

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет

Вісник
Криворізького національного
університету

Збірник наукових праць

Випуск 58

Кривий Ріг 2024

Редакційна колегія: **Ступнік М.І.**, д-р техн. наук, проф. (головний редактор); **Бровко Д.В.**, д-р техн. наук, проф. (заступник головного редактора); **Азарян А.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Березовський А.А.**, д-р геол. наук, проф.; **Варава Л.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Вілкул Ю.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Губін Г.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Зінченко О.А.**, д-р екон. наук, проф.; **Зубов Д.А.**, д-р техн. наук, проф., Охрид, Македонія; **Ільяс Ніколае**, д-р техн. наук, проф., Петрошани, Румунія; **Калініченко В.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Ковальчук В.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Коробко В.М.**, д-р техн. наук, проф., Массачусетс, США; **Котов І.А.**, д-р техн. наук, доц.; **Кіяновський М.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Купін А.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Лапшин О.Є.**, д-р техн. наук, проф.; **Монастирський Ю.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Моркун В.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Олійник Т.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Паламар А.Ю.**, канд. техн. наук, доц.; **Перебудов В.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Пікільняк А.В.**, канд. техн. наук, доц.; **Савельєв С. Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Сінчук О.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Ткаченко А.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Турило А.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Учитель О.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Шахно А.Ю.**, д-р екон. наук, проф.; **Шишкін О.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.; **Щокін В.П.**, д-р техн. наук, проф.

Збірник внесено до Переліку фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (наказ Міністерства освіти і науки України № 326 від 04.04.2018 р.).

Збірник індексується в наукометричних базах даних Google Scholar, Index Copernicus, Research Bible, Academic Keys та ін., в загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»). Збірник надсилається до Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського НАН України та провідних наукових бібліотек України.

У матеріалах збірника викладено результати досліджень у галузі технічних та економічних наук. Розглянуто шляхи підвищення ефективності промислових виробництв, автоматизації, контролю та керування технологічними процесами. Важливе місце займають питання енергозбереження, економіки, надійності охорони праці, техніки безпеки, захисту довкілля.

Наукові статті збірника рекомендовані науковим та інженерно-технічним працівникам, студентам, магістрантам й аспірантам.

Випуск № 58 рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Криворізького національного університету (протокол № 10 від 26.04.2024 року).

Адреса редакції: Криворізький національний університет
вул. Пушкіна, 44, Кривий Ріг, 50002,
Тел. (056) 409 61 29
web-сайт <http://visnykknu.com.ua>

Кривий Ріг
Зміст

<i>Ступнік М.І., Калініченко В.О., Калініченко О.В., Шепель О.Л., Кушнерьов І.П., Федько М.Б., Пільчик В.В.</i> Дослідження екологічно безпечного відкрито-підземного видобутку з утилізацією гірничих відходів у виробленому просторі шахт та кар'єрів	3
<i>Кіянівський М. В., Пікільняк В. А., Нечаєв В. П., Кіянівська Н. М.</i> Логіка вибору індивідуальних тракторій навчання здобувачів вищої освіти спеціальності "Прикладна механіка" через закономірності розвитку фахових середовищ	9
<i>Ковальчук Т.М., В.А. Ковальчук</i> Особливості застосування класичних методів вищої математики при моделюванні економічних процесів	15
<i>Morkun V.S., Hryshchenko S.M., Hryshchenko Y.O., Nizhehorodtsev V.O., Tananaiev D. E.</i> Investigation of a microcontroller control device at a beneficiation plant with fine screening technology	22
<i>Сінчук О.М., Омельчук М.М.</i> Варіативність превентивного вибору тягових електродвигунів в структурах сучасних енергоефективних електроприводів рудникових електровозів	30
<i>Монастирський Ю. А., Максименко І. С.</i> Дослідження закономірностей зміни продуктивності дизель-тролейбозів у залізрудних кар'єрах Криворізького басейну	36
<i>Письменний С.В., Федько М.Б.</i> Використання високопродуктивних вибухових речовин на підземних гірничих роботах	40
<i>Шаповалова Н. Н., Доценко І. О., Трачук А. А., Скринніков І. В.</i> Застосування інструментів штучного інтелекту для аналізу часових рядів	46
<i>Тімченко Р.О., Кришко Д.А., Сюткін Є.І.</i> Компоненти ландшафтного дизайну в структурі ділових центрів	52
<i>Пироженко А.В., Касаткіна І.В., Федотов В.О., Власюк В.П., Поліщук П.І.</i> Ідентифікація і класифікація причин електротравматизму у залізрудному виробництві	58
<i>Кондратенко М.М., Савельєв С.Г. Губін, Г.В.</i> Дослідження зміни калориметричних показників водного середовища в процесі ультразвукової обробки з визначенням параметрів хвиль	64
<i>Турило А.М., Турило А.А., Святенко С.В., Ксенофонтова А.О.</i> Фінансовий менеджмент: особливості використання категорій «капітал», «людський капітал» і «людський актив»	70
<i>Переметчик А.В., Федоренко С.О., Подойніщина Т.О.</i> Оцінка та моніторинг гірничо-геометричних показників родовища	74
<i>Савін В.В., Кіріченко П.С.</i> Ефективне використання ґрунтових теплообмінників в енергоощадній вентиляції	83
<i>Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В., Непіша А.О.</i> Стратегічне управління підприємством: сутність і ознаки	89
<i>Максимова О.С., Максимов С.В., Веснін А.В.</i> Обґрунтування строків служби кар'єрних автосамоскидів БелАЗ-7513 у відповідності до умов їх експлуатації	94
<i>Мамонов К. А., Вяткін Р. С., Штерндок Е. С., Наливайко Т. А.</i> Моніторинг використання земель регіонів: екологічні аспекти	104
<i>Хруцький А.О., Франузо М.О.</i> Аналіз конструкцій повітряних сепараторів для тонкодисперсних матеріалів	109
<i>Шерстньов Ю.В., Осадчук Ю.Г.</i> Розробка алгоритму оптимізації рівнів споживання електричної енергії підстанцій гірничо-збагачувального комбінату за допомогою інтелектуальних систем	116
<i>Лапшин О.Є., Ярошенко Г.М.</i> Оптимізація систем вентиляції з урахуванням температурних режимів повітря в цехах збагачення титано-цирконієвої руди	124
<i>Лапшин О.О., Ярошенко В.О.</i> Комплексне дослідження шкідливих впливів складних гірничо-геологічних умов на безпеку будівництва, гірничо-добувної діяльності та існуючих цивільних і промислових об'єктів	130
<i>Чубенко В.А., Світгарєєв Л.Н., Ярош Т.П., Плотніков В.В., Хіноцька А.А.</i> Моделювання гарячого прокатування товстих листів	137
<i>Sidorenko V. D., Romanenko A. O.</i> Classification of methods for detecting voids in rock massive	142
<i>Єрмоєнко О.Ю., Волков С.О., Демченко О.О., Демченко С.О.</i> Оцінка залишкового ресурсу металеві підкранової балки на стадії зростання втомної тріщини	148
<i>Горбачов Ю.Г., Хруцький А.О., Кривенко О.Ю., Ліфенцов О.С.</i> Вибір раціональної динамічної схеми вібраційного пристрою для попередньої зміцнювальної обробки сирих окатишів	153
<i>Азарян А.А., Швидкий О.В.</i> Пошук шляхів зниження втрат та зубожіння підірваної гірської маси	157
<i>Шахно А.Ю., Мамедова А.А.</i> Основні аспекти формування адаптаційного потенціалу підприємств та організацій в умовах невизначеності	162
АНОТАЦІЇ	
<i>А н о т а ц і ї</i>	168

