

Список літератури

1. Коррозия и защита металлов. В 2 ч. Ч. 1. Методы исследований коррозионных процессов: [учебно-методическое пособие] / Н.Г. Россина, Н.А. Попов, М.А. Жилиякова, А.В. Корелин. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 108 с.
2. Исаев М.И. Теория коррозионных процессов / Исаев М.И. – М.: Металлургия, 1997. – 344 с.
3. Karolina Vyhliadalova Dust analyses in ventilation ducts / Karolina Vyhliadalova, Petr Vlček1, Olga Rubinová, Jiří Bernard // Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies. – 2016. – 1(1). 29-35.
4. Обстеження систем аспірації та вентиляції ЦВО-1, ЦВО-2 та розробка рекомендацій по підвищенню ефективності їх роботи для зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу та запиленості на робочих місцях: Отчет о НИР / Криворожский технический университет: №ГР 0106U008416. – Кривой Рог, 2006. – 130 с.
5. Деньгуб Т.В. Исследование аэродинамического сопротивления аспирационных воздуховодов при пылевых отложениях / Т.В. Деньгуб, Н.В. Худик // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2014. – № 4. – С. 115-117.
6. Основные аспекты оценки технического состояния технологических трубопроводов / Р.А. Шайбаков, Д.Г. Давыдова, А.В. Жуков [и др.] // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. – 2013. – №4. – С. 258 – 270.
7. Гапонюк О.И. Проблемы функционирования аспирационных установок и пути их совершенствования / О.И. Гапонюк, А.А. Гончарук, А.П. Лапин // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: 2014. – Вип. 46. – Том 1. – С.201-204.
8. Обеспечение эффективных рабочих режимов аспирационных систем фабрик окомкования ГОКов в условиях длительной эксплуатации / А.М. Голышев, С.И. Задорожний, А.В. Герасимчук, А.А. Голышев // Разработка рудных месторождений. – Кривий Ріг. – 2007. – Вип. 91. – С. 232-236.
9. СТП 0910.37.409.09 Стандарт ГПО «Белэнерго». Проведение механических и химических очисток теплообменников. – Минск: РУП «БелТЭИ», 2009.
10. Мараховский А.В. Методика очистки внутренних отложений трубопроводов и оборудования с применением пневмоудара. ООО «Астра сервис». / А.В. Мараховский, Е.О. Савельева. – М: Московский педагогический университет, 2015.
11. А. с. 625782 СССР, МКИ В 08 В 7/00, Е 03 F 9/00. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов от отложений / В.П. Губина, Н.В. Губина (СССР). – № 2117098/22-02; заявл. 25.03.75; опубл. 30.09.78, Бюл. № 36.
12. Кузьменко Н.В. Применение эффекта электромагнитного удара для стабилизации работы электролизера / Н.В. Кузьменко, М.М. Маловичко // Технические средства и системы управления производственными процессами: межвузовский сборник. – Братск, 1991. – С. 15-18.
13. А. с. 1125074 СССР, МКИ В 08 J 7/00. Способ очистки трубопроводов от невзрывчатых отложений / А.А. Гурин, В.П. Исаев, А.Е. Лапшин, В.И. Базаря (СССР). – № 3547110/28-12; заявл. 21.01.83; опубл. 23.11.84, Бюл. № 43.

Рукопис подано до редакції 13.05.2020

УДК 624.012.45

О.І. ВАЛОВОЙ¹, канд.техн.наук, проф., В.І. АСТАХОВ, В.В. АФАНАСЬЄВ,
М.О. ВАЛОВОЙ, О.Ю. ЄРЕМЕНКО, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОРУДНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ПРОМИСЛОВОМУ, ЦИВІЛЬНОМУ ТА ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Мета. На сьогодні в Україні промисловими відходами відчувається до 5 тис. га земельних ділянок. Це є серйозною небезпекою для екологічного стану регіонів України і особливо Кривбасу. Відходи збагачених залізних руд займають перше місце серед відходів гірничодобувної промисловості і їх обсяг зі збільшенням видобутку корисних копалин буде зростати. У роботі висвітлено інформацію по дослідженню відходів гірничорудної промисловості Кривбасу і подальшому їх використанню в промисловому цивільному та транспортному будівництві.

