

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ ПРИ ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ**

© V. Azarian

## **ENHANCEMENT OF ACCURACY OF OPERATIVE CONTROL OF QUALITY OF REDUCED QUARCITS IN OPEN DEVELOPMENT**

Исследованы основные факторы, влияющие на показатели содержания полезного компонента при открытой разработке железорудных месторождений и даны рекомендации по повышению точности контроля качества железистых кварцитов. Установлена степень влияния на точность оперативного контроля железистых кварцитов температуры, напряженности магнитного поля, влажности и крупности руды. Повышение точности контроля качества железистых кварцитов окажет влияние на общую эффективность системы управления качеством рудопотоков горно-обогатительных комбинатов.

Досліджено основні фактори, що впливають на показники вмісту корисного компонента при відкритій розробці залізорудних родовищ і надано рекомендації щодо підвищення точності контролю якості залізистих кварцитів. Встановлено ступінь впливу на точність оперативного контролю залізистих кварцитів температури, напруженості магнітного поля, вологості та крупності руди. Підвищення точності контролю якості залізистих кварцитів вплине на загальну ефективність системи управління якістю рудопотоків гірничо-збагачувальних комбінатів.

**Проблема та її зв'язок з практичними завданнями.** Станом на 2005 р. Держкомітет по запасах України оцінив загальні запаси залізистих кварцитів у 11711,9 млн. т [1]. Ці запаси можуть забезпечити функціонування гірничовидобувної та переробної промисловості України ще декілька десятиліть.

Контроль якості при відкритій розробці родовищ залізистих кварцитів дозволяє отримувати своєчасну інформацію про вміст корисного компонента на всіх основних етапах і в технологічних процесах гірничорудного виробництва та забезпечувати його оптимальні умови. Без контролю якості залізистих кварцитів неможливе функціонування технології управління якістю рудопотоков кар'єрів та залізорудних ГЗК, що дозволяє сформувати фінальний рудопоток з заданими в конкретному діапазоні значеннями вмісту корисного компонента. Підвищення точності оперативного контролю вміста корисного компонента при розробці залізистих кварцитів є досить актуальним завданням та потребує проведення додаткових досліджень.

**Аналіз досліджень.** Існуючі методи контролю якості залізистих кварцитів поділяться на два основних типи: методи хімічного аналізу та оперативні (геофізичні) методи. Хімічний аналіз має високий показник точності

вимірювань, але ж його основним недоліком є час, необхідний для обробки матеріалу та отримання даних про вміст корисного компонента. Методи оперативного контролю дозволяють отримувати дані про якість залізорудної сировини майже миттєво, але при цьому точність нижча, ніж при хімічному аналізі.

**Постановка завдання.** З метою підвищення точності оперативного контролю параметрів сировинної якості залізістих кварцитів при відкритій розробці залізорудних родовищ необхідно провести дослідження факторів, які вносять похибку у вимірювання.

**Викладення матеріала і результатів.** Дослідження факторів, що впливають на контроль якості залізістих кварцитів, починаються з дослідження магнітної сприйнятливості проб.

Формули, за допомогою яких можна розрахувати магнітну сприйнятливість проби по заданій концентрації магнетиту та його магнітної сприйнятливості, співпадають з експериментальними даними в деякому наближенні. Це пояснюється тим, що питома магнітна сприйнятливість магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) може коливатися в межах  $(0,63-1,2) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$  через присутність ізоморфних домішок міді, цинку, марганцю та інших металів [2].

Значний вплив на вимірювання має форма, структура та розміри зерен магнетиту, що впливає на його магнітну сприйнятливість та коерцитивну силу. Крім того, зміни текстури та структури руд (зерна магнетиту в немагнітному цементі, або немагнітні зерна в магнетитовому цементі) також впливають на магнітну сприйнятливість гірничої маси. На точність вимірювань впливає зміна провідності магнетиту, яка коливається в межах  $10^{-1}-10^{-2} \text{ см/м}$ , провідність немагнітних металів та вологість контрольованої проби [3].

У навої соленоїдного типу однорідне магнітне поле можна створити тільки при співвідношенні довжини та діаметру навою  $l/d \geq 50$ . Зміна індуктивності відбувається при внесенні магнетиту в порожнину датчика, або при розміщенні зонда в масиві залізістих кварцитів.