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф.,
А.О. ХРУЦЬКИЙ, О.Ю. КРИВЕНКО, кандидати техн. наук, доценти,
О.С. ЛІФЕНЦОВ, асистент
Криворізький національний університет

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ДИНАМІЧНОЇ СХЕМИ ВІБРАЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ СИРИХ ОКАТИШІВ

Мета. Метою роботи є підвищення міцності сирих окатишів, які внаслідок недостатньої механічної міцності суттєво руйнуються під час конвеєрного транспортування та численних перевантажувальних операцій на шляху до випалювальної печі. Існує необхідність у попередньому зміцненні сирих окатишів, що сприятиме значному скороченню обсягів утворення дріб'язку, який потрібно знову спрямовувати у процес огрудкування. Це забезпечить підвищення продуктивності усього технологічного ланцюга обладнання та загальні техніко-економічні показники роботи огрудкувального виробництва. Крім того, воно повинно зменшити руйнування гранул під час зміцнювального випалу. Таким чином, тема дослідження безсумнівно важлива та актуальна.

Методи дослідження. Проведені останнім часом у КНУ дослідження дозволили встановити, що поверхнева вібраційна обробка сирих окатишів забезпечує суттєве зміцнення зовнішнього шару гранул, підвищення їх загальної статичної і динамічної міцності, скорочення обсягу утворення дріб'язку. Отримані параметри необхідного режиму вібраційної зміцнювальної обробки, запропоновані можливі конструктивні варіанти пристроїв для їх реалізації. Але потрібно остаточне обґрунтування раціональної динамічної схеми такої машини. З огляду на це, зроблено висновок про доцільність проведення порівняльного аналізу запропонованих динамічних схем для виявлення найбільш досконалої.

Наукова новизна. Обґрунтовано найбільш досконалу динамічну схему установки для вібраційного поверхневого зміцнення сирих окатишів на основі порівняльного аналізу різних варіантів її реалізації з точки зору найбільш ефективного динамічного впливу на гранули.

Практична значимість. Практичне використання пропонованого конструктивного рішення пристрою дасть можливість підвищити міцність сирих окатишів безпосередньо після сходу їх з огрудкувального обладнання, що має забезпечити зниження ймовірності руйнування гранул на шляху їх транспортування до випалювальної машини та під час самого випалу. Це повинно суттєво скоротити відсоток некондиційного дріб'язку у готовому продукті.

Результати. Обґрунтовано та запропоновано раціональне технічне рішення для вирішення актуального питання попереднього підвищення міцності сирих окатишів за допомогою поверхневої вібраційної обробки гранул.

