

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ШИРИНИ РОБОЧОЇ ПЛОЩАДКИ ВІД БОРТОВОГО ВМІСТУ ЗАЛІЗА В РУДІ КАР'ЄРУ

Є.О. Стражко, В.В. Панченко, І.Л. Гуменник, Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”, Україна

Робота присвячена актуальному питанню визначення кондицій на мінеральну сировину. Встановлена аналітична залежність ширини робочої площадки від бортового вмісту заліза в руді при його перегляді на стадії експлуатації кар'єру. Врахування цієї залежності необхідне при обґрунтуванні доцільних технологічних параметрів робочої зони та головних параметрів кар'єру. Виконаний аналіз отриманої залежності, приведені результати розрахунків та графік для заданих вихідних даних.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.

Як показує аналіз існуючих науково-методичних публікацій [1], проблема перегляду існуючих кондицій на залізну руду на стадії експлуатації родовища є актуальною. Не зважаючи на це, діючий на сьогоднішній день нормативний документ, що регламентує порядок обґрунтування кондицій на руду [2], містить, на наш погляд, низку суттєвих недоліків та невизначеностей з цього питання. Зокрема, відсутній чітко прописаний методологічний механізм перегляду бортового вмісту, як одного з головних параметрів кондицій на залізну руду, у відповідь на коливання ринкових цін на концентрат.

Одною з причин цього недоліку є невизначеність відносно зміни основних технологічних параметрів відкритих гірничих робіт при зміні бортового вмісту заліза в руді: поточного коефіцієнту розкриття, ширини робочої площадки, швидкості поглиблення та горизонтального переміщення гірничих робіт.

Одною з перших спроб встановити вплив ширини робочої площадки на режим гірничих робіт при зміні величини бортового вмісту була робота [3]. Можливий підхід до визначення механізму впливу бортового вмісту заліза в руді на поточний коефіцієнт розкриття був запропонований авторами у [4]. Наступним кроком у вирішенні питань, що поставлені вище, є дослідження впливу бортового вмісту на ширину робочої площадки, що і є **метою** даної роботи. При дослідженні окремо розглядаються ситуації підвищення та зниження бортового вмісту при умові, що плановий обсяг виробництва концентрату не змінюється.

Викладення матеріалу та результати

Склад робочої площадки

Як відомо, ширина робочої площадки уступу залізородного кар'єра має дві визначальні складові: площадку для розміщення гірничотранспортного устаткування та смугу готових до виймання запасів (рис. 1).

В загальному випадку ширина робочої площадки розраховується наступним чином:

$$B_n = B_{\min} + \Delta B_p = B_{\min} + \frac{Q_p \cdot \mu}{L_p \cdot h}, \text{ м}, \quad (1)$$

де B_{\min} - мінімальна ширина робочої площадки, яка не враховує смугу готових до виймання запасів, м; ΔB_p - ширина смуги готових до виймання запасів; Q_p - продуктивність кар'єру по руді, м³; μ - нормативний коефіцієнт готових до виймання запасів; L_p - довжина рудного фронту, м; h - висота уступу, м.

Мінімальна ширина робочої площадки B_{\min} складається з ширини заходки екскаватора до вибуху, ширини розвалу породи, смуги безпеки, транспортної смуги й мінімального зазору між нижньою брівкою розвалу й транспортною смугою (рис. 1). Очевидно, що на мінімальну ширину робочої площадки B_{\min} бортовий вміст заліза в руді не впливає.