Електромагнітні характеристики магнетиту залежать від температури породи, частоти та напруженості магнітного поля.

Основні залежності магнітної складової залізістих кварцитів, які отримані в лабораторних умовах, наведено на рис. 1, 2.

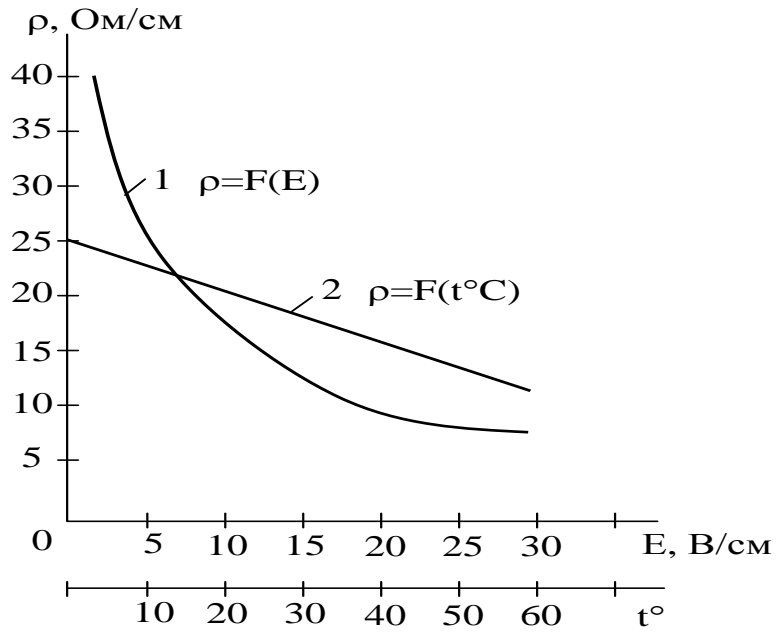


Рис. 1. Залежність питомого опору залізистих кварцитів: 1 – від напруженості електричного поля; 2 – від температури

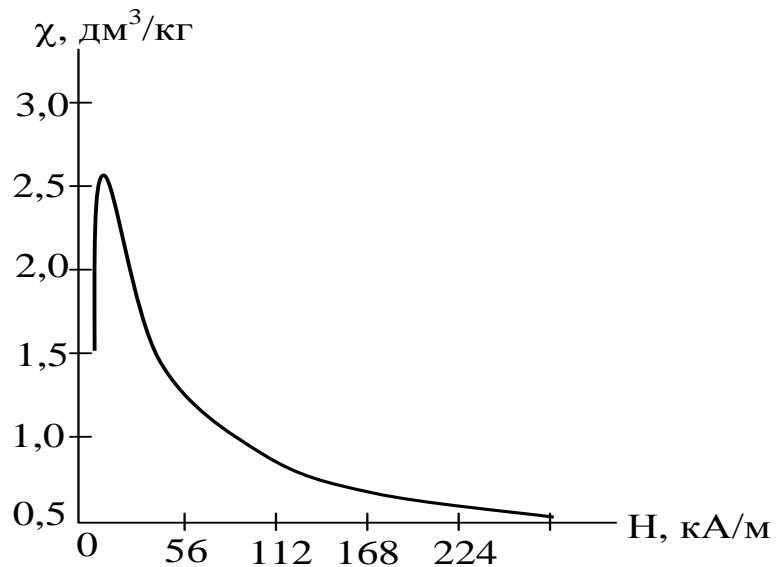


Рис. 2. Залежність питомої магнітної сприйнятливості  $\chi$  залізистих кварцитів від зовнішнього намагнічування поля  $H$