Ключові слова: технологічний процес огрудкування залізородної сировини, недостатня міцність сирих окатишів, поверхнєве зміцнення гранул, вібраційні пристрої для обробки сирих окатишів, обґрунтування раціональної динамічної схеми віброзміцнювальної установки.

doi: 10.31721/2306-5451-2024-1-58-153-157

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Поступове вичерпування покладів багатих руд і вимушене розширення внаслідок цього мінерально-сировинної бази світової залізородної промисловості за рахунок бідніших родовищ викликали масове залучення у розробку та збагачення бідних залізних руд типу залістистих кварцитів. Такі руди від-різняються дуже тонким вкрапленням заліза – не більше 0,074 мм. Тому при підготовці до збагачення їх потрібно дробити та подрібнювати саме до такого практично пилоподібного стану. Звісно й кінцевий продукт збагачення – концентрат – має таку ж крупність, яка робить його непридатним для використання в агломераційному виробництві. Така тонкоподрібнена аглошихта (концентрат, флюси, паливо) має недостатню газопроникність і не забезпечує належного просмокування повітря через її шар для просування вогнища горіння і спікання готового коржу в агломераційній машині [1,2].

Подібні обставини викликали свого часу появу нового технологічного процесу укрупнення концентратів залізних руд, необхідного для отримання доменної шихти потрібного гранулометричного складу – огрудкування, заснованого на ефекті утворення кулькоподібних гранул (окатишів) шляхом накочування вологої шихти на зародок за допомогою огрудкувального обладнання. В якості останнього у світовій гірничо-металургійній практиці широко використовуються установки чашкового і барабанного типів [3-5].

Сирі окатиші, що сходять з робочих органів огрудкувачів, відрізняються невеликою міцністю і потребують операцій зміцнення за рахунок температурного випалу або за допомогою інших безвипалювальних технологій. Лише достатньо зміцнені окатиші можуть добре переносити тривале зберігання та перевезення на далекі відстані у найнесприятливіших умовах. Сирі

ж гранули мають витримувати лише досить невеликий шлях транспортування від огрудкувача до випалювальної машини. Для цього вони повинні мати певні величини статичної та динамічної міцності.

Незважаючи на існуючі вимоги, відсоток руйнування недостатньо міцних сирих окатишів на стрічках доставкових конвеєрів та під час декількох операцій перевантаження й укладання гранул на візки випалювальної печі досить високий. Некондиційний дріб'язок потрібно відбирати з потоку окатишів, що завантажується у піч, і повертати знову у процес огрудкування. Певна кількість окатишів руйнується вже у печі, під час випалу внаслідок розриву при нагріванні. Усе це у край негативно позначається на продуктивності підприємства та його техніко-економічних показниках [1,3].

З огляду на це, задача забезпечення попереднього зміцнення сирих окатишів відразу після їх огрудкування є надзвичайно важливою та актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Для усунення вказаних вище недоліків можна звернутися за допомогою вібраційних технологій, які в останні десятиліття широко розповсюдилися у багатьох галузях промисловості, у тому числі гірничій. Використання вібраційних коливань різної інтенсивності забезпечує суттєве підвищення ефективності виконання різноманітних транспортних та транспортно-технологічних процесів [6-9]. Для вирішення розглянутої проблеми в КГРІ свого часу було запропоновано уведення в технологічний процес виготовлення окатишів операції попереднього зміцнення сирих гранул відразу після їх сходу з огрудкувача [10-12].

У даному випадку ідея полягала у застосуванні ефекту поверхневого зміцнення деталей машин, який давно і з успіхом реалізується у машинобудуванні. Численні ударні впливи, нанесені по деталі (наприклад, шляхом дробоструминної обробки), утворюють на ній зміцнений поверхневий шар товщиною до 1 мм за рахунок певного впорядкування його кристалічної структури. Такий шар добре опирається діючим навантаженням і суттєво підвищує рівень протидії деталі згинальним і крутним напруженням, корозії, втомним явищам. У випадку сирих окатишів вібраційна поверхнева обробка гранул може принести подібний ефект [12].

Проведені дослідження показали, що для отримання очікуваного результату сирі окатиші потрібно протягом певного часу піддавати обкатуванню на робочому органі спеціального вібраційного пристрою. При цьому поверхневий шар окатиша у процесі вібротранспортування у режимі з підкиданням буде сприймати численні мікроудари при зустрічі з цим робочим органом, які й спричинятимуть його зміцнення. Потрібно розуміти, що ці динамічні впливи будуть проникати й вглиб гранул, тому тут можна говорити не лише про поверхневу, але й про частково об'ємну зміцнювальну обробку сирих окатишів. Режим вібраційної обробки має бути наступним: частота коливань робочого органу – у середньому 25 Гц, амплітуда коливань – 2-4 мм, час обробки – 2-3 хвилини [10,13]. Оскільки сирій окатиш протягом усього процесу зміцнення повинен котитися по робочому органу вібраційного пристрою, довжина його шляху буде залежати від швидкості вібротранспортування та тривалості перебування на ньому. Зі звичайною у таких випадках швидкістю пересування 0,1 м/с за 120-180 с окатиш подолає відстань від 12 до 18 м. Зробити пристрій такої довжини доволі проблематично, але реально виконати робочий орган у вигляді каскаду з декількох плоских похилих лотків, розташованих один над іншим, або за рахунок реалізації певного напрямку коливань забезпечити зигзагоподібне переміщення гранули у лотку півкруглого перетину.

Зміцнений вібраційним способом окатиш отримує багат шарову структуру із зовнішнім шаром у вигляді ущільненої кірки товщиною 0,17-0,20 діаметру гранули. Випробування таких окатишів показало, що вони мають підвищену на 10-15% міцність (у першу чергу динамічну) у порівнянні зі звичайними зразками. Подібний ефект поширюється й на гранули після випалу. Їх міцність зростає на 15-23% [11,12].

