

## **ЛІКВІДАЦІЯ ВІДСТАВАННЯ ЗА РОЗКРИВОМ ПРИ ЗМІНІ ПРОДУКТИВНОСТІ КАР'ЄРУ ЗА РУДОЮ**

© S. Lutsenko

### **LIQUIDATION OF THE OVERBURDEN LAG WHEN CHANGING THE OPEN PIT ORE PERFORMANCE**

**Мета.** Нормальні умови для видобутку корисної копалини вимагають формування робочої зони кар'єру робочими майданчиками, що включають нормативні запаси скельної гірничої маси, готові до виймання. Для збільшення продуктивності кар'єру за рудою необхідно здійснити розширення робочих майданчиків з метою ліквідації відставання за розкритом. У таких умовах складання виробничих програм підприємств, а надалі і їх виконання, стає усе більш проблематичним, що підтверджується практикою виробництва, тому в першу чергу необхідно визначити річні обсяги ліквідації відставання за розкритом. Метою даної роботи є розробка методики визначення річних обсягів ліквідації відставання за розкритом, а також формування можливих варіантів роботи кар'єру при збільшенні продуктивності кар'єру за рудою.

**Методика.** Річні обсяги ліквідації відставання за розкритом необхідно визначати виходячи з граничних обсягів ліквідації відставання, а також кількості гірничого встаткування, яке передбачено для забезпечення виробничої потужності за гірничою масою. При цьому необхідно враховувати взаємозв'язок параметрів системи розробки, які забезпечують у кар'єрі необхідний обсяг готових до виймання запасів.

**Результати.** Розроблена методика визначення оптимальних річних обсягів ліквідації відставання за розкритом при зміні продуктивності кар'єру за рудою, а також критерій оцінки варіантів роботи кар'єру в умовах ліквідації відставання за розкритом.

**Наукова новизна.** Запропонована методика визначення річних обсягів ліквідації відставання за розкритом при зміні продуктивності кар'єру за рудою дозволяє враховувати взаємозв'язок режиму гірничих робіт і продуктивності кар'єру за умови забезпечення нормативу готових до виймання запасів.

**Практична значимість.** Результати виконаних досліджень можуть бути використані проектними організаціями й гірничодобувними підприємствами при визначенні продуктивності кар'єру за рудою.

**Ключові слова:** залізородні кар'єри, розкритві роботи, коефіцієнт розкритву, відставання розкритвих робіт

**Проблема та її зв'язок з науковими й практичними завданнями.** У процесі експлуатації залізородних родовищ кар'єрами, співвідношення обсягів видобутку руди й виймання розкритвих порід визначається проектами їх розробки, які складаються згідно норм технологічного проектування. Встановлене співвідношення визначає необхідні параметри системи розробки для ефективного й безпечного видобутку корисної копалини. Така робота вважається нормальною й визначена вимогою формувати робочу зону кар'єру з робочими май-

данчиками, що включають нормативні запаси руди й розкривних порід готових до виймання.

На сучасному етапі розвитку відкритих гірничих робіт гірничодобувні підприємства працюють з постійною виробничою потужністю, у той час як на ринках мінеральної сировини спостерігається істотне коливання цін і попиту на залізорудну сировину. Адекватною реакцією гірничодобувного підприємства на зміну попиту й цін на продукцію, що випускається, є своєчасна зміна продуктивності за рудою шляхом обґрунтованого корегування розвитку гірничих робіт за рахунок зміни розмірів, параметрів і конструкції активної частини робочої зони кар'єру.

Збільшення продуктивності кар'єру за рудою призводить до збільшення ширини робочих майданчиків. Тому виконання заданої продуктивності кар'єру за рудою можливо за рахунок зміни режиму гірничих робіт [1] внаслідок корегування параметрів системи розробки для забезпечення нормативних запасів руди готових до виймання [2]. При цьому обсяги розкриву зростають, як за рахунок короткострокового збільшення швидкості горизонтального просування кожного вище розташованого горизонту, так і за рахунок зміни режиму гірничих робіт. Невиконання даного обсягу розкриву при збільшенні продуктивності за рудою призведе до порушення законів розвитку кар'єрного простору і як наслідок цього неплановому накопиченню обсягів розкривних порід.