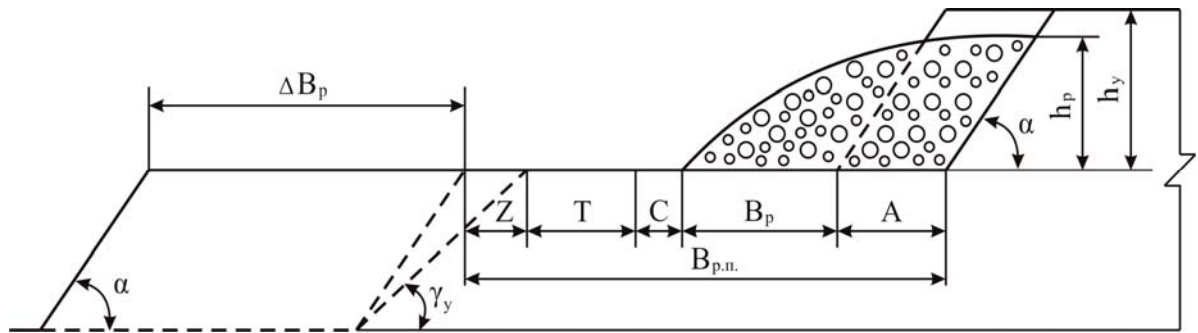


Рис. 1 – Схема робочої площадки уступу залізорудного кар'єру: $B_{p.n.} + \Delta B_p$ - ширина робочої площадки, м; $B_{p.n.}$ - мінімальна ширина робочої площадки, м; ΔB_p - смуга підготовлених до виймання запасів, м; α - кут укосу робочого уступу; h_p - висота розвалу, м; h_y - висота уступу, м; A - ширина заходки по цілику (до вибуху), м; B_p - ширина розвалу, м; C - безпечний зазор між нижньою брівкою розвалу й транспортною смугою, м; T - ширина транспортної смуги, м; Z - ширина призми обвалення; α - кут нахилу укосу робочого уступу; γ_y - кут нахилу стійкого положення укосу уступу.

Таким чином, якщо зміна бортового вмісту заліза в руді впливає на ширину робочої площадки, то це проявляється у зміні ширини смуги готових до виймання запасів ΔB_p .

Ідея роботи – зв'язок бортового вмісту із запасами, готовими до виймки (тобто, із шириною робочої площадки)

Як відомо, маса виробленого концентрату Q_k пов'язана з масою вихідної руди, що надійшла на збагачення Q_p [5]:

$$Q_p = \frac{Q_k}{\gamma}, \text{ т,} \quad (2)$$

де γ - вихід концентрату, долі. од.

У свою чергу, вихід концентрату γ для заданих типів руд і заданих параметрів технологічного режиму процесу збагачення залежить від середнього вмісту заліза у вихідній руді $\alpha_{сер}$, вмісту заліза в концентраті β_k та вмісту заліза у хвостах збагачення ϑ :

$$\gamma = \frac{\alpha_{сер} - \vartheta}{\beta_k - \vartheta}, \text{ долі. од.,} \quad (3)$$

$$\alpha_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}, \text{ долі од.,} \quad (4)$$

тут q_i – маса вихідної руди з якістю, що відноситься до i -го інтервалу, шириною в один відсоток, т;

n – число таких інтервалів якості у вихідній руді;

α_i - значення середини i -го інтервалу якості вихідної руди, долі од.

Очевидно, що значення параметру $\alpha_{сер}$ залежить від бортового вмісту заліза в руді $\alpha_б$: зміна значення $\alpha_б$ буде приводити до зміни значення $\alpha_{сер}$.

Що ж до вмісту заліза у хвостах ϑ , то в практиці збагачення його значення строго регламентується й технологічно підтримується в допустимих межах. Тому цей параметр можна вважати фактично не пов'язаним зі зміною значення $\alpha_б$. Відповідно, у подальших розрахунках вміст заліза у хвостах збагачення ϑ в даній роботі прийнятий постійним.

З практики також відомо про залежність вмісту заліза в концентраті β_k від середнього вмісту заліза у вихідній руді $\alpha_{сер}$ (в [6] така нелінійна залежність теоретично обґрунтована і встановлена).

Таким чином, аналіз залежності (3) показав, що зміна значення параметру $\alpha_{сер}$, в результаті зміни бортового вмісту заліза в руді $\alpha_б$, буде призводити до нелінійної зміни якості концентрату β_k та його виходу γ (при постійній масі руди Q_p , що надходить на збагачення). Тобто,

при зміні параметру $\alpha_{сер}$ буде змінюватись, як маса концентрату Q_k , так і його якість.