Такий результат пояснюється зменшенням пористості віброущільнених окатишів на 26,5%. Крім того, внаслідок вібраційної обробки знижується вологість гранул на 19,3% [11]. Останній показник сприяє кращому зберіганню цілісності окатиша у процесі термічного випалу через меншу ймовірність його руйнування внаслідок перетворення внутрішньої вологи на пар і розриву гранули. Залишається додати про суттєве скорочення виходу дріб'язку (класу –3 мм) – не менше, ніж у 2 рази.

Для практичної реалізації запропонованого способу було розроблено технічне рішення лінії для виробництва залізородних окатишів у складі послідовно встановлених чашкового огру-

дквача, вібраційної зміцнювальної установки та приймального стрічкового конвеєра (рис. 1) [10, 14].

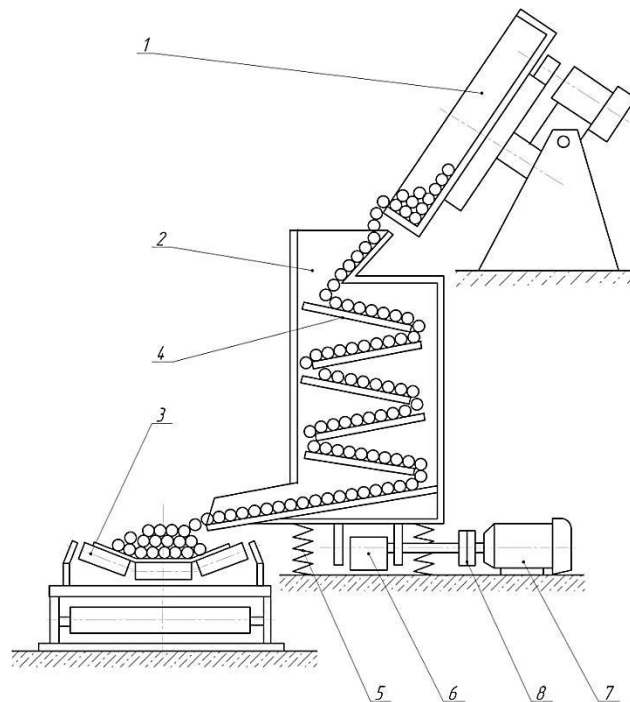


Рис. 1. Схема лінії для виробництва сирих окатишів: 1 – огрудкувач чашковий; 2 – установка віброзміцнювальна; 3 – конвеєр стрічковий; 4 – лотки; 5 – пружні опори; 6 – вал дебалансний; 7 – електродвигун; 8 – муфта

Випробування у лабораторних умовах експериментального зразку машини для вібраційного зміцнення сирих окатишів МВОК продемонструвало ефективність використання такої операції обробки сирих окатишів та її режимних параметрів [11]. Під час проведення подальших досліджень на її базі було розроблено декілька варіантів конструктивного виконання віброзміцнювального пристрою (моделі ОЛВ, ОЖВ, ОВЛ, ВОК), які відрізнялися динамічною схемою і показниками економного використання енергії та матеріалів. Технічні характеристики цих конструкцій разом із згаданою вище моделлю МВОК приведені у табл. 1 [15].

Таблиця 1

Технічні характеристики віброзміцнювальних установок КГРІ

Показник	Тип віброзміцнювального пристрою				
	ОЛВ	ОЖВ	ОВЛ	ВОК	МВОК
Продуктивність, т/г	40	80			
Частота коливань, Гц	15-25				
Амплітуда коливань, мм	2-4				
Час віброобробки, хв.	2-3				
Потужність приводу, кВт	30				22
Маса, кг	3760	3000	5000		3200

Таким чином, необхідність практичного впровадження попереднього вібраційного зміцнення сирих окатишів у технологічному процесі огрудкування залізородної сировини представляється цілком доведеною, але питання вибору раціональної динамічної схеми пристрою для його промислової реалізації досі залишається на порядку денному.

Постановка задачі. Для вирішення цього питання потрібно провести порівняльний аналіз динамічних схем існуючих конструкцій установок для вібраційного зміцнення сирих окатишів для обґрунтування найбільш досконалої з них з точки зору виконання поставленої у роботі мети та забезпечення необхідних техніко-економічних показників.

Викладення матеріалу та результати досліджень. Представлені у табл. 1 машини мають однакові режими коливань робочих органів (частоту, амплітуду, час обробки), рекомендовані викладеними вище результатами дослідження процесу вібраційного зміцнення сирих окатишів, але виконані за різними конструктивними схемами. Насамперед, це стосується робочих органів та вібраційних приводів, що генерують їх коливання. Для реалізації потрібного режиму вібраці-

йного транспортування сипкого матеріалу, у тому числі окатишів, окрім частотно-амплітудних характеристик, важливе значення мають кут нахилу робочого органу віброустановки, кут вібрації (кут між напрямком дії змушеного зусилля віброприводу та площиною робочого органу), траєкторія коливань робочого органу, його форма тощо.

Аналіз конструктивних схем цих установок показує, що вони мають різні кути нахилу робочого органу (від 6° у ВОК до 20° в ОЖВ), різні кути вібрації (від 45° в ОВЛ до 96° у ВОК), його довжину (до 5 м), ширину (від 1,1 до 2 м), кількість (від 5 в ОЛВ до 14 у ВОК) і форму (плоску у ВОК, де для набору необхідної довжини транспортування декілька лотків розташовуються один над іншим у вигляді каскаду, та півкруглу у решті конструкцій для забезпечення зигзагоподібної траєкторії руху окатишів).