Ліквідації відставання за розкритом звичайно здійснюється з порушенням планомірного й розмірного розвитку розкривних і видобувних робіт. У таких умовах складання виробничих програм підприємств, а надалі і їх виконання, стає усе більш проблематичним, що підтверджується практикою виробництва, тому в першу чергу необхідно визначити річні обсяги ліквідації відставання за розкритом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями зменшення обсягів розкривних робіт займалися відомі усьому світу вчені: доктори наук О.І.Арсент'єв [3], М.Г.Новожилов [4], В.В.Ржевський [5], В. Г.Блізнюков [6, 7], М.С.Четверик та ін. В їх роботах дані поняття й методика визначення розміру відставання за розкритом в кар'єрі, а також причини його виникнення.

У результаті виконаного аналізу наукових публікацій було встановлено, що існуюча науково-методична база в області проектування й планування відкритих гірничих робіт не дозволяє забезпечувати гнучке реагування на коливання потреби в сировині, що видобувається. Сучасні підходи до планування розвитку гірничих робіт засновані на припущенні, що параметри зовнішнього й внутрішнього середовища будуть відносно постійними, а отже, не передбачають зміни головних параметрів кар'єру в тривалій перспективі [8]. Існуючі методи планування гірничих робіт не враховують взаємозв'язок режиму гірничих робіт і продуктивності кар'єру за рудою [9] за умови забезпечення в кар'єрі нормативу готових до виймання запасів у випадку зміни продуктивності. Це свідчить про актуальність розробки нових і корегування існуючих методів визна-

чення головних параметрів кар'єру в періоди ліквідації відставання за розкритвом, особливо в умовах ринкових економічних відносин, що вимагають надійних оптимальних проектних рішень.

**Постановка завдань.** Ціль роботи – розробка методики визначення річних обсягів ліквідації відставання за розкритвом, а також визначення можливих варіантів роботи кар'єру при збільшенні продуктивності кар'єру за рудою.

**Виклад основного матеріалу.** При відкритій розробці крутоспадних родовищ вкладення коштів на розкритві роботи звичайно випереджає видобуток корисної копалини на кілька років. Це зменшує економічну ефективність відкритих гірничих робіт і призводить до заморожування значних засобів. Особливо це проявляється при зміні продуктивності кар'єру за рудою.

Дослідженнями було встановлено, що збільшення продуктивності за рудою повинне здійснюватися з урахуванням зміни режиму гірничих робіт, який характеризується кількістю й тривалістю періодів усереднення, а також значеннями експлуатаційних коефіцієнтів розкритву за кожним з періодів. Відповідно до цього зміниться й виробнича потужність за гірничою масою, яка визначає мінімально необхідну кількість одиниць гірничого встаткування.

Тому при збільшенні продуктивності кар'єру за рудою з величини  $A_p$  до  $A'_p$  значення експлуатаційного коефіцієнта розкритву зміниться з  $n$  до  $n'$ , а виробничої потужності за гірничою масою з  $Q_{гм}$  до  $Q'_{гм}$ . Приріст виробничої потужності за гірничою масою визначається за формулою:

$$\Delta Q_{гм} = Q'_{гм} - Q_{гм} = A'_p (1 + n') - A_p (1 + n), \text{ м}^3. \quad (1)$$

Нормальні умови для видобутку корисної копалини вимагають формування робочої зони кар'єру робочими майданчиками, що включають нормативні запаси скельної гірничої маси, які готові до виймання. Тому для збільшення продуктивності кар'єру за рудою необхідно зробити розширення робочих майданчиків з метою ліквідації відставання за розкритвом.

Ліквідація відставання за розкритвом повинна передувати збільшенню продуктивності за рудою, і проводиться в перехідні періоди роботи кар'єру від одного положення робочого борту до іншого, тривалість яких, для забезпечення покриття попиту на залізорудну продукцію, повинна бути мінімальна. При цьому перехідні періоди характеризуються значним збільшенням поточних коефіцієнтів розкритву та відповідно виробничої потужності за гірничою масою. У зв'язку, з цим будуть потрібні додаткові капітальні вкладення на придбання основного гірничого встаткування, що є недоцільним через короткостроковість перехідних періодів. Тому необхідно прагнути здійснити ліквідацію відставання за розкритвом без додаткових капітальних витрат.

Щоб запланувати виробничі показники кар'єру в період ліквідації відставання за розкритвом необхідно визначити річні обсяги ліквідації відставання, які й визначають необхідну кількість основного гірничого встаткування.

Річні обсяги ліквідації відставання за розкритвом визначаються:

1. Виходячи з граничних обсягів ліквідації відставання.