Методи дослідження. При збагаченні залізистих кварцитів методом мокрої магнітної сепарації виділяється велика кількість дрібнодисперсних відходів. Вони являють собою суспензію твердих частинок у воді і підрозділяються на відходи поточного виходу, які після збагачення руди не викинуті в відстійники, і хвости, що направляються гідротранспортом в сховища, де відбувається осадження твердих частинок. Для більш ефективного використання хвостів збагачення залізної руди їх фракціонують. Технологічна схема збагачення відходів зі хвостосховищ передбачає як перспективне обладнання так і те, що серійно випускається промисловістю.

Наукова новизна. Перспективним є обладнання з ударно-балістичною технологією, що розроблена на будівельному факультеті КНУ.

¹ О. Валовой О.І., Астахов В.І., Афанасьев В.В., Валовой М.О., Єременко О.Ю., 2020

Практична значимість. За підсумками аналізу досліджень основних фізико-механічних характеристик бетонів на дрібних відходах Г'ОК, можна відзначити, що стосовно міцності і деформативних властивостей, зазначені бетони не поступалися, а за деякими параметрами і перевершують традиційні бетони на кварцовому піску.

Напрацювання результатів дослідження бетонів на заповнювачах з відходів ГЗК були використані, як основа для всебічних досліджень роботи залізобетонних конструкцій, як при короткочасному так і тривалому дії навантаження.

Результати. В результаті досліджень бетону на відходах збагачення залізних руд виявлено ряд характерних особливостей фізико-механічних властивостей (підвищена міцність, знижена деформативність), які слід враховувати при розробці розрахункового апарату для залізобетонних конструкцій на зазначених бетонах.

Дослідження показує можливість широкого застосування відходів збагачення залізних руд для виготовлення звичайних і попередньо напружених залізобетонних конструкцій.

Ключові слова: відходи ГЗК, бетон, залізобетонні конструкції, випробування.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-107-142-147

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сьогодні в Україні промисловими відходами відчується до 5 тис. га земельних ділянок. Щорічно додається тільки відходами збагачення залізних руд на 60-80 мільйонів тонн. На п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу із загального обсягу видобутої гірничої маси у вигляді товарної сировини використовується лише 38%, інша йде у відвали. Загалом у відвалах і хвостосховищах цих комбінатів накопичилося понад 350 млн м³ мінеральних відходів. У середньому гірничо-збагачувальні комбінати Кривого Рогу щорічно складають у відвали 15-20 млн м³ безрудних кварцитів.

Сьогодні це є серйозною небезпекою для екологічного стану регіонів України й особливо Кривбасу. Тому проблеми використання промислових відходів вимагають невідкладного рішення.

За останні роки намітилася чітка тенденція до забезпечення підприємств будівельної індустрії матеріалами з відходів гірничорудної промисловості.

Економне використання природних сировинних ресурсів вимагає нових методів їх переробки, упровадження безвідходних технологій і комплексного використання всіх відходів виробництва.

При сучасному технічному рівні розвитку світової промисловості можна повністю переробити всі попутні мінеральні продукти й відходи виробництва, близько 85% яких можуть бути використані в будівництві. Цей напрямок є перспективою розвитку національної промисловості. Відходи збагачених залізних руд посідають перше місце серед відходів гірничовидобувної промисловості, та їх обсяг зі збільшенням видобутку корисних копалин буде зростати.

Аналіз досліджень і публікацій. Питаннями використання хвостів збагачення мокрої магнітної сепарації як дрібних заповнювачів у бетонах займалися такі науковці: Бондаренко Г.Н., Стороженко Г.Т., Барашиков А.Я., Шевченко Б.Н., Валовой О.І.

