

В. Й. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.,

І. В. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., М. І. ШЕПЕЛЕНКО, асист.

Навчально-науковий технологічний інститут Державного університету економіки та технологій  
О.І. КИТАЧ, дир., О. І. БАРАНОВА, викл.

ВСП Криворізький технічний фаховий коледж УДУНТ

## ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ «РОТОРНИЙ ЗМІШУВАЧ-КОНВЕЄР» В УМОВАХ ПАТ «ЦГЗК» НА ДІЛЯНЦІ ОГРУДКУВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ШИХТИ

**Мета.** Метою досліджень була оцінка ефективності використання технічної системи в процесі підготовки суміші для отримання окатишів в діючій технологічній схемі фабрики огрудкування, а також визначення її енергосилових параметрів.

**Методи.** Методика досліджень даної праці включала визначення вмісту некондиційних фракцій окатишів в залежності від застосування обладнання, а також виміри енергосилових витрат кожної секції роторного змішувача встановленого над конвеєрної стрічкою в холостому ході та під навантаженням при переміщенні матеріалу за технологічною схемою виробництва окатишів фабрики огрудкування ПАТ «ЦГЗК» (м. Кривий Ріг), а також потужність привода конвеєра.

**Наукова новизна** полягає в тому, що використання удосконаленої технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» дозволяє підвищити якість підготовки окатишів до спікання за рахунок зменшення некондиційної частки окатишів перед завантаженням їх в машину випалу. Окрім цього визначено енергосилові витрати роботи роторного змішувача в холостому ході, які становлять 3,9 кВт та під навантаженням 15,4 кВт. Порівнюючи отримані результати промислових випробувань з результатами розрахунків встановлено, що різниця між ними при роботі змішувача в холостому ході відрізняється не більше чим на 3%, а під навантаженням не більш ніж 10%. Також визначена потужність привода конвеєра при його роботі без змішувача та з ним, під вібраційним впливом та без нього. Встановлено, що потужність привода конвеєра при роботі зі змішувачем та з застосуванням ексцентричних роликкоопор збільшується на 8%, але таке підвищення допустиме так як привод не завантажено на 20%.

**Практична значимість.** В статті наведено принципову технологічну схему підготовки сировини для отримання якісних окатишів в умовах ПАТ «ЦГЗК» (Кривий Ріг). Представлені реальні показники енергетичних витрат запропонованого обладнання в холостому ході та під навантаженням.

**Результати.** В результаті дослідження визначено ефективність застосованої технологічної схеми, яка оцінювалась по класу сирих окатишів 0,10 на конвеєрі повернення встановленого під роликковим укладачем, а також визначено основні енергозатратні затрати вузлів технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» в реальних промислових умовах.

**Ключові слова:** змішувач, матеріал, огрудкування, робочий орган, окатиш, змішувач, система, конвеєр.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-114-118

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Діяльність сучасного суб'єкта гірничо-металургійної галузі характеризується детермінованими результатами, які чітко та ясно визначають цільові риси функціонування такого суб'єкта та характеризують отримані результати його діяльності.

Системи змішування, огрудкування при виробництві окатишів є важливою складовою і умовою функціонування гірничо-збагачувальних комбінатів. Вищезгадані системи складають основу структури, яка відповідає рівню розвитку технічної й технологічної оснащеності в гірничо-металургійній галузі. Важливою складовою для кожної системи є якісна підготовка шихти до спікання.

В період досліджень при підготовці шихти до спікання спостерігається високий вміст повернення (некондиційної фракції), що не давав можливості підвищити якість її підготовки.