В основу способу покладений розрахунковий принцип, згідно якого повна собівартість виробництва й реалізації кінцевої товарної продукції (концентрату)  $C_K$  повинна бути менше або дорівнювати значенню припустимої собівартості концентрату  $C_{К.П.}$ .

$$C_{К.П.} \geq C_K \quad (2)$$

У якості припустимої собівартість концентрату ( $C_{КП}$ ) приймається його оптова ціна, але в цьому випадку кар'єр не буде мати прибутку. Тому припустиму собівартість необхідно визначати з урахуванням планової норми прибутку, тобто

$$C_{К.П.} = \frac{Ц_{ОПТ.К.}}{1 + \tau}, \text{ грн./т,} \quad (3)$$

де  $\tau$  – планова норма прибутку, частки од.;  $Ц_{ОПТ. до}$  – оптова ціна концентрату, грн./т.

Значення розрахункової повної собівартості концентрату складе:

$$C_K = \frac{a_{o(i)}^{y.пер} + b_{(i)}^{y.пер} n_{(i)} + \frac{3K^{y.пост}}{A_{p(i)}} + b_{(i)}^{y.пер} \Delta n + a_{пер}^{y.пост} + \frac{3\Phi^{y.пост}}{A_{p(i)}} + a_{тр.р}}{\gamma_K}, \text{ грн/т,} \quad (4)$$

де  $i$  – варіант збільшення продуктивності кар'єру за рудою в діапазоні від  $A_p$  до  $A'_p$ ;  $n_{(i)}$  - експлуатаційний коефіцієнт розкриття, що забезпечує нормальну роботу кар'єру із продуктивністю  $A_{p(i)}$ , м<sup>3</sup>/т;  $\Delta n$  - коефіцієнт ліквідації відставання за розкриттям, м<sup>3</sup>/т;  $a_{тр.р}$  – питомі витрати на доставку й реалізацію товарної продукції до місця приймання покупцем, грн./т;  $a_o^{y.пер}$  - питомі умовно-змінні витрати на видобуток руди без витрат на розкриття, грн./т;  $b^{y.пер}$  - питомі умовно-змінні витрати на виймання розкритих порід, грн./м<sup>3</sup>;  $3\Phi^{y.пост}$  - умовно-постійні витрати на переробку руди й реалізацію продукції, грн.;  $3K^{y.пост}$  - умовно-постійні витрати на видобуток руди, грн.;  $\gamma$  – вихід товарної продукції з руди, що видобувається, частки од.

Тоді, граничний коефіцієнт ліквідації відставання за розкриттям складе:

$$n_{пост}^{р} = \frac{\frac{Ц_{ОПТ.К.}}{1 + \tau} - (a_{o(i)}^{y.пер} + b_{(i)}^{y.пер} n_{(i)} + \frac{3K^{y.пост}}{A_{p(i)}} + a_{пер}^{y.пост} + \frac{3\Phi^{y.пост}}{A_{p(i)}} + a_{тр.р})}{b_{(i)}^{y.пер}}, \text{ м}^3/\text{т.} \quad (5)$$

При відомих продуктивності кар'єру за рудою й граничному коефіцієнті ліквідації відставання за розкриттям можна визначити річний обсяг ліквідації відставання:

$$V_{отст}^{год} = n_{отст}^{р} A_p, \text{ м}^3/\text{рік,} \quad (6)$$

2. Виходячи з кількості гірничого встаткування, яке передбачено для забезпечення виробничої потужності за гірничою масою  $Q'_{зм}$  при продуктивності кар'єру за рудою  $A'_p$ .

В основу даного способу покладена умова

$$Q_{пр}^{г.о.} \geq Q_{ГМ(i)} \quad (7)$$

або

$$Q_{пр}^{г.о.} \geq A_{p(i)} n_{(i)} + A_{p(i)} + V_{отст(i)} \quad (8)$$

де  $Q_{пр}^{г.о.}$  - сумарна продуктивність гірничого встаткування в кар'єрі, м<sup>3</sup>/рік;

$Q_{ГМ(i)}$  - виробнича потужність за гірничою масою з урахуванням обсягів ліквідації відставання за розкритом при продуктивності кар'єру за рудою  $A_{p(i)}$ ;

$V_{отст(i)}$  - обсяг відставання за розкритом при збільшенні продуктивності за рудою з  $A_p$  до  $A_{p(i)}$ ;