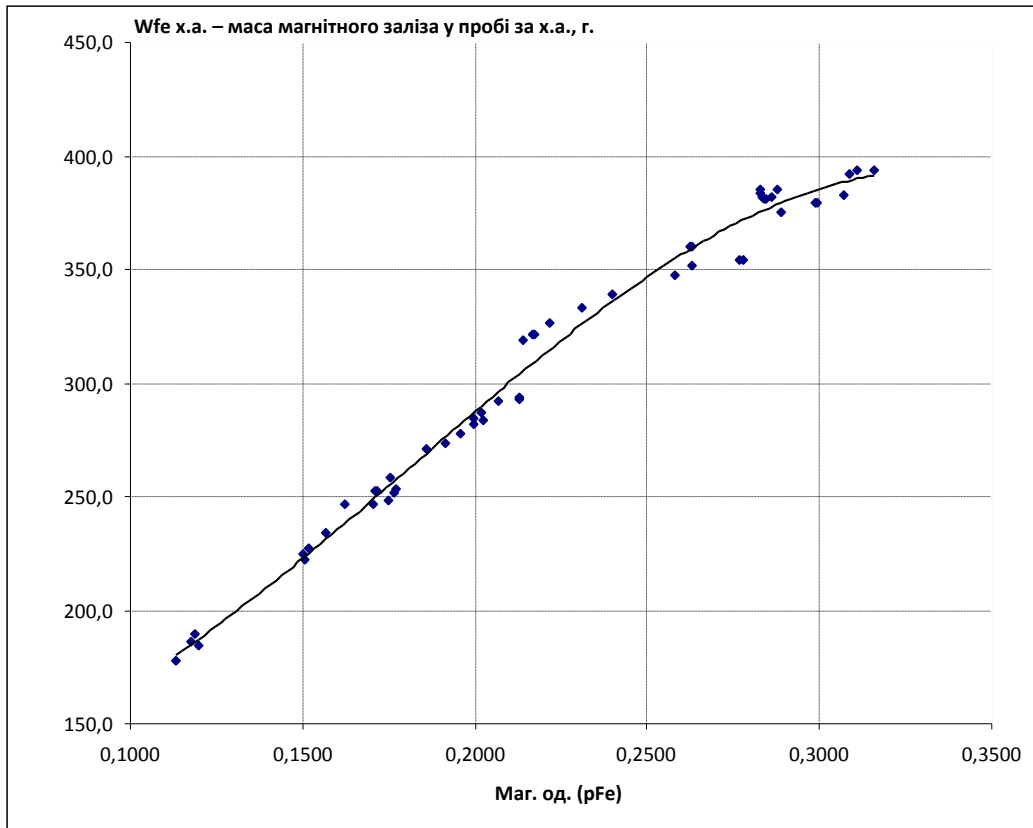


Рис. 3. Зв'язок магнітної сприйнятливості проб з даними хімічного аналізу вмісту заліза магнітного в залізистих кварцитах

Залежність, яка наведена на рисунку 3, описується рівнянням

$$y = -20012x^3 + 10920x^2 - 676.4x + 146.05$$

Надійність апроксимації –  $R^2=0,98$

В результаті проведених лабораторних досліджень встановлені фактори, що впливають на точність оперативного контролю якості:

- мінливість магнітної сприйнятливості внаслідок мінливості структури та текстури магнетитової руди;
- зміна насипної ваги проби;
- температура навколишнього середовища та питомий опір проби, навої індуктивного датчика та інші деталі генератора;
- гранулометричний склад матеріалу проби;
- залежність характеристик магнетиту від напруги магнітного поля;
- проводимість та вологість проби.

Для більших за розміром фракцій були експериментально отримані дані на РЗФ-2 Гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» на вихідній руді крупністю до 20 мм (рис. 4).

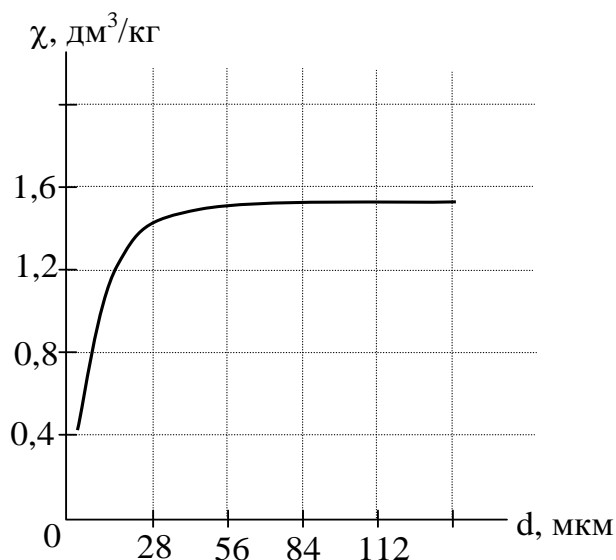


Рис. 4. Вплив granulометричного складу залізистих кварцитів на питому магнітну сприйнятливість дрібних фракцій

Для досліджень було відібрано пробу залізистих кварцитів масою 22,5 кг з конвеєра РЗФ-2 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», розсіяну за крупністю на 7 фракцій.