Постановка задачі. Висвітлення інформації з дослідження відходів гірничорудної промисловості Кривбасу й подальшого їх використання в промисловому цивільному та транспортному будівництві.

Викладення матеріалу та результати. На всіх гірничо-збагачувальних комбінатах способи збагачення залізних руд принципово однакові. За допомогою магнітної сепарації з послідовно подрібнюваної залізної руди видаляється порода, залишаючи максимальний відсоток заліза. При збагаченні залістистих кварцитів методом мокрої магнітної сепарації виділяється велика кількість дрібнодисперсних відходів. Вони являють собою суспензію твердих частинок у воді й підрозділяються на відходи поточного виходу, які після збагачення руди не викинуто у відстійники, і хвости, що направляються гідротранспортом у сховища, де відбувається осадження твердих частинок.

На Криворіжжі видобуток і збагачення корисних руд здійснюються п'ятьма гірничо-збагачувальними комбінатами (Південним, Новокриворізьким, Північним, Центральним та Інгулецьким). Відходи поточного виходу на всіх ГЗК містять, здебільшого, однакову кількість зерен розміром 0,14 - 5 мм за рахунок однакового технологічного процесу. Гранулометричний склад хвостів мокрої магнітної сепарації змінюється в широких межах.

Відходи зі хвостосховищ більш грубозернисті за рахунок того, що в процесі накопичення дрібні та глинисті частинки води виносяться з відстійника, а великі – осідають у прибережній

частині сховища. Середня щільність хвостів зі хвостосховищ коливається в межах 1400-1750 кг/м³.

Петрографічне вивчення показало, що відходи гірничо-збагачувальних комбінатів представлені, здебільшого, кварцом та бідними зростками кварцу з гематитом, магнетитом і сидеритом із вкрапленням, в окремих випадках, вільних зерен магнетиту, гематиту та зростків рудних матеріалів. За хімічним складом ці відходи складні й неоднакові для різних гірничо-збагачувальних комбінатів.

Для більш ефективного використання хвостів збагачення залізної руди їх фракціонують. Необхідність фракціонування особливо відчувається при використанні хвостів як дрібного заповнювача бетонів відповідних конструкцій, де потрібна висока марка бетону й виключається перевитрата цементу. Можна фракціонувати як піски після першої стадії збагачення, так і хвости зі хвостосховищ. За першою методикою працює установка на Інгулецькому ГЗК. Виділення великої фракції відходів досягають на спеціальній установці за рахунок застосування сепараторів ПБМ-90/250, магнітних дешламаторів МД-5, гідроциклонів діаметром 360 мм і стрічкових вакуум-фільтрів Л-4.

Через примусове відділення грубозернистої фракції від пульпи та зневоднення кварцово-залізістий пісок за хімічним, гранулометричним складом та фізичними властивостями характеризується відносною сталістю. Він відповідає технічним вимогам РСН 201-84 і може бути застосований у будівельних розчинах і бетонах.

Технологічна схема збагачення відходів зі хвостосховищ передбачає як перспективне обладнання, так і те, що серійно випускається промисловістю. Перспективним є обладнання з ударно-балістичною технологією, розробленою на будівельному факультеті КНУ.

Властивості бетонів на заповнювачах із кварцово-залізістого піску – відходах ГЗК – досліджувалися на будівельному факультеті КНУ та в Дніпропетровській філії НДІБВ. Вивчення технологічних особливостей збагачених відходів показало вплив їх якості на властивості бетонної суміші й тужавілого бетону. Основними критеріями, що характеризують властивості класифікованих відходів, були цементо- й водоспоживання.

Дослідження на кварцово-залізістому піску проводилися в зіставленні з аналогічними зразками з важких бетонів на традиційних дрібних заповнювачах – кварцових пісках.