Виходячи з умови (7) обсяг відставання за розкритом, який можна ліквідувати за один рік без додаткових капітальних вкладень визначитися за формулою:

$$V_{отст}^{год} = Q_{пр}^{г.о.} - (A_{p(i)} n_{(i)} + A_{p(i)}), \text{ м}^3 \quad (9)$$

Час ліквідації відставання за розкритом визначається за формулою:

$$t_{лво} = \frac{V'_{отст}}{V_{отст}^{год}}, \text{ років} \quad (10)$$

де  $V'_{отст}$  - обсяг відставання за розкритом, який необхідно ліквідувати при збільшенні продуктивності кар'єру з  $A_p$  до  $A'_p$ .

Формування можливих варіантів продуктивності за рудою було розглянуто на прикладі умовного кар'єру.

Робочі борти в кар'єрі сформовані робочими майданчиками, що забезпечують норматив готових до виймання запасів для видобутку руди на рівні 13,5 млн. т/рік. У кар'єрі відсутнє відставання розкритих робіт.

Графічне рішення з визначення області можливих варіантів роботи кар'єру, що забезпечують ліквідацію відставання за розкритом показано на рис. 1.

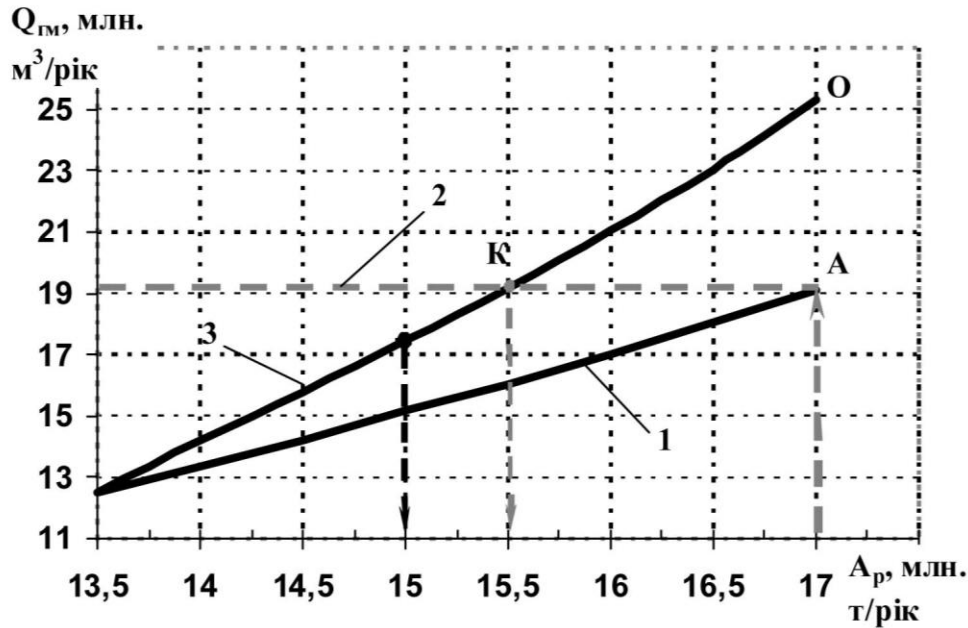


Рис. 1. Визначення області можливих варіантів продуктивності за рудою в перехідні періоди роботи кар'єру

При збільшенні продуктивності кар'єру за рудою з 13,5 до 17 млн т/рік коефіцієнт розкриття зростає з 0,63 до 0,83 м<sup>3</sup>/т, а виробнича потужність за гірничою масою з 12,48 до 19,11 млн. м<sup>3</sup> (лінія 1 на рис. 1). З цього випливає, що сумарна продуктивність основного гірничого встаткування в кар'єрі може забезпечити виймання й транспортування не більше 19,11 млн. м<sup>3</sup> гірничої маси в перехідний період роботи кар'єру при будь-якому значенні продуктивності за рудою в діапазоні від  $A_p$  до  $A'_p$  (лінія 2 на рис. 1).

Для забезпечення в кар'єрі нормативів готових до виймання запасів необхідно збільшити площу робочих майданчиків з метою ліквідації відставання за розкриттям. Лінія 3 показує зміну обсягів виймання гірничої маси при збільшенні продуктивності за рудою з урахуванням обсягів відставання за розкриттям. Таким чином, для забезпечення запланованого збільшення продуктивності за рудою необхідно ліквідувати 6,2 млн. м<sup>3</sup> відставання за розкриттям (AO).