Магнітна сприйнятливість кожної фракції визначалася пристроєм з контролю якості ДЖМ-1. Потім ці фракції були додатково подрібнені до крупності <1 мм і вимірювання магнітних властивостей цих фракцій було виконано повторно. Результати досліджень наведено на рисунку 5.

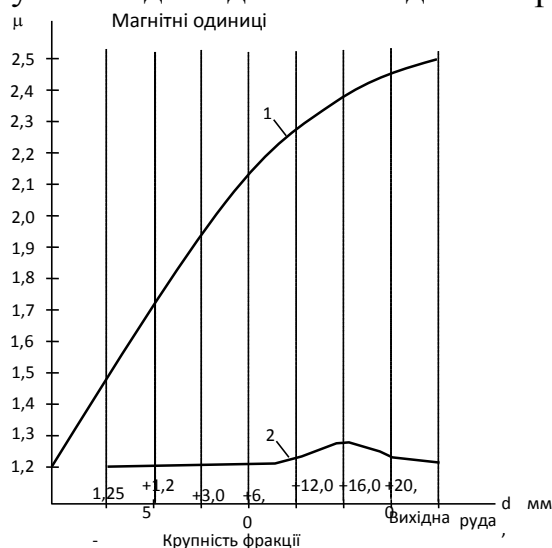


Рис. 5. Залежність магнітної сприйнятливості фракції фінального рудопотоку РЗФ від крупності матеріалу: 1 – розсів вихідної руди на фракції; 2 – ті ж фракції після подрібнення до крупності <1 мм.

Очевидно, що магнітна сприйнятливість фракцій зменшилася в рази, але їх властивості після подрібнення мало відрізняються між собою (крива 2 на рис. 5). Пік на кривій 2 свідчить про те, що фракція +16 мм містить більше магнетиту, ніж інші.

На підставі отриманих даних було розроблено калібрувальні характеристики для матеріалу крупністю <1 мм; <3 мм; <5 мм та введено в пам'ять пристрою безперервного контролю якості на конвеєрній стрічці ДЖМ-К (рис. 6).

Відомо, що роздільне детектування матеріалів різної крупності значно підвищує точність вимірювань [2].