Зі збільшенням крупності кварцово-залізістого піску водоспоживання його зменшується. Витрата цементу на одиницю міцності бетону на збагачених відходах менша, ніж на природному кварцовому піску аналогічного складу.

Властивості бетону на відходах досліджувалися як при термовологічному обробленні, так і при тужавленні в природних умовах. У першому випадку питома витрата цементу на збагачених відходах становить 85-95% від питомої витрати цементу в бетоні на природному піску; після теплового оброблення – 74-93%. Установлено, що застосування класифікованих відходів дозволяє економити 50-100 кг цементу на 1м² бетону порівняно із застосуванням дрібнозернистих природних пісків.

У результаті досліджень підібрано склади бетонів, які виконуються загальноприйнятим способом. Зв'язок між активністю цементу, щільністю цементного каменю й міцністю бетону задовільно описується залежністю виду

$$R = AR_u \frac{C}{eB} - a \frac{\ddot{o}}{\emptyset} \quad (1)$$

де R – кубикова міцність бетону в 28-добовому віці; R_u – активність цементу; C і B – витрати цементу й води на 1м³ бетонної суміші; A та a – емпіричні коефіцієнти. Для описуваних бетонів рекомендуються коефіцієнти $A = 0,62$; $a = 0,5$.

Величина початкового модуля пружності бетону може бути визначена за емпіричною формулою

$$E_g(t) = \frac{E_m R(t)}{S + R(t)}, \quad (2)$$

де $E_g(t)$ – модуль пружності бетону при завантаженні його в довільному віці t ; $R(t)$ – кубикова міцність бетону в тому ж віці; E_m і S – емпіричні константи. Для бетонів на дрібних відходах ГЗК рекомендується приймати $E_m = 6 \cdot 10^4$, $S = 27$.

Бетон на відходах інтенсивно набирає міцність до 14 діб, після 28- добового віку зростання міцності практично припиняється. У сьомидобовому віці кубикова міцність вища на 62%, призма – на 34%, а при центральному розтягу – на 30%, ніж у звичайного. Підвищена міцність бетону на відходах збагачення пояснюється дещо більшою, порівняно з піском, шорсткістю зерен, механічною міцністю й додатковими цементувальними сполуками, викликаними присутністю заліза у відходах.

Опір розтягнення бетону на заповнювачі з відходів ГЗК на 30% більший, ніж бетону на заповнювачі з піску. Крім того, бетон на відходах має краще (у середньому 15-20%) зчеплення з арматурою [1,2].

За підсумками аналізу досліджень основних фізико-механічних характеристик бетонів на дрібних відходах ГЗК, можна відзначити, що стосовно міцності й деформативних властивостей зазначені бетони не поступалися, а за деякими параметрами й перевищували традиційні бетони на кварцовому піску.

Напрацювання результатів дослідження бетонів на заповнювачах із відходів ГЗК були використані як основа для всебічних досліджень роботи залізобетонних конструкцій як при короткочасній, так і тривалій дії навантаження.

Детально на факультеті проведено дослідження роботи залізобетонних балок і стояків.

У першій великій серії випробувань досліджено залізобетонні балки та стояки з бетону класу В 20 на дрібному заповнювачі з відходів ГЗК. Установлено, що несуча здатність таких конструкцій на 10-12% вища за розрахункову несучу здатність залізобетонних елементів.

Руйнівний згинальний момент для балок з дрібним заповнювачем із відходів ГЗК на 15,3% вищий, ніж для балок з бетону на кварцовому піску.

Момент утворення тріщин у балках з бетону на відходах ГЗК опинився в середньому на 20% вищий, ніж у балках з бетону на кварцовому піску. Ширина розкриття тріщин в елементах з бетону на відходах ГЗК при $M = 0,6M_n$ на 27% менша, ніж для бетонів на кварцовому піску. Поліпшення властивостей тріщиностійкості бетону на відходах пояснюється підвищеним зчепленням арматури з бетоном. Прогини балок з бетонів на відходах ГЗК у середньому на 20% менші, ніж у балках з бетону на кварцовому піску [1,3].

