядок нижче від існуючих. Крім того, цей метод не вимагає використання радіоактивних джерел випромінювання, що дозволяє спростити процедуру проведення аналізу та не потребує отримання дозволів та серйозного контролю за такого типу обладнанням, в свою чергу це на порядок підвищує безпеку та охорону праці на підприємстві.

**Практичною значимістю** запропонованого пристрою у гірничодобувному виробництві України є те, що він дозволить максимально швидко отримувати результати аналізу, знизить вартість аналізу однієї проби, та знизить втрати руд та засмічення підірваної гірничої маси, що розширить сировинну базу країни.

**Результати** проведених лабораторних досліджень показали, що за всіма вимогами оперативного контролю вмісту заліза в гематитових рудах - гравітаційний метод не поступається відомим геофізичним методам, таким як ядерно-фізичні, магнітометричні, ультразвукові, акустичні, радіометричні та інші, залежно від фізико-механічних властивостей мінералів. У статті наведено основні моменти роботи такого методу та вимоги до використання експрес-аналізу гематитових руд гравітаційним методом. Також представлена блок-схема алгоритму роботи такої системи та основні її компоненти, як електронні ваги, прес, манометр, кювета з пробой, персональний комп'ютер. В результаті досліджень також було розроблено ПЗ, яке забезпечує стабільну роботу системи та виконує усі обчислення та перетворення, його основні характеристики також було описано в даній статті.

**Ключові слова.** Питома вага, нейронні мережі, штучний інтелект, нечітка логіка, гравітаційний, гематитовий, гранулометричний, ущільнення.

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.** Для оперативного контролю якості мінеральної сировини в гірничорудній промисловості залежно від фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей, застосовуються різні методи, такі як: електричні; ядерно-фізичні; магнітометричні; ультразвукові; акустичні; радіометричні та інші.

Традиційні методи мають як позитивні, так і негативні характеристики. В даний час відсутній універсальний метод оперативного контролю за якістю мінеральної сировини. При виборі методу оперативного контролю якості мінеральної сировини крім фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей аналізують точність, простоту експлуатації, час та вартість аналізу однієї проби, техніку безпеки та ін.

При виборі методу контролю якості руди, у всіх існуючих способах оперативного контролю вмісту мінеральної сировини, на перше місце ставиться точність результату аналізу, так як це впливає як на ціну товарної руди, так і на конкурентоспроможність. Основними впливовими чинниками на точність оперативного контролю масової частки заліза в окислених рудах є: повний речовий склад руди; гранулометричний склад; вологість; температура навколишнього середовища; щільність проби.

Точний облік цих чинників дасть можливість визначити масову частку заліза в окислених рудах Кривбасу.

**Аналіз досліджень і публікацій.** За цією темою в технічній літературі є лише кілька публікацій, щодо контролю вмісту заліза за допомогою об'ємної ваги [6].

**Постановка задачі.** Для зниження собівартості оперативного контролю якості руд чорних металів шляхом зменшення вартості аналізу та часу проведення вимірювань необхідно враховувати всі фактори, що впливають на точність контролю з використанням нечіткої логіки.

**Викладення матеріалу та результати.** Загальний вигляд функціональної схеми методу наведено на рис.1.

Оскільки запропонований спосіб є непрямим методом контролю якості мінеральної сировини, то для встановлення можливості застосування в умовах гірничодобувного та переробного виробництва відбираються представницькі проби, в родовищі, де планується експлуатувати пристрої. Представницькі проби по черзі заповнюють кювету 3, ущільнюють за допомогою гідравлічного преса 1 під навантаженням 2т (за показниками манометра 2), зважують на точних електронних вагах 4. Після статистичної обробки результатів дослідження отримують еталонувальні залежності між вхідними та вихідними даними. Далі, зразкові залежності, записують в пам'ять персонального комп'ютера, розробляють програмне забезпечення, тестують і пристрій готовий до роботи.

**Рис.1** Загальний вигляд функціональної схеми: 1 - гідравлічний прес; 2 – манометр; 3 - кювета з пробой; 4 - точні електронні ваги; 5 - монітор персонального комп'ютера

Блок схема алгоритму роботи ГІС-1 наведено на рис.2.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному.