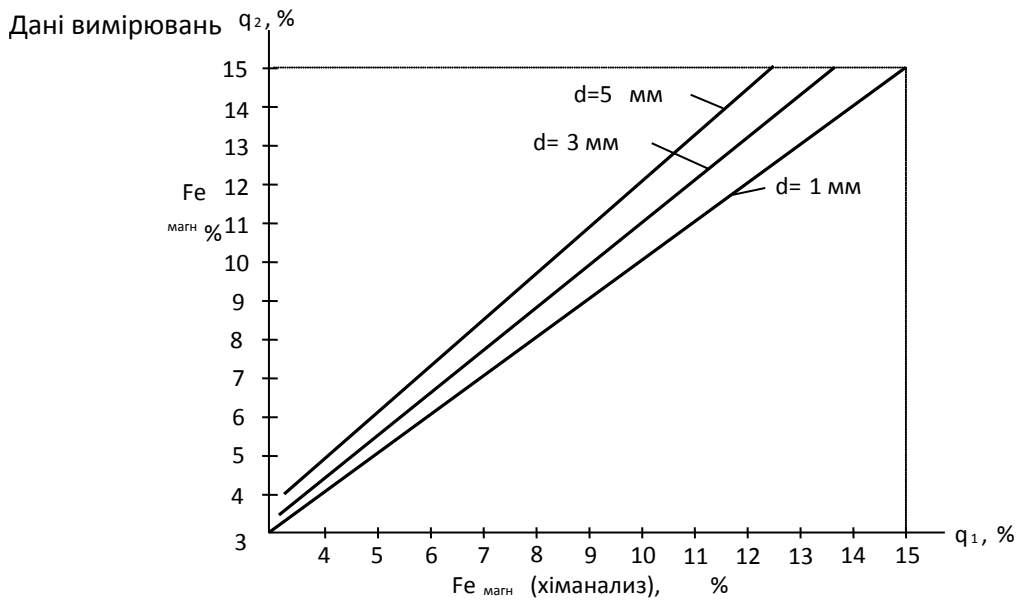


Рис. 6. Калібрувальні криві, що враховують вплив крупності матеріалу на точність вимірювань для фінального рудопотоку РЗФ-2 гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Однак збільшення крупності рудного матеріалу підвищує середньоквадратичне відхилення (СКВ) точності вимірювань (наприклад: СКВ збільшується з 0,53 до 0,61 при зміні крупності від 1 мм до 5 мм).

Одним із «перешкоджаючих» чинників при контролі якості залізистих кварцитів є вологість. При відомій провідності гірничої маси зміна параметрів індуктивного датчика може бути розрахована за опором, що вноситься

$$R_{\hat{a}i} = r_m \frac{\omega^2 M^2}{Z_m^2}; \quad (1)$$

де  $r_m$  – активний опір маси феромагнетика;

$M$  – взаємна індуктивність між вимірювальним навоєм при проходженні в ньому струму та пробою залізорудної сировини;

$\omega$  – кругова частота напруги живлення;

$Z_m$  – повний опір проби.

Мінеральний склад руди та її вологість носять випадковий характер, тому прогнозувати їх точне значення при проведенні вимірів неможливо.

Частотно-вологісні характеристики магнетитового залізорудного концентрату для області (0,5–15) кГц наведено на рис. 7.

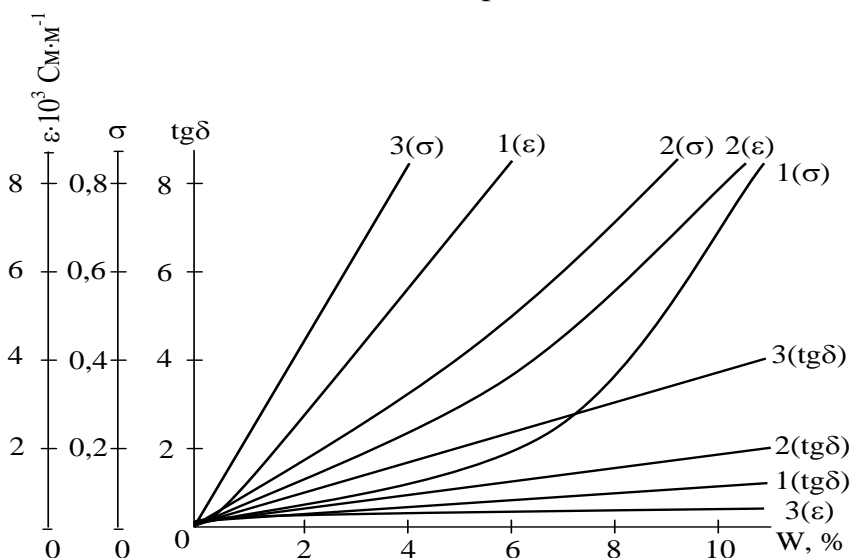


Рис. 7. Частотно-вологісні характеристики магнетитового залізорудного концентрату при частоті 1 – 0,4 МГц; 2 – 1,6 МГц; 3 – 15 МГц, де  $\varepsilon$  – діелектрична провідність;  $\sigma$  – електрична провідність;  $\text{tg}\delta$  – кут діелектричних втрат;  $W, \%$  – вологість проби

Також було проведено дослідження впливу вологості проби на точність оперативного контролю якості залізистих кварцитів. Для досліджень відбиралася вихідна повітряно-суха проба з вмістом заліза магнітного  $q=21,83 \%$ .

Застосовувався наступний порядок досліджень: виконувалося вимірювання вмісту заліза магнітного в залізистих кварцитах на пристрої з контролю якості ДЖМ-3, потім проба висипалася на лоток, додавалося 2 % вагових відсотка води, після ретельного перемішування та досягнення однорідного складу отримана маса засипалася в мірну кювету, після чого проводилося вимірювання вже зволоженої проби. Вимірювання були здійснені в діапазоні вологості  $W=(0-12) \%$ . Дані проведених досліджень відображено в таблиці 1.