З іншої сторони, плановими завданнями передбачається виробництво певної маси концентрату Q_k певної якості β_k незалежно від коливань $\alpha_{сер}$, в т.ч. і в результаті зміни бортового вмісту α_δ . Стабілізувати параметр β_k можна шляхом регулювання параметрів технологічного процесу збагачення (таке завдання в роботі не розглядалось). Стабілізувати параметр Q_k (вихідна технологічна умова) можна за рахунок зміни маси вихідної руди, що надходить на збагачення Q_p . При такому підході збільшення значення $\alpha_{сер}$, в результаті збільшення значення α_δ , буде призводити до збільшення значення γ і відповідно до зменшення Q_p . І навпаки, зменшення значення $\alpha_{сер}$, в результаті зменшення значення α_δ , буде призводити до зменшення значення γ і відповідно до збільшення Q_p .

В свою чергу, плановий видобуток руди Q_p визначає нормативну масу готових до виймання запасів у смузі ΔB_p (1): вони повинні складати 2-3 місячну масу від річного планового завдання Q_p .

Узагальнюючи викладене вище, можна зробити висновок, що саме таким чином зміна бортового вмісту заліза в руді α_δ впливає на розміри робочої площадки.

Встановлення залежностей розмірів робочої площадки від бортового вмісту

Очевидно, що при зміні бортового вмісту відбувається перехід частини розкривних порід до розряду руди (при зменшенні) або навпаки частини руди до розряду розкривних порід (при збільшенні). Відповідно змінюється середній вміст заліза у вихідній руді:

1) при збільшенні бортового вмісту:

$$\alpha_{сер}^{нов} = \frac{\sum_{j=1}^m \alpha_j q_j}{\sum_{j=1}^m q_j}, \quad (5)$$

де $\alpha_{сер}^{нов}$ - нове середнє значення вмісту заліза у вихідній руді, долі од.;

q_j – маса вихідної руди з якістю, що відноситься до j -го інтервалу шириною в один відсоток;

m – число таких інтервалів якості у руді, що залишилась після вилучення частини руди в результаті збільшення бортового вмісту;

α_j - значення середини j -го інтервалу якості руди, що залишилась кондиційною, долі од.;

2) при зменшенні бортового вмісту:

$$\alpha_{сер}^{нов} = \frac{\alpha_{сер}^{np} \cdot \sum_{j=1}^m q_j + \alpha_{сер} \cdot \sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{j=1}^m q_j + \sum_{i=1}^n q_i}, \quad (6)$$

де $\alpha_{сер}^{нов}$ - нове середнє значення вмісту заліза у руді (вихідній і доданій до неї прирізці бідної руди), долі од.;

$\alpha_{сер}$ – середнє значення вмісту заліза у вихідній руді до зменшення бортового вмісту, долі од.;

q_i – маса вихідної руди з якістю, що відноситься до i -го інтервалу шириною в один відсоток;

n – число таких інтервалів якості у вихідній руді;

q_k – маса руди, включеної до складу кондиційної, з якістю, що відноситься до k -го інтервалу, шириною в один відсоток;

p – число таких інтервалів якості у руді, включеної до складу кондиційної;

$\alpha_{сер}^{np}$ - середнє значення вмісту заліза у прирізці бідної руди, включеної до складу кондиційної, долі од.:

$$\alpha_{сеп}^{np} = \frac{\sum_{k=1}^p \alpha_k q_k}{\sum_{k=1}^p q_k}, \quad (7)$$

де α_k значення середини k -го інтервалу якості руди, включеної до складу кондиційної, долі од.;
Очевидно, що нове значення виходу концентрату $\gamma^{нов}$ для обох випадків зміни середньої якості руди згідно з (3) буде визначатись, як

$$\gamma^{нов} = \frac{\alpha_{сеп}^{нов} - \mathcal{G}}{\beta_k^{нов} - \mathcal{G}}. \quad (8)$$

Тоді:

$$\frac{\gamma}{\gamma^{нов}} = \frac{\alpha_{сеп} - \mathcal{G}}{\beta_k - \mathcal{G}} \cdot \frac{\alpha_{сеп}^{нов} - \mathcal{G}}{\beta_k^{нов} - \mathcal{G}}. \quad (9)$$

