

10. Model of absorbed gamma radiation in the interaction with rock formation / **A. Azaryan, A. Gritsenko, A. Trachuk, V. Serebrenikov, D. Shvets** // IAES International Journal of Robotics and Automation. Vol.8, No.4. December 2019. 269-276 ISSN: 2089-4856, DOI: 10.11591/ijra.v8i4.pp 269-276.

11. Система автоматичного керування масовою часткою магнітного заліза у конвеєрному рудопотоці: патент №50668 / **Азарян А.А., Азарян В.А., Кучер В.Г., Мордовін Д.М., Цибулевський Ю.Є.**; власник патенту КТУ; заявл. 02.11.2009; опубл. 25.06.210, Бюл. № 12.

12. Контроль содержания магнитного железа в пульповых продуктах рудообогатительной фабрики / [**Азарян А.А., Кучер В.Г., Цибулевский Ю.Е., Швец Д.В.**]. – INTERNATIONAL ACADEMY JOURNAL «Web of Scholar», Киев, №1(10), 2017, С.9-12.

13. Теория и практика управления агломерационным процессом / [**С. Е. Новак, Н. И. Гармаш, В. А. Мартыненко, А. В. Мартыненко**]. – Кривой Рог, 2006. - С. 86.

14. Улитенко К.Я., Соколов И.В., Маркин Р.П., Найдёнов А.П. Автоматизация процессов измельчения в обогащении и металлургии // Цветные металлы, 2005, №10, С. 54-59.

15. Пат. №56304 Україна В02С 25/00 Спосіб автоматичного керування одностадійним циклом мокрого подрібнення / **Кучер В.Г., Черняков С.М., Кривенко Ю.Ю.**; заявл. 14.06.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл.№ 1. – 3 с.

16. Пат. №118091 В02С 25/00 Спосіб автоматичного керування одностадійним циклом мокрого подрібнення / **Швец Д.В.**; заявл. 03.01.2017; опубл. 25.07.17; Бюл. №14.
Рукопис подано до редакції 17.04.22

УДК 658.562.012.7.681.26

А.А. АЗАРЯН, В.А. АЗАРЯН, доктори техн. наук, професори,
А.М. ГРИЦЕНКО., Ю.Є. ЦИБУЛЕВСЬКИЙ, кандидати техн. наук,
Я.М. МЕДЯНИК, інженер, **О.В. ЧЕРКАСОВ, О.В. ШВИДКИЙ**, наукові співробітники
Криворізький національний університет

ЕКСПРЕС-АНАЛІЗ ГЕМАТИТОВИХ РУД ГРАВІТАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Для оперативного контролю якості мінеральної сировини використовуються різні геофізичні методи, такі як ядерно-фізичні, магнітометричні, ультразвукові, акустичні, радіометричні та інші залежно від фізико-механічних властивостей мінералів. При цьому враховуються наступні параметри оперативного контролю: точність, вартість та експресність (оперативність).

Метою даної роботи є дослідження можливості оперативного контролю вмісту окислених, гематитових руд у діапазоні від 45 до 65 відсотків вмісту заліза із гранулометричним складом -5мм.

Метод-гравітаційний.

Наукова новизна-використання нечіткої логіки у поєднанні з гравітаційним методом.

Результати проведених лабораторних досліджень показали, що за всіма вимогами оперативного контролю вмісту заліза в гематитових рудах, запропонований метод не поступається наявним геофізичним методам. У статті наведено основні вимоги до експрес-аналізу гематитових руд гравітаційним методом.

Перевагою запропонованого методу порівняно з геофізичними методами є вартість експрес аналізу однієї проби, що становить приблизно 20 відсотків від вартості відомих. Крім того, цей метод не вимагає використання радіоактивних джерел випромінювання, що підвищує безпеку та охорону праці.

Широке впровадження пропонованого пристрою в гірничодобувне виробництво дозволить скоротити кількість проб або відмовитися від дорогого хімічного аналізу.

Ключові слова. Експрес, аналіз, оперативний, контроль, вимірювання, вага, гравітаційний, гематитовий, гранулометричний, ущільнення.

doi:10.31721/2306-5435-2022-1-110-150-154

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Традиційні методи оперативного контролю масової частки заліза в окислених рудах застосовуються для технологічного (експрес аналізу) і паспортного контролю (хіманаліза) змісту заліза. Ці методи мають свої переваги і недоліки [1-10]. Головним недоліком традиційних методів є висока вартість одного вимірювання, оскільки використовуються дуже складні технології із застосуванням різного програмного забезпечення, хімічних речовин і радіаційного випромінювання. Також грає не значну роль і час аналізу однієї проби.

Метою даної роботи є розробка гравітаційного методу оперативного контролю масової частки заліза в окисленому залізняку.