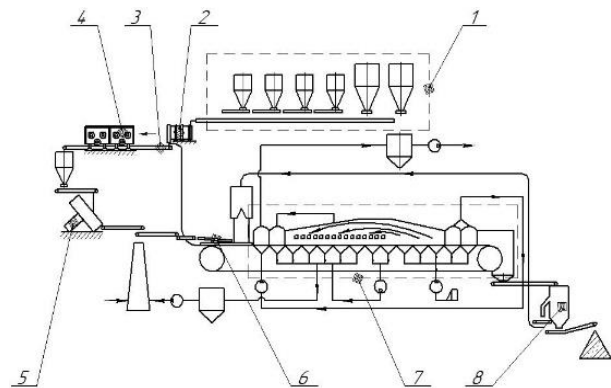
**Аналіз досліджень і публікацій.** Аналіз літературних надбань провідних вітчизняних та закордонних вчених [1-5] показує, що, враховуючи проблеми сьогодення в питаннях підготовки металургійної шихти (в особливості змішування) існує потреба вдосконалення та повсякчасного розвитку або розробки принципово нових загально інженерних й технічних рішень, які спрямовані на створення або удосконалення існуючого обладнання, яке б відповідало науково-технічному рівню з урахуванням останніх досягнень науки та техніки у гірничо-металургійній галузі.

Дослідження, якому присвячена дана праця, було спрямоване на визначення якості підготовки суміші для отримання якісних окатишів та перевірку наведеної в роботах [6, 7] методики визначення енергосилових параметрів технічної системи «роторний змішувач-конвеєр».

**Постановка завдання.** Як згадувалось вище, постає необхідність проведення додаткових промислових випробувань, які стосуються удосконаленої технологічної схеми виробництва окатишів та визначення її основних технологічних та технічних показників.

**Викладення матеріалу та результати.** Промислові дослідження проводилися на фабриці огрудкування Центрального гірничо-збагачувального комбінату (м. Кривий Ріг) на ділянці підготовки шихтових матеріалів за технологічною схемою наведеною на рис. 1 та має наступний принцип дії: шихтовий матеріал з бункерів 1 транспортується в барабанний змішувач 2, далі він поступає на магістральний конвеєр 3, над яким встановлено роторний змішувач типу СР-620×1,4-4 позиція 4 виробництва «КВМШ плюс, як показано на фото (рис. 2), технічна характеристика котрих наведена в табл. 1. Після змішування матеріалу на магістральному конвеєрі він поступає на огрудкування 5 для утворення сирих окатишів.

**Рис. 1.** Удосконалена технологічна схема виробництва окатишів: 1 – складання шихти; 2 – барабанний змішувач; 3 – магістральний конвеєр; 4 – роторний змішувач; 5 – огрудковувач; 6 – роликівий укладач; 7 – машина для спікання; 8 – сортування готового продукту



Далі сирі грудки розподіляються роликівим укладачем на верхній клас – плюс 10 мм, який надходить до машини спікання 7, а нижній клас – мінус 10 мм (некондиційний), повертається до технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» 4. Остаточо після спікання готові окатиші транспортуються з печі, охолоджуються продувкою та надходять на дільницю сортування 8, де відсівається некондиційний клас 0 – 5 мм.



**Рис. 2.** Фото технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» встановленої на ПАТ «ЦГЗК»

Таблиця 1

Технічні характеристики роторних змішувачів з гнучким тросовим та лопатевим роторами

Тип (варіанти виконання)	СР-520×0,8	СР-520×1,0	СР-520×1,2	СР-620×1,4
Ширина стрічки конвеєра, м	0,8	1	1,2	1,4
Продуктивність змішувача, т/г	250	500	800	1200
Кількість секцій, шт	2, 3, 4	2, 3, 4	2, 3, 4	2, 3, 4
Кількість роторів, шт	4, 6, 8	4, 6, 8	4, 6, 8	4, 6, 8
Діаметр ротора, мм	520	520	520	520
Потужність привода, кВт	15-22,5-30	22-33-44	30-45-60	37-55,5-74
Маса змішувача, т	3,8-5,3-6,8	4-5,5-7	4,2-5,8-7,3	4,4-6-7,5

Методика проведення промислових випробувань та отримані результати досліджень. Для визначення використання підготовки окатишів для спікання на кожному магістральному конве-

єрі було встановлено по змішувачу типу СР-620×1,4-4, де на одному з низ у робочій зоні змішування шихтового матеріалу використовувались конвеєрні роликові опори з примусовим дисбалансом шляхом встановлення додаткової полуобічайки, як показано на рис. 3.