З іншої сторони, виходячи з (2) та (1), маємо:

$$\frac{\gamma}{\gamma^{нов}} = \frac{Q_p^{нов}}{Q_p} = \frac{V_p^{нов} \cdot \delta_p}{V_p \cdot \delta_p} = \frac{\Delta B_p^{нов}}{\Delta B_p}, \quad (10)$$

де $V_p, V_p^{нов}$ – планові об'єми видобутку руди до і після зміни бортового вмісту, м³;

δ_p – густина руди, т/м³;

$\Delta B_p, \Delta B_p^{нов}$ – ширина смуги готових до виймання запасів до і після зміни бортового вмісту, м.

Таким чином:

$$\Delta B_p^{нов} = \Delta B_p \frac{\gamma}{\gamma^{нов}}, \quad (11)$$

а

$$B_n^{нов} = B_{\min} + \Delta B_p^{нов} = B_{\min} + \Delta B_p \frac{\gamma}{\gamma^{нов}}. \quad (12)$$

Вираз (11) описує **залежність ширини робочої площадки від бортового вмісту заліза в руді** за умови, що зміна планової маси видобутку руди не супроводжується зміною чисельності видобувного устаткування.

Методики розрахунку ширини робочої площадки після зміни бортового вмісту заліза в руді.

Відповідно вихідним формулам (1)-(4) та прийнятим і отриманим формулам запропонована наступна методика розрахунку ширини робочої площадки після **збільшення** бортового вмісту заліза в руді:

2) по формулі (5) визначається нове середнє значення вмісту заліза у вихідній руді $\alpha_{сеп}^{нов}$;

3) по новому середньому значенні вмісту заліза у вихідній руді $\alpha_{сеп}^{нов}$ по залежності $\beta_k = f(\alpha_{сеп}^{нов})$ [6] визначається очікувана якість концентрату β_k ;

4) по формулі (3) визначається нове значення виходу концентрату $\gamma^{нов}$;

5) по формулі (9) визначається коефіцієнт зміни ширини смуги готових до виймки запасів $\gamma / \gamma^{нов}$, а по формулам (11), (12) – нову ширину робочої площадки.

При **зменшенні** бортового вмісту заліза в руді методика визначення ширини робочої площадки реалізує подібну послідовність обчислень:

1) по формулі (7) визначається середнє значення вмісту заліза $\alpha_{сеп}^{np}$ у руді, включеної до складу кондиційної, долі од.;

2) по формулі (6) визначається нове середнє значення вмісту заліза у вихідній руді $\alpha_{сеп}^{нов}$, долі од.;

3) по новому середньому значенні вмісту заліза у вихідній руді $\alpha_{сеп}^{нов}$ по залежності $\beta_k = f(\alpha_{сеп})$ [6] визначається очікувана якість концентрату β_k ;

4) по формулі (3) визначається нове значення виходу концентрату $\gamma^{нов}$;

5) по формулі (9) визначається коефіцієнт зміни ширини смуги готових до виїмки запасів $\gamma / \gamma^{нов}$, а по формулам (11), (12) – нову ширину робочої площадки.

В табл.1 приведені результати прикладу обчислень за запропонованими методиками при зміні бортового вмісту від 9% до 18% для наступних вихідних даних:

- вміст заліза у хвостах збагачення $\vartheta = 0,05$;
- максимальне значення вмісту заліза в руді $\alpha_{max} = 33 \%$;
- значення базового бортового вмісту заліза в руді - 14 % (відносно його виконувалось зменшення та збільшення бортового вмісту у вказаному діапазоні);
- середня якість руди при базовому бортовому вмісті $\alpha_{сер} = 23,5 \%$;
- якість концентрату при базовому бортовому вмісті $\beta_k = 60,5 \%$;
- вихід концентрату при базовому бортовому вмісті $\gamma = 33,3 \%$.

Для спрощення розрахунків прийнято рівномірний розподіл об'ємів q_i по інтервалам зміни якості руди, а маса руди, що прирізається або вилучається, складає 15%.