Виходячи з умови (7) точка перетинання лінії 3 з лінією 2 (точка K) показує граничний варіант продуктивності за рудою при якому можлива ліквідація відставання за розкриттям. Звідси можливо зробити висновок, що варіанти продуктивності кар'єру за рудою в межах 13,5 – 15,5 млн. т/рік дозволяють ліквідувати розкриття відставання без додаткових капітальних вкладень на придбання основного гірничого встаткування.

Варіанти роботи кар'єру відрізняються як режимом гірничих робіт і річними обсягами ліквідації відставання за розкриттям, так і продуктивністю кар'єру за рудою. Тому в якості критерію оцінки пропонується розглядати максимум чистої сучасної вартості грошових потоків:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \left( \frac{A_{p(t)} \gamma_K \cdot u}{(1+E)^t} - \left( \frac{A_{p(t)} (a_o^{y.пер.} + n \cdot b^{y.пер.}) + 3K^{y.пост.}}{(1+E)^t} + \frac{+ 3\Phi_{(t)}^{y.пер.} + 3\Phi_{(t)}^{y.пост.} + V_{отст(t)}^{возм} b^{y.пер.}}{(1+E)^t} \right) \times (1-N) \rightarrow \max \quad (11)$$

Таким чином, конкретизований критерій спрямований на максимізацію прибутку в умовах збільшення продуктивності кар'єру за рудою з урахуванням ліквідації відставання за розкритом.

**Висновки.** В результаті виконаних досліджень була розроблена методика визначення оптимальних річних обсягів ліквідації відставання за розкритом при зміні продуктивності кар'єру за рудою, а також критерій оцінки варіантів роботи кар'єру в умовах ліквідації відставання. Визначено область можливих варіантів продуктивності за рудою в перехідні періоди роботи кар'єру.

#### Перелік посилань

1. Луценко, С. А. (2017). Исследование режима горных работ, обеспечивающего достижение максимально возможной производительности карьера по руде. *Вісник НТУУ "КПІ"*, вип. 34, Київ, 34-40.
2. Луценко, С. А. (2017). Определение ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ при изменении производительности карьера по руде. *Збірник наукових праць НГУ*, №50, Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 63-69.
3. Арсентьев, А.И. и Холодняков, Г.А. (1994). *Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений*. М.: Недра.
4. Новожилов, М.Г., Хохряков, В.С., Пчелкин, Г.Д. и Эскин, В.С. (1971). *Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых*, ч.2. Изд-во Недра.
5. Ржевский, В.В., Новожилов, М.Г. и Юматов, Б.П. (1971). *Научные основы проектирования карьеров*. М.: Недра.
6. Близиюков, В.Г. и Оводенко, С.Ю. (1988). Один из путей сохранения нормальной ширины рабочей площадки при уменьшении объемов вскрышных работ в карьере. *Разработка рудных месторождений*, №45, Изд-во: «Техника», 11-14.
7. Близиюков, В.Г., Савицкий, А.В. и Близиюкова, О.Ю. (2013). Планирование режима вскрышных работ с учетом производительности карьера по полезному ископаемому. *Горный журнал*, №5, 4–8.
8. Lutsenko, A. Sergey. (2017). Open pits productivity control along with iron ore products demand variation. *Quality, Access to Success*, vol. 18(S1), 226-230.
9. Близиюков, В.Г. и Луценко, С. А. (2017). Improvement of technical criteria for comparative evaluation of mining operation options of iron ore open pits. *Науковий вісник НГУ*, №1, Д.:ДВНЗ «НГУ», 44-49.

#### АННОТАЦИЯ

**Цель.** Нормальные условия для добычи полезного ископаемого требуют формирования рабочей зоны карьера рабочими площадками, включающими нормативные запасы скальной горной массы, готовые к выемке. Для увеличения производительности карьера по руде необ-

ходимо произвести расширение рабочих площадок с целью ликвидации вскрышного отставания. В таких условиях составление производственных программ предприятий, а в последующем и их выполнение, становится все более проблематичным, что подтверждается практикой производства, поэтому в первую очередь необходимо определить годовые объемы ликвидации вскрышного отставания. Целью данной работы является разработка методики определения годовых объемы ликвидации вскрышного отставания, а также определение возможных вариантов работы карьера при увеличении производительности карьера по руде.