Таблиця 1

## Вплив вологості проб залізистих кварцитів на точність вимірювань магнітної сприйнятливості

Вологість $W$ , %	Вага проби, кг	Магн. од. (відносних)	Вміст $Fe_{\text{магн}}$ , %
0	1,300	0,1658	21,83
2	1,089	0,1346	22,55
4	1,015	0,1242	22,70
6	1,022	0,1256	22,77
8	1,066	0,1291	22,18
10	1,194	0,1430	21,43
12	1,350	0,1606	20,56

Відомо, що від точності вимірювання магнітної сприйнятливості залежить загальний показник точності вимірювань заліза, пов'язаного з магнетитом при оперативному контролі якості залізистих кварцитів. Також відомо, що магнетит відноситься до провідників, показник його опору коливається в межах  $10^{-2}$ – $10^{-1}$  см/м [4].

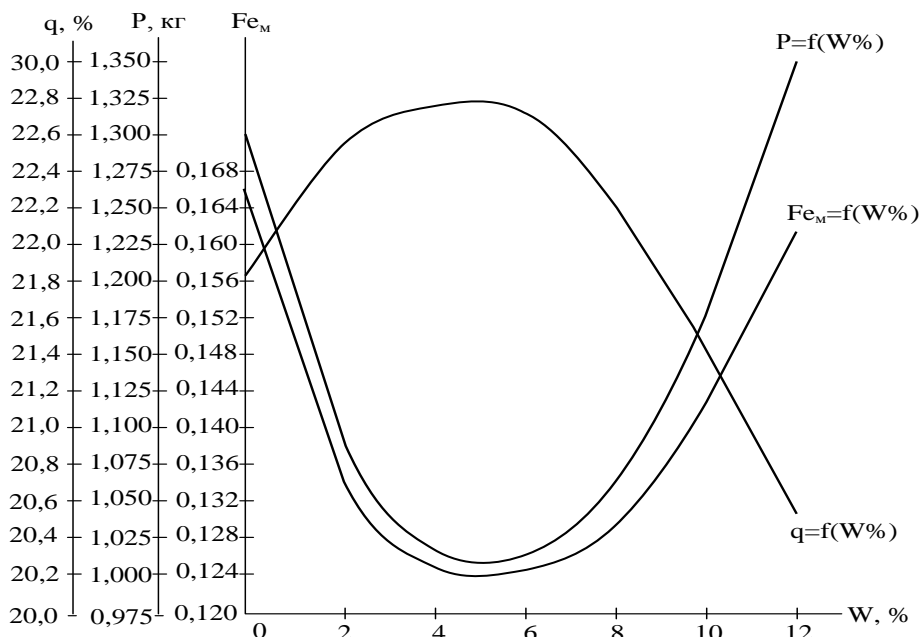


Рис. 8. Вплив вологості ( $W$ , %) проби на показання вагового ( $P$ , кг) і магнітного датчика ( $Fe_{\text{магн}}$ ) та на вихідний сигнал ( $q$ , %) пристрою ДЖМ-3

Аналіз даних таблиці 1 показує нерівномірність впливу вологості на точність вимірювань вмісту заліза, пов'язаного з магнетитом. При цьому залежність є нелінійною, на рисунку 8 максимум вихідного сигналу пристрою



ДЖМ-3 при вимірюванні магнітної сприйнятливості спостерігається в діапазоні вологості 4–6 %, що необхідно враховувати, як при калібруванні пристрою, так і при підготовці проб до вимірювання вмісту корисного компонента.

**Висновки.** 1. Електромагнітні характеристики магнетиту залежать від температури породи, частоти та напруженості магнітного поля, тому при вимірах для забезпечення необхідного рівня точності треба обов'язково вводити компенсацію по температурі оточуючого середовища та забезпечити постійну величину струму через навої індуктивного датчика.

2. Роздільне детектування залізистих кварцитів різної крупності дозволить значно підвищити точність оперативного контролю якості.

3. Збільшення крупності матеріалу підвищує середньоквадратичне відхилення точності вимірювань з 0,53 до 0,61 при зміні крупності від 1 мм до 5 мм.