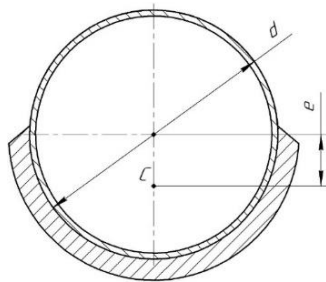


Рис. 3. Переріз профілю удосконаленого ролику»

Такий конструктив застосованої роликової опори дозволив, в робочій зоні переміщення і змішування матеріалу, отримати вібраційне прискорення яке дорівнювало  $15,5 \text{ м/с}^2$ , яке розраховувалось за формулою

$$a = A\omega^2,$$

де  $A$  – амплітуда коливання ролика, мм

$$A = \frac{me}{M},$$

де  $m$  – маса ролика, кг;  $M$  – маса осередку конвеєрної стрічки й матеріалу над роликовою опорою, кг;  $e$  – ексцентриситет роликової опори, м;  $\omega$  – частота коливань ролика,  $\text{с}^{-1}$

$$\omega = \frac{2V}{d}, \quad (3)$$

де  $V$  – лінійна швидкість конвеєрної стрічки;  $d$  – діаметр ролика.

Ефективність застосованої технологічної схеми оцінювалась по класу 0...10 мм сирих окатишів на конвеєрі повернення, встановленого під роликовим укладачем без роторного змішувача та з ним (з надаванням вібраційного впливу та без нього).

На діаграмі (рис. 4) наведені середні показники в відсотках змісту некондиційної частки сирих окатишів після проходження роликового укладача.

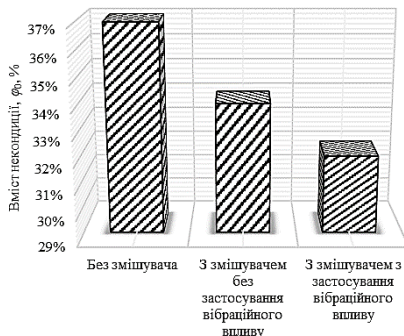


Рис. 4 Середні показники вмісту некондиційних сирих окатишів в залежності від застосованого обладнання

З отриманих даних видно, що застосування роторного змішувача в удосконаленій технологічній схемі підготовки окатишів до спікання дозволяє не менш як на 2,5% знизити вміст некондиційного класу по сирим окатишам без вібраційного впливу на матеріал та на 3,8% з ним.

При визначенні ефективності підготовки суміші з вібраційним впливом і без нього одночасно проводились заміри потужності привода конвеєра встановленого під роторним змішувачем. Визначення його енергосилових параметрів також як і в випадку вимірів потужності привода секції роторного змішувача здійснювалась шляхом застосування вимірювального комплексу К50. В табл. 2 наведені отримані дані потужності привода конвеєра при його роботі без змішувача та з ним, під дією вібраційного впливу та без нього. З цих даних видно, що максимальна потужність привода конвеєра при роботі зі змішувачем й вібраційним впливом на конвеєрну стрічку збільшується на 10 кВт та становить 128 кВт, що не є критичним, так як його встановлена потужність більше й дорівнює 160 кВт.

Таблиця 2

Потужність привода роторного змішувача

Виміри	Секції по ходу руху матеріалу на конвеєрній стрічці				Розрахована потужність, кВт
	I	II	III	IV	
В холостому ході	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9
Під навантаженням	14,4	14,0	13,8	13,8	15,4

Окрім цього для перевірки теоретичних досліджень пов'язаних з розрахунками енерговитрат змішувача були проведені заміри фактичної потужності встановлених двигунів на кожній секції впровадженого устаткування.

Енергосилові витрати вимірялись для кожної секції змішувача в холостому ході та під дією навантаження в процесі переміщення матеріалу. В якості показника енерговитрат кожної секції вимірялась потужність її привода з застосуванням вимірювального комплексу К-50.

В таблиці 3 наведені отримані дані потужності привода кожної секції роторного змішувача та показники, які були розраховані за розробленою методикою в [5, 6].