**Методика.** Годовые объемы ликвидации вскрышного отставания необходимо определять исходя из граничных объемов ликвидации вскрышного отставания, а также количества горного оборудования, которое предусмотрено для обеспечения производственной мощности по горной массе. При этом необходимо учитывать взаимосвязь параметров системы разработки, которые обеспечивают в карьере необходимый объем готовых к выемке запасов.

**Результаты.** Разработана методика определения оптимальных годовых объемов ликвидации вскрышного отставания при изменении производительности карьера по руде, а также критерий оценки вариантов работы карьера в условиях ликвидации вскрышного отставания.

**Научная новизна.** Предложенная методика определения годовых объемов ликвидации вскрышного отставания при изменении производительности карьера по руде позволяет учитывать взаимосвязь режима горных работ и производительности карьера по руде при условии обеспечения в карьере норматива готовых к выемке запасов.

**Практическая значимость.** Результаты выполненных исследований могут быть использованы проектными организациями и горнодобывающими предприятиями при определении производительности карьера по руде.

**Ключевые слова:** *железорудные карьеры; вскрышные работы; коэффициент вскрыши; отставание вскрышных работ*

## **ABSTRACT**

**Purpose.** Normal conditions for the minerals extraction require the formation of a working area of the open pit by workstations, which include regulatory reserves of rock mass, ready to be mined. In order to increase the ore productivity of the open pit, it is necessary to expand the workstations in order to eliminate the overburden lag. In such conditions, the assembly of production programs of enterprises, and their implementation in future, becomes more and more problematic, that is confirmed by the practice of production, therefore, first of all, it is necessary to determine the annual volumes of liquidation of the overburden lag. The purpose of this work is to develop a method for determining the annual volumes of overburden lag liquidation, as well as the formation of possible open pit options while increasing the ore productivity of the open pit.

**Methods.** The annual volume of liquidation of the overburden lag must be determined on the basis of the limiting the borderline volumes of the lag liquidation, as well as the quantity of the mining equipment, that is provided for the maintenance of production capacity for the mining mass. It is necessary to take into account the relationship of the parameters of the development system, which provide the required volume of ready-to-remove minerals in the open pit.



**Results.** The method of determination of optimal annual volumes of liquidation of the overburden lag in the course of changing the ore productivity of the open pit, as well as the criterion of evaluation of open pit options in the conditions of the elimination of the overburden lag is developed.

**Scientific novelty.** The proposed methodology for determining the annual volume of liquidation of the overburden lag when changing the ore productivity of the open pit allows you to take into account the relationship between the mining regime and the productivity of the open pit, providing the standard of ready-to-remove minerals.

**Practical significance.** The results of the performed research can be used by design organizations and mining enterprises in determining the performance of the open pit on ore.

**Keywords:** *iron ore open pits, overburden works, overburden factor, lag of overburden works*

УДК 691.175:678

© Н.П. Мельниченко

**ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО  
КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БЕТОНІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ  
ДЛЯ РЕМОНТУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

© N. Melnychenko

**USE OF WASTES OF THE MINERAL COMPLEX FOR THE PRODUCTION  
OF CONCRETES INTENDED FOR REPAIR OF BUILDING  
CONSTRUCTIONS**

**Мета.** Основна мета дослідження полягає у підвищенні якості бетону з використанням залізовмісних відходів гірничо-збагачувального комбінату. З цією метою було вивчено властивості зазначеного бетону в період змінної температури навколишнього середовища.

**Методика.** Вимірювання нормальної щільності цементної тіста та його реологічних властивостей проводили за стандартною методикою. Пластична міцність цементної тіста та суміші визначалася за допомогою методу усадки і вимірювалася глибиною занурення в суміш розчину сталевго конуса. З напівфабрикату цементної маси та різнокомпонентної суміші виготовляли зразки призм 40×40×160 мм, які були досліджені на згинання та стиснення. Під час формування зразків ущільнення виконувалося на лабораторній віброплатформі.

**Досліджено** вплив залізовмісних відходів Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату на властивості бетонів, призначених для ремонтну будівельних конструкцій. Результатами експериментів доведено, що використання залізовмісних добавок при виготовленні бетону підвищує його адгезію до ремонтної конструкції та збільшує діапазон температур його використання у зимовий період часу.

**Наукова новизна** полягає у тому, що теоретично доведено й експериментально підтверджено досягнення високих значень міцності при стисканні та адгезії до будівельних конструкцій і морозостій-