Графік отриманої залежності нормальної ширини робочої площадки від бортового вмісту заліза в руді для приведених вище вихідних даних зображений на рис. 2.

Таблиця 1. Значення коефіцієнта зміни ширини смуги готових до виїмки запасів при зміні бортового вмісту заліза в руді

Бортовий вміст заліза $\alpha_b, \%$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Середній вміст заліза $\alpha_{сер}^{np}$, долі од.	0,11	0,115	0,12	0,125	0,13	--	--	--	--	--	--
Середній вміст заліза $\alpha_{сер}^{нов}$, долі од.	0,216	0,217	0,218	0,219	0,219	0,235	0,24	0,245	0,25	0,255	0,26
Якість концентрату β_k , долі од.	0,600	0,601	0,602	0,603	0,604	0,605	0,608	0,610	0,612	0,614	0,616
Вихід концентрату γ , долі од.	0,302	0,303	0,304	0,306	0,306	0,333	0,341	0,348	0,356	0,363	0,371
Коефіцієнт $\gamma / \gamma^{нов}$ зміни ширини запасів, долі од.	1,102	1,099	1,095	1,093	1,088	1,0	0,977	0,957	0,935	0,917	0,898

Аналіз отриманої залежності. Як видно з наведеного графіку (рис. 2), при зменшенні бортового вмісту заліза в руді відбувається різке збільшення нормальної ширини робочої площадки. Це пояснюється тим, що при зменшенні бортового вмісту в рудопотоці з'являється обсяг руди з низьким вмістом заліза, що приводить до різкого зниження середнього вмісту заліза в рудопотоці, і, відповідно, підвищення необхідної маси руди для виробництва планової якості концентрату. Через це підвищення збільшується ширина смуги готових до виїмки запасів. Чим більше маса нової кондиційної руди Q_p^{np} , тим більше різниця між плановим та новим значенням нормальної ширини робочої площадки. Подальше зменшення бортового вмісту не буде вести до подальшої суттєвої зміни ширини робочої площадки через те, що відповідне зменшення середнього вмісту заліза в руді для прийнятих вихідних даних є несуттєвим.

При збільшенні бортового вмісту відбувається збільшення середнього вмісту заліза в рудопотоці та збільшення виходу концентрату. При цьому, для фіксованого обсягу виробництва концентрату зменшується необхідна маса руди для його виробництва. Таким чином, зме-

ншується нормативна ширина смуги готових до виймання запасів, що веде до загального зменшення ширини робочої площадки.