Таблиця 3

Потужність привода конвеєра

Виміри	Визначена потужність, кВт
Під навантаженням без технічної системи	118
Під навантаженням з технічною системою без вібраційного впливу	121
Під навантаженням з технічною системою з вібраційним впливом	128

З отриманих результатів видно, що потужність приводів в робочому режимі не перевищує максимальних значень згідно їх характеристик в табл 3 й зменшується від секції до секції під дією навантаження, що на наш погляд обумовлено впливом первинної дії розпушення шару матеріалу на перших приймальних трасових елементах.

В холостому ході вона практично однакова для всіх секцій змішувача і не перевищує 3,9 кВт. Порівнюючи отримані результати промислових випробувань потужності з результатами розрахунків видно, що різниця між ними при роботі змішувача в холостому ході відрізняється не більше чим на 3%, а під навантаженням не більш ніж 10 %.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** В ході промислових досліджень отримано наступні результати: розроблені методики оцінки ефективності роботи системи «роторний змішувач-конвеєр», а також визначення енергосилових параметрів роторного змішувача та конвеєра. Дослідженнями встановлено, що застосування роторного змішувача в удосконаленій технологічній схемі підготовки окатишів до спікання дозволяє не менш як на 2,5% знизити вміст некондиційного класу по сирим окатишам без вібраційного впливу на матеріал та на 3,8% з ним. Також визначено енергосилові витрати роботи роторного змішувача в холостому ході, які становлять 3,9 кВт та під навантаженням 15,4 кВт й потужність привода конвеєра, яка становить 128 кВт, що складає збільшення на 8% й не є критичним так як встановлена потужність дорівнює 160 кВт. Порівнюючи результати енергетичних витрат отриманих з промислових випробувань, з результатами теоретичних розрахунків встановлено, що різниця між ними при роботі змішувача в холостому ході відрізняється не більше чим на 3%, а під навантаженням не більш ніж 10 %.

#### Список літератури

1. Федосенков Б. А. Разработка технологических способов и исследование процесса приготовления сухих пищевых композиций в смесительных агрегатах непрерывного действия: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Кемерово.: 1996. 17 с.
2. Швед С.В. Оценка надежности портального смесителя-гомогенизатора на основе расчета износа рабочего органа. / С.В. Швед, Д.В. Пополов, И.В. Засельский. *Металлург. и горноруд. пром-сть*. 2015. № 7. С. 57-61.
3. Большаков В.И. Расчет металлургических машин. Оборудование обжиговых и агломерационных цехов / В. И. Большаков, А.Д. Учитель, В.И. Засельский, Д.В. Пополов, С.А. Учитель, В. В. Коноваленко. – Кривой Рог. – 2012. – 336 с.
4. Учитель А.Д. Determination of technological and power parameters of mixer-homogenizer / A.D. Uchitel, D.V. Popolov, I. V. Zasel'skiy // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2016. – № 1. – P. 158-162.
5. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье К.: Техника, 1975. 168 С.
6. Засельський В.Й. Алгоритм розрахунку енергосилових витрат технічної системи «роторний змішувач-конвеєр» / В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, І.В. Засельський, М.І. Шепеленко. *Вісник КНУ*. Випуск 51. – Кривий Ріг. – 2020р. – с.24-29.
7. Засельський В.Й. Алгоритм визначення енергосилових параметрів роторного змішувача / В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, М.І. Шепеленко. *Збірник матеріалів Всеукраїнської конференції молодих вчених "Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку"* (17 грудня 2020., м.Дніпро, Україна). - Дніпро. - 2020. - с. 67-71.
8. Лукашин Н.Д. Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов./ Н.Д. Лукашин, Л.С. Кохан, А.М. Якушев. *Академикна. 2003. 456 с.*
9. Leont'ev L.I. Manufacture of steel and ferroalloys in the world / L.I. Leont'ev, L.A. Smirnov, V.I. Zhuchkov, V.Ya. Dashevskii, *Elektrometallurgiya*, No. 2, 2-9 (2008).
10. Artiukh V. Use of CAE-Systems at Evaluation of Shock Absorbers for Metallurgical Equipment / V. Artiukh, T. Raimberdiyev, V. Mazur *MATEC Web of Conferences*. Volume 53, 2016. International Scientific Conference Week of Science in SPbPU – Civil Engineering (SPbWOSCE-2015).