Що стосується траєкторії коливань робочих органів, то у більшості конструкцій вона має кругову форму, яка забезпечується одновальним дебалансним віброприводом. Площа цих коливань по різному зорієнтована в них відносно площі робочого органу (під тим чи іншим згаданим вище кутом вібрації). І лише в пристрої ВОК використовується двовальний самобалансний вібропривод, що реалізує більш-менш спрямовані коливання лотків (сильно витягнутий еліпс).

Для вибору найбільш раціональної динамічної схеми у розглянутих установках доцільно визначити величини коефіцієнтів режиму вібрації, які в них реалізуються. Цей універсальний показник ефективності роботи вібротранспортної установки визначається за наступною формулою [2,8,9]

$$k_p = \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha}, \quad (1)$$

де A – амплітуда коливань робочого органу, м; $\omega = \frac{\pi n}{30}$ – кругова частота коливань робочого органу (змінення величини змушеного зусилля), рад/с (n – частота коливань у кол/хв.); $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння; α – кут нахилу робочого органу до горизонту, град.; β – кут вібрації, град.

Виберемо з табл. 1 середні значення режиму вібрації пристроїв: $A = 3$ мм; $n = 20$ Гц = 1200 кол/хв., звідки $\omega = 125,6$ рад/с. Тоді значення коефіцієнту k_p за формулою (1) становитимуть: для установок МВОК, ОЛВ та ВОК – близько 5, ОВЛ та ОЖВ – 3,5-4. Перша величина представляється занадто великою, адже для забезпечення режиму вібротранспортування з підкиданням частинок вантажу оптимальне значення коефіцієнту режиму вібрації k_p має знаходитися у межах від 1 до 3,3. Для підвищення інтенсивності процесу бажано було б мати його ще більшим, але тут починають сильно зростати динамічні навантаження на підшипникові вузли, які є найвідповідальнішими конструктивними елементами вібраційних приводів інерційного типу [2,8,9]. Крім того, слід відзначити недостатньо велику продуктивність пристрою ОЛВ.

Отже, найбільш раціональні динамічні схеми мають пристрої ОВЛ та ОЖВ. Але, з огляду на те, що перша установка має суттєво більшу масу, беззаперечно перевагу потрібно віддати конструкції ОЖВ. Для зниження коефіцієнту k_p у ній до рекомендованої максимальної величини можна трохи зменшити частоту n або амплітуду A (відповідно до приблизних величин у 18 Гц чи 1080 кол/хв. та 2,5 мм).

Динамічна схема установки ОЖВ показана на рис. 2. Вона має нахилений під кутом 20° до горизонту робочий орган 1 довжиною 4100 мм, що спирається на опорну раму 2 за допомогою амортизаторів 3 і складається з шести поздовжніх лотків півкруглого поперечного перетину загальною шириною 1200 мм. Вібропривод машини закріплений над робочим органом і має вигляд одновального дебалансного вібратора 4 з двома периферійними дебалансами. Вал вібратора отримує крутний момент від електродвигуна 5 через клинопасову передачу 6 і забезпечує кругові коливання робочого

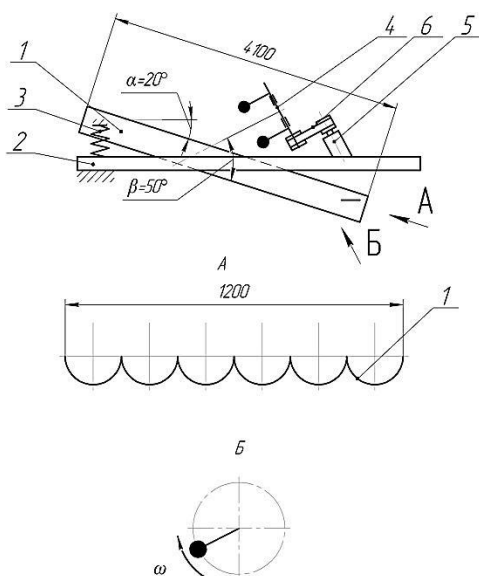


Рис. 2. Динамічна схема установки ОЖВ для віброзміцнювальної обробки сирих окатишів: 1 – орган робочий; 2 – рама опорна; 3 – амортизатори; 4 – вібратор дебалансний; 5 – електродвигун; 6 – передача клинопасова

органу у площі, яка утворює з останнім кут 50° . Завдяки цьому гранули під час поступального пересування від завантажувального кінця робочого органу здійснюють зигзагоподібні рухи у кожному з шести його лотків і знаходяться на них протягом часу, не-обхідного для зміцнення їх поверхневого шару.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отримані результати дають змогу зупинитися на найбільш досконалій конструкції установки для вібраційного поверхневого зміцнення сирих окатишів, провести повномасштабні промислові випробування і на основі їх результатів зробити висновок про доцільність її практичного використання на вітчизняних огрудкувальних виробництвах у технологічному процесі виготовлення залізородних окатишів.