Після авторизації користувача та ініціалізації програмного забезпечення вимірювані проби, що по черзі заповнюються кюветами, ущільнюються за методикою наведеною вище, і ставляться на ваги. При цьому використовуючи еталонувальні залежності програмне забезпечення обчислює зміст корисного компонента та відображає на моніторі персонального комп'ютера. Результат обчислення Fe, дата та номер проби записуються до бази даних. У процедурі оперативного контролю за якістю мінеральної сировини використано «клієнт-серверну» технологію. Далі, оновлюється журнал та отримана інформація по мережі передається клієнту. Завдяки використанню бази даних, клієнт завжди може переглянути усі результати замірів та проаналізувати їх. В поточній версії ПЗ також доступна можливість виборки результатів аналізів за певний проміжок часу та / або певного користувача.

Якщо проба на електронних вагах відсутня, або завершується процедура контролю якості, або пристрій перебуває в режимі очікування.

На рис.3 наведено загальний вигляд зважування ущільненої проби з кюветою. Після ущільнення проби під навантаженням 2т. Проба разом із кюветою 3 зважується. Показання ваги в грамах передається на персональний комп'ютер, де за спеціальною програмою обчислюється вміст заліза та відображається на моніторі 5. Подальші процедури виконуються згідно з алгоритмом роботи ГІС-1

З метою підвищення точності оперативного контролю змісту корисного компонента досліджується можливість використання штучного інтелекту у поєднанні з нечіткою логікою. При цьому, за результатами лабораторних досліджень, для нечіткої логіки формуємо базу знань та функцію приналежності, а для штучного інтелекту визначаємо вхідні дані.

Весь діапазон досліджень вмісту корисного компонента можна розділили на 3 ділянки. Кожна ділянка характеризується діапазоном змін вмісту заліза, двома коефіцієнтами рівняння( $a_i$ ,  $b_i$ ), похідної функції( $G$ ) та чутливістю( $K$ ).

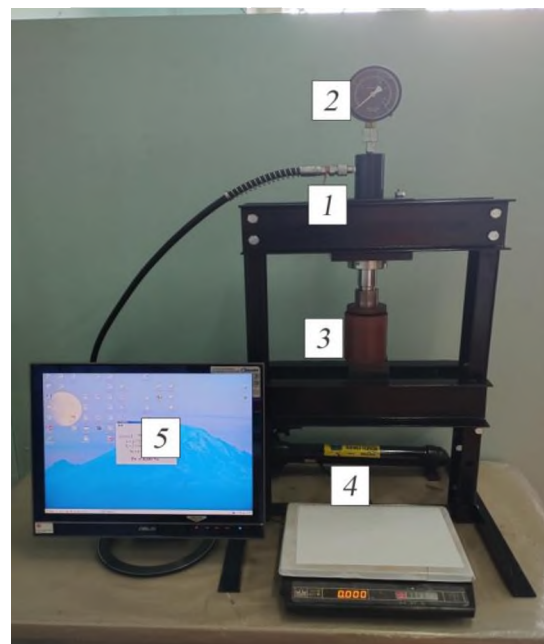




Рис.2. Блок схема алгоритму роботи ГПС-1

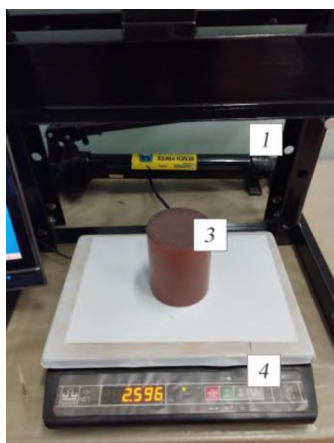


Рис.3 Загальний вид зважування ущільненої проби з кюветою

Таблиця база знань наведена нижче.

За результатами лабораторних досліджень отримано аналітичні залежності для трьох діапазонів вмісту заліза у руді, що дала можливість скласти таблицю бази знань (табл. 1).

З метою підвищення точності оперативного контролю вмісту заліза в товарній руді передбачається використання нейронно-нечітких мереж та штучного інтелекту. Вхідними параметрами для нейронних мереж та штучного інтелекту визначено: вага ущільненої проби; ціна одного відсотка в грамах; середнє значення діапазону вмісту заліза.