Даний метод істотно повинен полегшити аналіз технологічних проб: зменшенням вартості аналізу, часу проведення вимірювання і простотою в роботі.

Основними, впливаючими чинниками на точність оперативного контролю масової частки заліза в окислених рудах, є:

- гранулометричний склад;
- вологість;
- щільність проби.

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

Функціональну схему експрес-аналізу гематитових руд гравітаційним методом наведено на рис. 1.

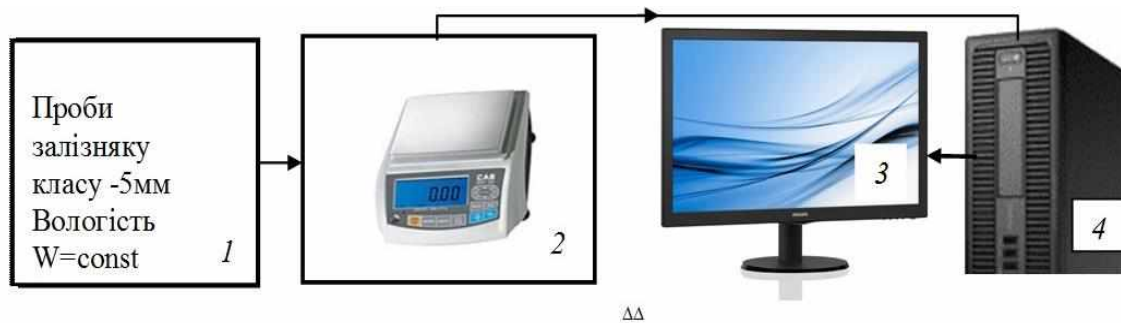


Рис. 1. Функціональна схема експрес-аналізу гематитових руд гравітаційним методом: 1 - проби заліза в кюветі; 2 - точні ваги (0,1 г), 3 - монітор; 4 - системний блок

У роботі наводяться результати експериментів по визначенню величини апаратної похибки та її складових, дана оцінка похибки вимірювання вмісту заліза в пробах (клас крупності -5 мм) і показано зв'язок похибки з прийомами підготовки проб.

Аналіз 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 врахувати всі фактори, що впливають на точність контролю з використанням нечіткої логіки.

Викладення матеріалу та результати. Враховуючи, що речовинний склад відрізняється за кожним родовищем, то для забезпечення точності оперативного контролю вмісту заліза в руді необхідно одержати еталонувальну залежність вмісту заліза від ваги проби.

Методика отримання еталонувальної залежності включає такі етапи.

Вибрати та зважити кювету, (Q_0), заповнити кювету пробой, зважувати кювету пробой (Q_1 , г), доповнити та ущільнити пробу, зважувати кювету с ущільненою пробой (Q_2 , г).

Результати дослідження записати до табл. 1.

Таблиця 1

Залежність вмісту заліза у гематитових рудах від ваги проби

Номер проби	Fe, %	Загальна вага проби з кюветою, без ущільненої, гр. Q_1	Вага проби, гр. $Q_3=Q_1-Q_0$	Загальна вага кювети, із ущільненою пробой, гр. Q_2	Вага проби, г $Q_4=Q_2-Q_0$	Вага ущільненої, г $\delta=Q_4-Q_3$
-------------	-------	--	-------------------------------	---	-----------------------------	-------------------------------------

За отриманими даними будуватимуться графіки залежностей $Fe_1=f(Q_3)$ і $Fe_2=f(Q_4)$.

Потім обчислюють середньоквадратичне відхилення (СКВ) та коефіцієнт кореляції.

Далі аналізуються, коригуються отримані результати і еталонувальна залежність записується на пам'ять про комп'ютера.

Після цього система готова до роботи.

Принцип роботи даного приладу полягає в наступному:

Відбирається представницька проба, подрібнюється до потрібної великої (<-5мм), в наперед вибрану кювету засипається подрібнена проба і ущільнюється, після чого віддаляються надлишки.

Після ущільнення проба разом з кюветою зважується на точних вагах, які підключено до персонального комп'ютера. З виходу електронних вагів дані передаються на персональний комп'ютер, де спеціально написано програмне забезпечення з використанням нечіткої логіки, проводить визначення масової частки заліза в даній пробі.

Після визначення, на монітор персонального комп'ютера виводиться кількість вмісту заліза в даній пробі.

Результати роботи у вигляді бази даних зберігаються в пам'яті комп'ютера.

На рис. 2 наведено графік залежності вмісту загального заліза у руді від ваги.