Список літератури

1. **Громадський А.С.** Машини допоміжних процесів переробки руд / **А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.С. Ліфенцов.** – Кривий Ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2012. – 276 с.
2. **Громадський А. С.** Проектування гірничих машин і комплексів для видобутку та переробки руд: Навч. посіб. для студ. вищих і серед. спец. навч. закладів / **А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, О.С. Ліфенцов.** – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2017. – 528 с.
3. **Бережний М.М.** Збагачення та окускування сировини / **М.М. Бережний, В.П. Мовчан.** – Кривий Ріг: 2000. – 365 с.
4. **Маерчак М.** Производство окатышей. Пер. со словацкого / **М. Маерчак.** – М.: Metallurgiya, 1982. – 232 с.
5. **Кожевников И.Ю.** Окускование и основы металлургии / **И.Ю. Кожевников, Б.М. Равич.** – М.: Metallurgiya, 1991. – 304 с.
6. **Іскович-Лотоцький Р.Д.** Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій / **Р.Д. Іскович-Лотоцький, Р.Р. Обертюх, І.В. Севостьянов** // – Вінниця: Універсум, 2006, - 291 с.
7. **Blechman I.I.** Revisiting the models of vibration screening process / **I.I. Blechman, L.I. Blechman, L.A. Vaisberg, K.S. Ivanov.** – Vibroengineering PROCEDIA, 2014, V. 3, PP. 169-174.
8. **Гончаревич И.Ф.** Вибротехника в горном производстве / **И.Ф. Гончаревич.** – М.: Недра, 1992. – 319 с.
9. Вибрации в технике: Справочник. Вибрационные процессы и машины, т. 4 / Под ред. **Э.Э. Лавендела.** - М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.
10. Разработка способов и средств повышения качества окатышей на Центральном ГОКе ГПО «Южруда». Проведение экспериментальных исследований и разработка по их результатам экспериментального образца машины для повышения качества окатышей/Отчет о НИР № 11-191-88/рук. **А.М. Кальницкий.** – Кривой Рог: КГРИ, 1988. – 47 с.
11. Разработка технологии и техники для повышения технического уровня окатышей ЦГОКа / Отчет о НИР № 11-279-89 / рук. **А.М. Кальницкий.** – Кривой Рог: КГРИ, 1990. – 45 с.
12. **Каварма И.И.** Повышение качества сырых окатышей виброупрочнением / В кн.: Разработка рудных месторождений, вып. 74 / **И.И. Каварма, И.В. Кулик.** – Кривой Рог: 2001. – С. 128-131.
13. А.с. СССР № 1678063 «Способ получения сырых окатышей», С22В 1/24, 1992 / **И.И. Каварма, А.М. Кальницкий, В.Ф. Кондратенко, Ю.Г. Горбачев.**
14. А.с. СССР № 1617962 «Линия для производства железородных окатышей», С22В 1/24, 1992 / **И.И. Каварма, А.М. Кальницкий, В.Ф. Кондратенко, Ю.Г. Горбачев, А.Л. Мондрус, В.Н. Кумченко.**
15. **Сорочинська А.Р.** Аналіз вібраційних технологій і техніки підвищення якості окатишів в умовах ЦГЗК / **А.Р. Сорочинська** / Кваліфікаційна робота магістра. Рукопис. – Кривий Ріг: КНУ, 2020. – 86 с.

Рукопис подано до редакції 18.03.24

УДК 658.562.64:622.3

А.А. АЗАРЯН, д-р техн.наук, проф., Криворізький національний університет
О.В. ШВИДКИЙ, інженер-програміст, ТОВ «Рудпромгеофізика»

ПОШУК ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ТА ЗУБОЖІННЯ ПІДРВАНОЇ ГІРСЬКОЇ МАСИ

Мета. Підвищення точності оперативного контролю якості залізородної сировини та зниження втрати руд при видобутку.

Методи дослідження. Безперервний контроль за становищем експлуатаційної свердловини в масиві гірських порід з урахуванням Ейлерового, зенітного та азимутального кутів електронного інклінометра.

Наукова новизна Використання електронного інклінометра у поєднанні з результатами ядерно-фізичного каротажу вибухових свердловин дозволяє оптимізувати просторове положення зонда в гірському масиві із зазначенням точних зенітних та азимутальних кутів, що запобігає переходу датчика в контактну зону.

Практична значимість. Відомо, що вміст корисного компонента гірських порід є важливим параметром при видобутку та переробці мінеральної сировини. Встановлено, що підвищення вмісту корисного компонента на один

Scientific novelty. Justification of the provisions in the development of a methodology for calculating the remaining resource of metal crane runway beams at the stage of fatigue cracks growth, taking into account the level of stress, geometric characteristics, length and width of the crack as well as properties of steel.

Practical significance. The availability of cracks in the elements of metal crane runway beams leads to the impossibility of using them without carrying out repair works, thereby reducing the overall operational safety of the building. Repairing or replacing crane runway beams is associated with halting the technological process and significant economic losses. The proposed methodology for assessing the remaining resource of crane runway beams allows conducting the expertise and evaluation of their technical condition with the possibility of justifying the period of operational condition of the structures before repair or replacement. Accurate determination of the remaining resource will significantly reduce and optimize the costs associated with production downtime. The calculation recommendations can be used to develop optimal solutions during the repair or replacement of structures.

Results. The statistics of damages occurring in the structure of metal crane runway beams and the analysis of development of typical fatigue cracks are provided. An overview of existing methodologies for calculating the fatigue life of structures is conducted. It is established that determining the remaining resource is essentially reduced to determining the service life equal to the crack growth period up to a length not exceeding 1/4 of the length of the section. A comparative analysis between the growth rate of the fatigue crack determined by calculation and the growth rate of the actual fatigue crack in operational structures indicates an acceptable accuracy. The discrepancy in the results lies within 14%.