Отримано підвищену міцність стояків на відходах ГЗК у середньому на 7% порівняно зі стояками з бетону на кварцовому піску. Прогини стояків із бетону на відходах ГЗК опинилися на 13% меншими, ніж в аналогічних елементах з бетону на кварцовому піску.

Тривалі дослідження попередньо напружених залізобетонних елементів виявили особливості деформування конструкції з бетонів на відходах ГЗК порівняно з аналогічними конструкціями з бетонів на кварцовому піску. Експериментальні значення (у віці 480 діб) втрат попереднього напруження в арматурі від усадки досліджуваного бетону майже на 20% менші, ніж у попередньо напружених балках з бетону на кварцовому піску. Втрати попереднього напруження в арматурі від повзучості бетону для балок і стояків, виготовлених із бетону на відходах ГЗК, відповідно на 18,2 і 21,5% менші, ніж у таких же елементах із бетону на кварцовому піску.

Для теоретичного визначення несучої здатності, тріщиностійкості і деформативності згинальних та позацентрово стиснутих елементів на першому етапі було з успіхом використано методіку розрахунку, рекомендовану чинними нормами. Для кожного конкретного випадку розрахунку розроблено систему коригувальних коефіцієнтів, що враховують властивості описуваного бетону й вид напруженого стану конструкції. Уточнення методіки розрахунку конструкцій із бетонів на відходах ГЗК триває.

Бетонні та залізобетонні конструкції промислових будівель і споруди підприємств чорної металургії, зазвичай, працюють у складних умовах експлуатації – при підвищених рівнях напружень, безперервно змінюються за інтенсивністю, знаком і напрямком. Зміна навантажень у процесі експлуатації споруд може призвести до результатів, якісно відмінних від тих, які виходять при розрахунку на постійні навантаження максимальної інтенсивності. Тому було всебічно досліджено поведінку бетону на відходах при складних, нестандартних режимах навантаження.

Для визначення придатності залізобетонних конструкцій при роботі їх у складних умовах підприємств чорної металургії досліджувалися також і попередньо напружені залізобетонні згинальні елементи на дрібних заповнювачах із відходів збагачення залізних руд при дії повторних статичних навантажень. Розглянуто вплив небагаторазово повторюваних навантажень із максимальним рівнем навантаження $\gamma = 0,38 - 0,85$ від руйнівного з повним і частковим розвантажен-

ням на міцність, деформативність і утворення тріщин згинальних залізобетонних елементів з бетонів на відходах ГЗК. У результаті проведених досліджень розроблено методи розрахунку згинальних залізобетонних конструкцій, що експлуатуються при дії змінних статичних навантажень. Вони дозволяють визначати міцність, зусилля тріщиноутворення, ширину розкриття й умови закриття нормальних тріщин, жорсткість і деформативність нормальних перетинів.

Дослідження показали, що при середньому (експлуатаційному) рівні навантаження $M - (0,6 \dots 0,7) M$ характер зміни навантаження надає найбільш істотний вплив на зміну прогинів (жорсткостей), утворення, розкриття й закриття тріщин. У той же час історія навантаження практично не відбивається на несучій здатності конструкцій. При розрахунку згинальних залізобетонних елементів на дію статичних повторних навантажень за I і II групами граничних станів у першому наближенні в основу можуть бути покладені рекомендації чинних норм. Однак при цьому повинні бути враховані зміни основних фізико-механічних характеристик бетону залежно від режиму навантаження.