4. Залежності зміни магнітної сприйнятливості від вологості руди після внесення їх до калібровки геофізичних приладів дозволять зменшити похибки при оперативному контролі залізистих кварцитів.

Зменшення загальної похибки за рахунок внесення додаткових даних при калібруванні геофізичних приладів та систем дозволить підвищити точність вимірювань при контролі якості залізистих кварцитів, що безумовно вплине на загальну ефективність роботи системи управління сировинної якості рудопотоків гірничо-збагачувальних комбінатів.

#### **Перелік посилань**

1. Вилкул, Ю., Колосов, В., Азарян, А., Азарян, В. (2012). Качество железорудного сырья подземной и открытой добычи как основа конкурентоспособности горнодобывающей промышленности Украины. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. Днепрпетровск, 5, 1-4.
2. Дрыга, В. (2013). Непрерывный контроль качества магнетитовых руд на ленточных конвейерах в условиях горно-обогатительных комбинатов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.11.13 «Приборы и методы контроля и определения состава веществ». Луганск, 180.
3. Азарян, А., Азарян, В., Черкасов О. (2013). Виконання підготовчих робіт для розробки та впровадження системи програмного забезпечення управління якістю руди при видобутку та переробці. Звіт НДР ДВНЗ «КНУ» 0113U003748 №26-947-13. ДНВЗ «КНУ», 30.
4. Азарян, А., Азарян, В., Черкасов, О. (2010). Дослідження фізико-хімічних властивостей залізистих кварцитів і каротаж вибухових свердловин. Звіт НДР ДВНЗ «КНУ» 0110U004443 №2-825-10. ДНВЗ «КНУ», 32.

#### **ABSTRACT**

**Purpose.** Investigation of factors affecting the accuracy of operational control of the quality of ferruginous quartzites

**The methods** of investigation are laboratory works to determine the dependencies of electromagnetic characteristics of ferruginous quartzites on temperature, humidity, frequency and voltage of the magnetic field, and also on the size of the rocks.

**Findings.** Based on the obtained dependencies, it is necessary to introduce temperature compensation into the calibration of the devices for on-line quality control of ferruginous quartzites and to provide a stable tension on the inductance

**Originality** is a systematic approach to solving the formulated problem, determining factors that affect the operational quality control of ferruginous quartzites in iron-ore quarries.

**Practical implications.** Increasing the accuracy of the content of the useful component in the operational control of the quality of ferruginous quartzites will increase the efficiency of the quality management system of the ore-bearing ore of the mining and processing plant.

**Keywords:** *The operative control of the quality of ferruginous quartzites, the content of the useful component, the frequency and intensity of the magnetic field, the moisture content and the granulometric composition of iron ore*

УДК 622.271

© О.О. Анісімов, І.В. Леонтьук, О.М. Воробйова

## **ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОНИЖЕННЯ РОБОЧИХ ПЛОЩАДОК КРУТИХ ШАРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОГО ГЗК**

© O. Anisimov, I. Leontyuk, O. Vorobiova

## **DETERMINATION OF SPEED REDUCTION OF WORKING AREAS OF STEEP LAYERS IN DEPENDENCE FROM TECHNOLOGICAL SCHEMES IN THE CONDITIONS OF POLTAVA GOK**

Проаналізовані технологічні схеми формування крутих шарів в умовах кар'єру Полтавського гірничо-збагачувального комбінату та визначена залежність швидкості пониження робочих уступів в крутому шарі від ширини і довжини робочої площадки уступу. Отримано середнє значення швидкості пониження крутого шару при відпрацюванні екскаватором EX 3600-5.

Проанализированы технологические схемы формирования крутых слоев в условиях карьера Полтавского горно-обогатительного комбината и определена зависимость скорости понижения рабочих уступов в крутом слое от ширины и длины рабочей площадки уступа. Получено среднее значение скорости понижения крутого слоя при отработке экскаватором EX 3600-5.

**Вступ.** Стійкість бортів глибоких кар'єрів при максимально можливих їхніх кутах укусу забезпечується технічними і технологічними способами. Збільшення крутості неробочих бортів до граничного стійкого стану залежно від часу їхнього стояння технічно здійснюється шляхом здвоювання і зтроювання