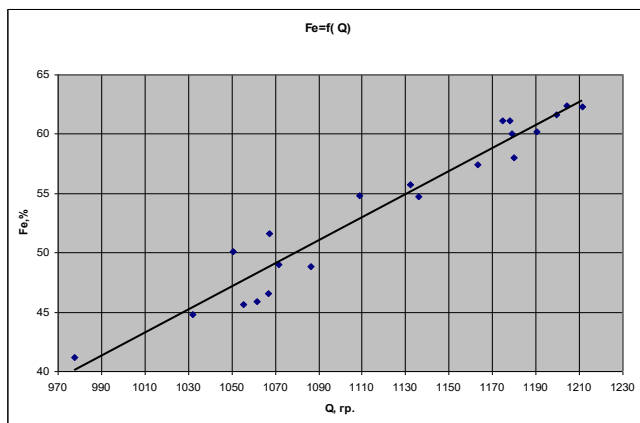


Рис. 2. Графік еталонувальної залежності вмісту загального заліза в руді від ваги проби

Рівняння цієї залежності має такий вигляд.

У табл. 2 наведено результати дослідження.

За результатами аналізу отриманих даних встановили:

середньоквадратичне відхилення, СКО=1,66;

рівняння залежності $Fe=0,097 \cdot Q - 54,743$;

детермінований коефіцієнт $R_2=0,9444$;

чутливість становить 11,14 г на один відсоток заліза.

межа абсолютної похибки визначається за формулою

$$\Delta X = 3\sigma / \sqrt{m},$$

де m —кількість виміру. Підставляючи значення кількості вимірювань та СКВ у формулу, отримаємо $\Delta X=1,09$.

З табл. 2 видно, що найбільше розбіжності спостерігається в області низьких вмісту заліза в руді, де $Fe \leq 50\%$.

Таблиця 2

Результати дослідження

Номери проб	Fe, % хіманаліз	Q_1 , г	Q_2 , г	$Q_{\text{сер.}}$, г	Fe, % обчисл.	Похибка, %
1	61,6	1204	1195	1199,5	60,86	0,74
2	62,43	1151	1257	1204	61,13	1,3
3	54,7	1185	1087	1136	55,76	-1,06
4	46,6	1096	1038	1067	49,02	-2,42
5	45,9	1092	1031	1061,5	48,5	-2,6
6	49,04	1104	1039	1071,5	49,45	-0,41
7	51,63	1071	1064	1067,5	49,07	2,56
8	50,08	1090	1011	1050,5	47,49	2,59
9	44,84	1074	990	1032	45,89	-1,05
10	54,8	1105	1113	1109	53,14	1,66
11	48,8	1087	1086	1086,5	50,92	-2,12
12	55,73	1137	1127	1132	55,38	0,35
13	58,03	1202	1158	1180	59,52	-1,49
14	41,2	997	958	977,5	42,37	-1,17
15	62,3	1208	1215	1211,5	61,54	0,76
16	60,06	1194	1164	1179	59,45	0,61
17	61,12	1184	1165	1174,5	59,1	2,02
18	61,12	1184	1172	1178	59,37	1,75
19	60,16	1203	1178	1190,5	60,28	-0,12
20	57,44	1169	1157	1163	58,17	-0,73
21	45,6	1048	1063	1055,5	47,95	-2,35

Для підвищення точності оперативного контролю вмісту заліза в гематитовій руді слід передбачити:

1. Збільшення кількості проб $n > 50$ (для еталонувальної залежності).
2. Ущільнення проби.
3. Збільшення ваги проби ≤ 3 кг (при цьому чутливість збільшиться до 34 г/%).
4. Використання нечіткої логіки.
5. Підвищення точності зважування до 0,1 г.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Оперативний контроль якості гематитових руд може здійснюватися за допомогою нового методу з застосуванням гравітаційних методів.

Гравітаційний метод аналізу гематитових руд дає можливість без застосування радіаційного випромінювання дізнатися якість видобутої сировини.

Також цей метод значно зекономить часовий фактор, і що є теж не менш важливим фактором - присутня значна економія фінансового плану підприємства.

Для роботи на данному пристрої не потрібно мати багато кваліфікованого персоналу, тому що цей апарат є дуже легким у використанні.

Основними впливаючими чинниками на точність оперативного контролю масової частки заліза в окислених рудах є: гранулометричний склад, вологість, щільність проби.

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

У результаті математичної обробки результатів дослідження встановили: середньоквадратичне відхилення

при дотриманні вимог підготовки проб є тісна кореляційна залежність між вагою і масовою часткою заліза в окислених рудах Кривбасу.

Список літератури

1. <http://www.geologam.ru/industry/mine/podschet-zapasov-rud-i-uchet-ih-dvizheniya-na-rudnike>
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. Грїбова.** 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, Кривої ріг, 1998 г.
7. Мінералогія Криворізького басейну, Київ, Наукова думання, 1977
8. **Василенко, В.С.** 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 gammасpectrometer STARK-01, 15, 429-438

Рукопис подано до редакції 17.04.22