Keywords: fatigue crack, crane runway beam, remaining resource, growth period.

УДК 622.788

Горбачов Ю.Г., Хруцький А.О., Кривенко О.Ю., Ліфенцов О.С. Вибір раціональної динамічної схеми вібраційного пристрою для попередньої зміцнювальної обробки сирих окатишів

Мета. Метою роботи є підвищення міцності сирих окатишів, які внаслідок недостатньої механічної міцності суттєво руйнуються під час конвеєрного транспортування та численних перевантажувальних операцій на шляху до випалювальної печі. Існує необхідність у попередньому зміцненні сирих окатишів, що сприятиме значному скороченню обсягів утворення дріб'язку, який потрібно знову спрямовувати у процес огрудкування. Це забезпечить підвищення продуктивності усього технологічного ланцюга обладнання та загальні техніко-економічні показники роботи огрудкувального виробництва. Крім того, воно повинно зменшити руйнування гранул під час зміцнювального випалу. Таким чином, тема дослідження безсумнівно важлива та актуальна.

Методи дослідження. Проведені останнім часом у КНУ дослідження дозволили встановити, що поверхнева вібраційна обробка сирих окатишів забезпечує суттєве зміцнення зовнішнього шару гранул, підвищення їх загальної статичної і динамічної міцності, скорочення обсягу утворення дріб'язку. Отримані параметри необхідного режиму вібраційної зміцнювальної обробки, запропоновані можливі конструктивні варіанти пристроїв для їх реалізації. Але потрібно остаточно обґрунтування раціональної динамічної схеми такої машини. З огляду на це, зроблено висновок про доцільність проведення порівняльного аналізу запропонованих динамічних схем для виявлення найбільш досконалої.

Наукова новизна. Обґрунтовано найбільш досконалу динамічну схему установки для вібраційного поверхневого зміцнення сирих окатишів на основі порівняльного аналізу різних варіантів її реалізації з точки зору найбільш ефективного динамічного впливу на гранули.

Практична значимість. Практичне використання запропонованого конструктивного рішення пристрою дасть можливість підвищити міцність сирих окатишів безпосередньо після сходу їх з огрудкувального обладнання, що має забезпечити зниження ймовірності руйнування гранул на шляху їх транспортування до випалювальної машини та під час самого випалу. Це повинно суттєво скоротити відсоток некондиційного дріб'язку у готовому продукту.

Результати. Обґрунтовано та запропоновано раціональне технічне рішення для вирішення актуального питання попереднього підвищення міцності сирих окатишів за допомогою поверхневої вібраційної обробки гранул.

Ключові слова: технологічний процес огрудкування залізорудної сировини, недостатня міцність сирих окатишів, поверхнєве зміцнення гранул, вібраційні пристрої для обробки сирих окатишів, обґрунтування раціональної динамічної схеми віброзміцнювальної установки.

Horbachov Yu., Khrutskiy A., Krivenko O., Lifientsov A. Choice of a rational dynamic scheme of a vibrating device for preliminary strengthening of green pellets

Goal. The purpose of the work is to increase the strength of green pellets, which, due to insufficient mechanical strength, are significantly destroyed during conveyor transportation and numerous transshipment operations on the way to the roaster. There is a need for preliminary strengthening of green pellets, which will contribute to a significant reduction in the amount of fines that must be re-directed again to pelletization. This will ensure an increase in the productivity of the entire technological chain of equipment and the general technical and economic indicators of the work of the pelletizing facilities. In addition, it is to reduce destruction of granules during roasting. Thus, the research topic is undoubtedly important and relevant.

Research methods. Recent studies conducted at KNU have established that the surface vibration treatment of green pellets provides a significant strengthening of the outer layer of granules, an increase in their overall static and dynamic strength, and a reduction in the volume of fine particles. The parameters of the required mode of vibration strengthening are obtained, possible constructive options of devices for their implementation are proposed. But a final justification of the rational dynamic scheme of such a machine is still required. Therefore, a conclusion was made about expediency of conducting a comparative analysis of the proposed dynamic schemes to identify the best one.

Scientific novelty. The most perfect dynamic scheme of the installation for vibrational surface strengthening of green pellets is substantiated on the basis of a comparative analysis of various options for its implementation in terms of the most effective dynamic impact on the granules.

Practical significance. The practical use of the proposed design solution of the device will make it possible to increase the strength of green pellets immediately after they leave the pelletizing equipment, which is to ensure a decrease in the probab-

ity of the pellets breaking on their way the roaster and during roasting. This will significantly reduce the percentage of sub-standard fines in the finished product.

Results. A rational technical solution for solving the urgent issue of preliminary increase in strength of green pellets with the help of surface vibration treatment of granules is substantiated and proposed.

Keywords: technological process of pelletizing iron ore raw materials, insufficient strength of green pellets, surface strengthening of pellets, vibrating devices for processing green pellets, substantiation of a rational dynamic scheme of a vibration strengthening installation.

УДК 658.562.64:622.3

Азарян А.А., Швидкий О.В. Пошук шляхів зниження втрат та зубожіння підірваної гірської маси

Мета. Підвищення точності оперативного контролю якості залізородної сировини та зниження втрати руд при видобутку.

Метод дослідження. Безперервний контроль за становищем експлуатаційної свердловини в масиві гірських порід з урахуванням Ейлерового, зенітного та азимутального кутів електронного інклінометра.