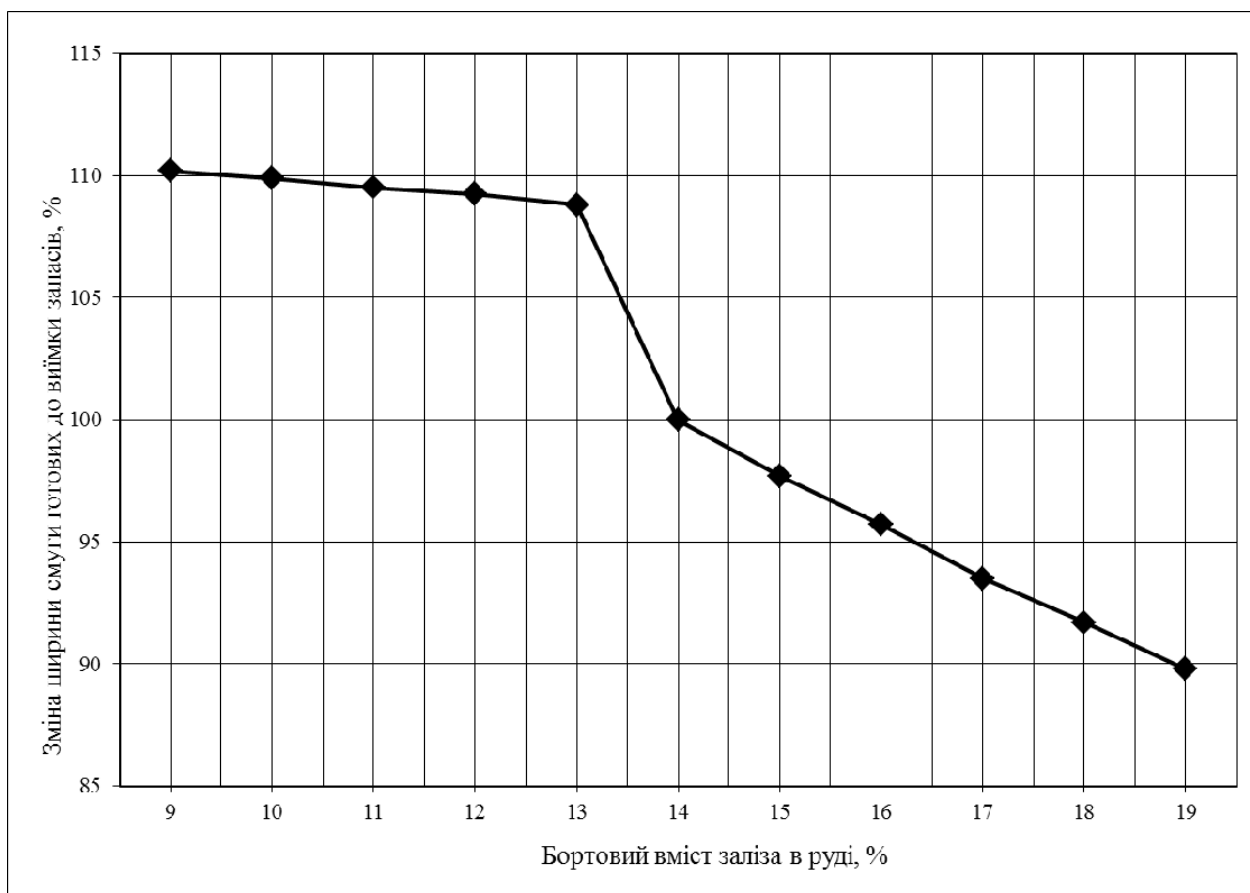


Рис. 2 – Графік залежності коефіцієнту зміни ширини смуги запасів від бортового вмісту заліза в руді (базовий бортовий вміст – 14%)

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Аналіз отриманої залежності ширини робочої площадки від бортового вмісту заліза в руді для характерних вихідних даних свідчить про її адекватність реальним технологічним зв'язкам.

Врахування цієї залежності при перегляді бортового вмісту на стадії експлуатації кар'єру в залежності від кон'юнктури ринку залізородної сировини дозволить приймати більш обґрунтовані рішення з коригування технологічних параметрів робочої зони кар'єру.

Список літератури

1. Панченко В.В. Аналіз методологій техніко-економічного обґрунтування кондицій на залізну руду / Панченко В.В., Горпинич О.В., Стражко Є.О. // Матеріали міжнародної конференції "Форум гірників - 2009". – Дніпропетровськ: НГУ, 2009. – С. 47-53.
2. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. Затверджено наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин 07.12.2005 № 300.
3. Ковальчук Т.М. Влияние ширины рабочей площадки на режим горных работ при изменении величины бортового содержания / Т.М. Ковальчук, С.А. Жуков // Разработка рудных месторождений: Научно-техн.сб. КТУ – Кривой Рог, 2003. - №83. – С. 30-33.
4. Стражко Є.О. Дослідження механізму впливу бортового вмісту заліза в руді на поточний коефіцієнт розкриття / Є.О. Стражко, В.В. Панченко // Науковий вісник Національного гірничого університету, 2011. – №3. – С. 31-34.
5. Зверевич В.В. Основы обогащения полезных ископаемых./ В.В. Зверевич, В.А. Перов // М.: Недра, 1971. – 216 с.
6. Пивень В.А. Теоретическое обоснование зависимости среднего значения качества железорудного концентрата от среднего содержания железа в исходной руде / В.А. Пивень, И.К. Младецкий, В.В. Панченко // Вісник Криворізького технічного університету, 2009. – Випуск 23. – С.62-67.