При проектуванні конструкцій слід урахувувати умови експлуатації, особливо можливість появи повторних навантажень, оскільки в багатьох випадках вони можуть призвести до втрати експлуатаційних якостей, а іноді й до руйнування. Застосування залізобетонних конструкцій із бетонів на відходах ГЗК при складних змінних експлуатаційних впливах показало їх високу ефективність і надійність. Виробничі випробування підтвердили достовірність пропонованих методів розрахунку.

З метою впровадження у виробництво результатів, отриманих у КНУ, були проведені експериментальні дослідження типових залізобетонних конструкцій на монотонне статичне навантаження відповідно до вимог ГОСТ. Було випробувано 8 видів натурних конструкцій із бетону на відходах ГЗК. Для порівняння паралельно випробовувалися конструкції з бетонів на кварцовому піску. Дослідні конструкції виготовлялися на виробництвах ЗАТ "Криворіжіндбуд".

Розрахункові показники плит із бетону на відходах ГЗК (серії ПТК-58- 12 і ПК-8-63-12) перевищують відповідні характеристики конструкцій із бетонів на кварцовому піску за міцністю на 20-28%, жорсткістю – на 40- 45%, деформативністю – на 37-40% і 33-34%.

Серійні несучі конструкції (плити, ферми, ригелі, підкранові та фундаментні балки тощо) з бетону на відходах ГЗК задовольняють вимоги ГОСТ 8829-66 і відповідних робочих креслень за міцністю, жорсткістю й тріщиностійкістю й можуть із успіхом застосовуватися в будь-яких будівлях і спорудах.

Попередньо напружені та звичайні залізобетонні (конструкції з використанням як дрібних заповнювачів відходів ГЗК) можна отримувати в заводських умовах, не змінюючи технологічного процесу виготовлення. При цьому не потрібно додаткових витрат робочого часу й капітальних вкладень.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У результаті досліджень бетону на відходах збагачення залізних руд виявлено низку характерних особливостей фізико-механічних властивостей (підвищена міцність, знижена деформативність), які слід урахувувати при розробленні розрахункового апарату для залізобетонних конструкцій на зазначених бетонах.

Дослідження показує можливість широкого застосування відходів збагачення залізних руд для виготовлення звичайних і попередньо напружених залізобетонних конструкцій.

Натурні випробування типових залізобетонних конструкцій, виконаних з бетону на відходах, показали можливість широкого застосування й високу ефективність рекомендованого бетону.

Використання відходів як заповнювачів для бетонів дає можливість знизити реальну вартість залізобетонних конструкцій без істотних змін технології робіт.

Застосування бетонів на відходах ГЗК відкриває шляхи до широкого впровадження більш економічних конструкцій, що дозволяють отримати не тільки техніко-економічний, а й соціальний ефект.

За останні роки на ГЗК були ліквідовані установки з фракціонування пісків із хвостів хвостосховищ, що призвело до припинення їх поставок на підприємства будівельної індустрії.

На будівельному факультеті КНУ розроблено перспективну технологію та обладнання для виділення крупної фракції будівельного піску зі хвостосховищ. У зв'язку з цим перед нами та ГЗК поставлено завдання з відновлення виробництва фракціонованого піску з хвостів збагачення залізних руд.

Це відкріє можливість забезпечити у великому обсязі дешевим якісним будівельним штучним піском як будівельну індустрію, так і будівництво автошляхів.

Усі вищеперераховані дослідження проводилися з бетоном, де крупним заповнювачем був гранітний щебінь. У зв'язку з цим перед нами поставлено завдання провести широкі дослідження з використання гірських порід як щебеню для конструктивних бетонів та бетонів покриття і основ автошляхів.