Наукова новизна. Використання електронного інклінометра у поєднанні з результатами ядерно-фізичного каротажу вибухових свердловин дозволяє оптимізувати просторове положення зонда в гірському масиві із зазначенням точних зенітних та азимутальних кутів, що запобігає переходу датчика в контактну зону.

Практична значимість. Відомо, що вміст корисного компонента гірських порід є важливим параметром при видобутку та переробці мінеральної сировини. Встановлено, що підвищення вмісту корисного компонента на один відсоток збільшує продуктивність доменної печі, при цьому витрата коксу знижується до трьох відсотків. Використання електронного інклінометра дозволить знизити втрати руд і підвищити вміст підірваної гірської маси.

Запобігання переходу як каротажного зонда, так і електронного інклінометра в контактну зону «руда-порода», дає можливість виключити змішування рудного та породного масиву гірських порід, що дозволяє зберегти середній вміст корисного компонента в масиві.

Результати. При видобутку залізородної сировини втрати руд із середнім вмістом заліза до 57% складають сьому частину від загального обсягу. Одним з ефективних методів вирішення проблеми втрат та зубожіння підірваної гірської маси є використання електронного інклінометра. Інклінометрія з використанням електронного інклінометра дозволяє: визначити поточне положення забою свердловини; графічно, в режимі реального часу відобразити траєкторію свердловини; планувати напрямок свердловини; забезпечити інформацією про орієнтацію інших свердловинних інструментів, більш точно розрахувати залягання різних формацій для побудови геологічних карт. Інформація отримана від інклінометра та каротажного зонда, дозволяє розробляти трьохвимірні моделі рудного масиву, що дає змогу прогнозувати якісно-кількісні параметри підірваної рудної маси та визначити кількість відхилених експлуатаційних свердловин.

Ключові слова: оперативний контроль, каротаж, зенітний кут, Ейлерові кути, початкові установки, вихідні дані, електронний інклінометр, азимутальний кут.

Azaryan A.A., Shvydkyi O.V. Search for ways to reduce losses and dilution of blasted rock mass

Purpose. Increasing the accuracy of operational control of the quality of iron ore raw materials and reducing ore losses during extraction.

Research methods. Continuous monitoring of the state of the operational boreholes in the rock massif, taking into account the Euler, zenith and azimuth angles of the electronic inclinometer.

Scientific novelty. The use of an electronic inclinometer in combination with the results of nuclear-physical logging of blastholes allows optimization of the spatial position of the probe in the rock massif with indication of exact zenith and azimuth angles, which prevents the sensor from moving into the contact zone.

Practical significance. The useful component of rocks is known to be an important parameter in mining and processing mineral raw materials. It is found that increasing the content of the useful component by one percent increases productivity of the blast furnace, while coke consumption decreases to three percent. The use of an electronic inclinometer will reduce ore losses and increase the content of the blasted rock mass. Preventing the transition of both the logging probe and the electronic inclinometer to the "ore-rock" contact zone makes it possible to exclude the mixing of ore and rock masses, which allows preserving the average content of the useful component in the massif.

Results. When extracting iron ore raw materials, losses of ore with an average iron content of up to 57% make up one seventh of the total volume. One of the effective methods of solving the problem of the blasted mass losses and dilution is the use of an electronic inclinometer. Inclinometry with an electronic inclinometer allows: determining the current position of the borehole bottom; displaying the trajectory of the borehole graphically, in real time; planning the direction of the borehole; providing information on orientation of other borehole tools, calculating occurrence of various formations for geological mapping more accurately. The information obtained from the inclinometer and the logging probe allows for development of three-dimensional models of the ore massif, which makes it possible to predict the qualitative and quantitative parameters of the blasted ore mass and to determine the number of deviated operational boreholes.

Key words: operational control, logging, zenith angle, Euler angles, initial settings, input data, electronic inclinometer, azimuth angle.

УДК 658:338:334.012.5

Шахно А.Ю., Мамедова А.А. Основні аспекти формування адаптаційного потенціалу підприємств та організацій в умовах невизначеності

Мета. Метою даної статті є визначення сутності економічної категорії «адаптаційний потенціал» та його складових, обґрунтування впливу макрочинників на формування адаптаційного потенціалу та розробка комплексу заходів для ефективного формування адаптаційного потенціалу підприємств та організацій в умовах невизначеності.

Методи дослідження. Результати і наукові положення отримані з використанням певних методів: узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного й логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичного, порівняння й аналогії, табличного тощо.

Наукова новизна. В ході дослідження представлено авторський підхід до визначення категорії «адаптаційний потенціал організації»; розкриті складові сегменти потенціалу підприємства, сума реакції яких формує адаптаційну від-

Збірник наукових праць

В і с н и к

Криворізького національного університету

Випуск 58

Комп'ютерний набір, верстка

Підпригора Н.П.

Підписано до друку 26.04.24 за рекомендацією Вченої Ради
Криворізького національного університету, протокол № 10 від 23.04.2024 року

Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 21,86 Тираж 100 прим.

Замовл. № 10. Укр., англ.

Надруковано:

ФОП Сінельников Дмитро Анатолійович

Свідоцтво ДК № 6780 від 29.05.2019р.

50027, м. Кривий Ріг,

пр. Металургів, 30/49

тел. (067)773-37-17

Адреса видавництва:

вул. Віталія Матусевича, 11, Кривий Ріг, 50027

Криворізький національний університет, 2024.

Вип. 58, С. 3-188