В якості мови програмування використовується JavaScript, що дозволяє досягти максимальної гнучкості та адаптувати готовий продукт до різних платформ.

| Під діапазон, % | ai     | bi     | Гradient, %/гр, G | Чутливість, гр/%, K |
|-----------------|--------|--------|-------------------|---------------------|
| Fe1 30-50       | 0,0145 | 22,189 | 0,025             | 6,5                 |
| Fe2 51-60       | 0,0534 | 51,056 | 0,045             | 20,0                |
| Fe3 61-70       | 0,04   | 23     | 0,05              | 25,7                |

Для отримання даних про поточні проби руди будуть використані стандартні елементи візуальних інтерфейсів, такі як поля введення, кнопки, списки, що випадають.

Для візуалізації розрахунків будуть використані таблиці, а також побудовані на даних таблиці інтерактивні графіки.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Результати проведених лабораторних досліджень показали, що середньоквадратичне відхилення генеральної вибірки змінюється в діапазоні від 0,57 до 0,78.

З метою підвищення точності оперативного контролю вмісту заліза в товарній руді передбачається використання нейронно-нечітких мереж та штучного інтелекту.

Вхідними параметрами для нейронних мереж та штучного інтелекту визначено: вага ущільненої проби; ціна одного відсотка в грамах; середнє значення діапазону вмісту заліза.

### Список літератури

1. Азарян А. А., Експрес-аналіз гематитових руд гравітаційним методом// А.А. Азарян, В.А. Азарян, А.М. Гриценко, та ін. Науково-технічний вісник «Гірничий вісник». – 2022 - №110 – с. 150-154. (Фахове видання категорії «Б» DOI: 10.31721/2306-5435-2022-1-110-150-154)
2. Azarian, A. A., Azarian, V.A. (2020). Geophysical methods for controlling the useful component content as the basis for the quality management system at mining and processing enterprises. Journal of Geology, Geography and Geoecology, 29(1), 3-15
3. Вілкул Ю.Г., Голярчук Н.И. Підвищення якості залізорудної сировини – основа виживання гірничорудних підприємств в умовах конкуренції. У збірці «Якість мінеральної сировини», Кривий Ріг, 1999
4. Р.С. Азарян, І.П. Васильчук, Е.В. Грібова. Вплив якості залізняку на фінансові показники діяльності залізорудних підприємств. У сб. «Качество мінерального сир'я», Кривий ріг, 1999
5. Г.В. Константинов. «Разработка системы управління якістю залізорудної сировини при переробці. Автореферат дисертації Кривий ріг, 2000
6. А.А. Темченко. «Стабілізація якості залізорудної сировини із застосуванням засобів оперативного контролю в кар'єрах. Автореферат дисертації, Кривий ріг, 1998 г.
7. Мінералогія Криворізького басейну, Київ, Наукова думання, 1977
8. Василенко, В.Є. Дослідження впливу вологості на точність контролю якості залізорудної сировини гамма-гамм методом. (). Збірник "Якість мінеральної сировини", Кривий Ріг, 2002, 230-237
9. Kozhevnikov, D.A., Khatmullin, I.Ph. (1990). A Method of Geometrical Factors in the Theory and Interpretation of Formation Density Logging Data. Nucl. Geophys. (4), 413 - 424
10. Belousov M.P., Gorbunov, M.A., Dudin, S.V., Ignat'ev, O.V., Morozov, S.G., Pulin, A.A. Analitika i kontrol', Portable scintillation gamma spectrometer STARK-01, 15, 429-438.

Рукопис подано до редакції 20.04.2023

УДК 622.271.4

Л.О. ШТАНЬКО, канд. техн. наук, провідний науковий співробітник,  
В.І. АНТОНІК, канд. біол. наук, провідний науковий співробітник,  
І.В. БАРАНОВ, канд. техн. наук, старший науковий співробітник,  
Науково-дослідний гірничорудний інститут Криворізького національного університету

### ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СКЛАДУВАННЯ ОКИСЛЕНИХ КВАРЦИТІВ ПРИ ПОДАЛЬШІЙ РОЗРОБЦІ КРУТОСПАДНИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ РОДОВИЩ НА ПРИКЛАДІ КАР'ЄРУ № 3 ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ»

**Мета.** Видобуток залізистих кварцитів відкритим способом супроводжується величезними обсягами виймання розкривних порід. До складу порід розкриву входять окислені кварцити, які необхідно складувати окремо з метою їх використання у якості залізорудної сировини в майбутньому. Однією з умов підтримання продуктивності кар'єру за рудою є своєчасне, у необхідному обсязі, виймання розкривних порід. Для її виконання потрібна наявність або ство-