Список літератури

1. **Валовой О. І., Срьоменко О.Ю., Валовой М.О.** «Коррозійна стійкість бетонів на заповнювачах з відходів металургійної промисловості». Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2016. – Вип. 32. – С.15-22.
2. **Валовой М.О.** «Технологія виготовлення та аналіз тріщиностійкості дослідних зразків балок на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів». Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне. – 2013. – Вип.25. – С. 233–239.
3. **Валовой О.І., Герб П.И., Валовой М.А., Попруга Д.В.** «Использование отходов горнорудной промышленности при изготовлении строительных конструкций». Качество минерального сырья: сб. научн. трудов. – Кривой Рог, 2008. – С. 461–471.
4. **Шевченко Б. Н.** Исследование прочности и деформативности предварительно напряженных железобетонных элементов, изготовленных из бетонов на мелких заполнителях – отходах горно-обогажительных комбинатов: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Б. Н. Шевченко. – К., 1980. – 20 с.
5. Железобетонные конструкции из бетона на отходах горнорудной и металлургической промышленности / [Л. И. Стороженко, Б. Н. Шевченко, В. М. Ильенко и др.]. – К.: Будівельник, 1982. – 72 с.
6. **Валовой А. И.** Влияние кратковременных переменных нагрузок на прочность, деформативность и трещиностойкость железобетонных элементов из бетонов на отходах обогащения железных руд: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – К.: КИСИ, 1980. – 20 с.
7. **Valovoi A., Koval P., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S.,** “Durability of beams with hybrid reinforcement from metal and basalt fiber reinforced polymer (BFRP) armature”, MATEC Web of Conferences **230**, 02035 (2018) (<https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002035>)
8. **Valovoi A., Eremenko A., Valovoi M., Volkov S.,** “Research of the Deflections of Beams Reinforced with BFRP Armature and Hybrid Reinforcement Using Metal and BFRP Armature”, *Actual Problems of Engineering Mechanics: Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland (2019), **Vol. 968**, p. 301-308.(DOI:<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.301>).
9. **Срьоменко О.Ю.** Ефективність варіантів підсилення у стиснутій зоні залізобетонних елементів, що працюють на згин. Дисс. канд. техн. наук. КНУБА, 2005. - 133с.
10. **Валовой М.О.** Міцність, тріщиностійкість та деформативність підсилених згинальних елементів при повторних навантаженнях Дисс. канд. техн. наук. КНУБА, 2011. - 126с.

Рукопис подано до редакції 13.05.2020

УДК 622.775

Т.А. ОЛІЙНИК, д-р техн. наук, проф., П.К. НІКОЛАЄНКО, аспірант
Криворізький національний університет

ВПЛИВ ТИПУ ДРОБЛЕННЯ ОКИСЛЕНИХ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ НА ПОДАЛЬШЕ ЇХ РОЗКРИТТЯ ПРИ ПОДРІБНЕННІ В КУЛЬОВОМУ МЛІНІ

Мета. Метою даних досліджень є, порівняння показників збагачення окислених залізистих кварцитів дроблених в валковій дробарці та ролер-пресі, при наступному їх кульовому подрібненні, та визначення особливостей руйнування зростків отриманих в валках високого тиску. Задачею є ознайомлення науково-технічних працівників з особливостями впливу дроблення окислених залізистих кварцитів в ролер- пресі на розкриття зростків мінералів при їх подальшому кульовому подрібненні.

Методи дослідження. Лабораторні дослідження з застосуванням устаткування для дроблення та збагачення.

Наукова новизна. Встановлено оптимальний розмір зростків рудного та нерудного компонентів окислених залізистих кварцитів, в якому найповніше проявляється ефект розміщення міжкристалічних зав'язків між зернами, закладений в них у процесі руйнування в ролер-пресі.

Практичне значення. Визначено показники збагачення окислених залізистих кварцитів дроблених в валковій дробарці та ролер-пресі, та встановлено що застосування останнього дозволяє: підвищити якість кінцевого концентрату на 1,78% (з 63,7 до 65,48%) та вилучення заліза загального на 5,88% (з 70,49 до 76,37%); знизити вміст кварцу в концентраті на 1,82% (з 7,19 до 5,37%) та його вилучення на 1,04% (з 6,01 до 4,97%); знизити вміст заліза загально-