

во структурований комплекс показників і критеріїв, що, з одного боку, визначають у своїй єдності загальний, локальний та частковий рівні фінансово-економічного розвитку підприємства на певний момент часу (або на певний короткий період), а з іншого боку надають можливість порівняльної характеристики фінансово-економічного стану підприємства.

Аналогічним чином визначаються і такі поняття як «економічний стан підприємства», «оцінка економічного стану підприємства», «фінансово-економічний стан підприємства», «оцінка фінансово-економічного стану підприємства», «фінансова безпека підприємства», «економічна безпека підприємства», «фінансово-економічна безпека підприємства» тощо (у них використовуються відповідно терміни «економічний» і «фінансово-економічний» розвиток підприємства).

Висновок та напрямок подальших досліджень. Таким чином, представлений вище матеріал дозволяє більш глибоко й системно підійти до дослідження та оцінки таких важливих видів діяльності підприємства, як фінансова, економічна і фінансово-економічна.

Список літератури

1. Турило А.М., Корнух О.В., Турило А.А. Трансформація : характерні риси, вимоги до менеджменту корпорації та методологія оцінки. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2018. Вип.46. С.191-195.
2. Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В. Удосконалення системи і класифікації фінансово-економічних показників, як чинник забезпечення ефективного менеджменту, обґрунтованої оцінки потенціалу та якісного розвитку підприємства. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2022. № 54. С. 16-22.
3. Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В., Короленко С.М. Стратегія розвитку, корпоративне управління і людський капітал відносно економічної стратегії, економічної девіації і фінансово-економічної безпеки в діяльності підприємства. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2022. № 54. С. 109-114.
4. Турило А.А. Основи управління інноваційним розвитком підприємства : монографія. Кривий Ріг, 2017. 307 с.
5. Турило А.М., Турило А.А. Нова концепція ефективності : навч. посіб. Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2021. 132 с.
6. Бланк І.О. Фінансовий менеджмент : навч. курс. К.: Ніка-центр. 2004. 656 с.
7. Брігхем Ю., Ерхард М. Фінансовий менеджмент: підруч. пер. з англ. вид-во: Пітер, 2009. 960 с.
8. Васьківська К.В., Сич О.А. Фінансовий менеджмент : навч. посіб. Львів : Галич-Прес, 2017. 236 с.
9. Джеймс Ван Хорн, Джон Вахович. Основи фінансового менеджменту: підруч. пер. з англ. вид-во: І.Д. Вільямс, 2010. 1232 с.
10. Ситник Н.С., Смолінська С.Д., Ясіновська І.Ф. Фінанси підприємств: навч. посіб. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 402 с.

УДК 669.162:669.013

О.С. ВОДЕННИКОВА, канд. техн. наук, доц., Запорізький національний університет
С.А. ВОДЕННИКОВ, д-р техн. наук, проф., Національний університет «Запорізька політехніка»
Я.В. БОНДАРЕНКО, здобувач, Запорізький національний університет

АНАЛІЗ ЗАХОДІВ З МОДЕРНІЗАЦІЇ СПІКАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ФАБРИКИ ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Мета. Метою роботи є оцінка впливу вдосконалення технології спікання агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на підвищення якості агломерату для подальшого використання у доменному виробництві.

Методи досліджень. Дослідження хімічного складу компонентів агломераційної шихти та готового агломерату проводили за допомогою хімічного аналізу. Визначення гранулометричного складу компонентів шихти проводили методом розсіювання згідно з ДСТУ ISO 4701:2019. Визначення вмісту загального заліза проводили згідно з ДСТУ 8811.1:2018. Вологість компонентів агломераційної шихти визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-250:2011. Міцність агломерату визначали механічним методом згідно з ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Температуру агломерату, що спікається, визначали за допомогою вольфрам-молібденової термпарі. Обробку експериментальних даних співвідношення температури повітря в зоні спікання від температури агломерату, що спікається, проводили в програмі Excel.

Наукова новизна. Показані можливості збільшення продуктивності агломераційного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» з 3,95 до 5,6 млн.т/рік агломерату за рахунок модернізації спікального відділення, зокрема капітального ремонту агломераційної машини №7, використання резервів існуючої технології спікання агломерату та обладнання: встановлення нового інтенсивного змішувача, піддозування твердого палива, застосування двостадійного грохочення, вдосконалення зони охолодження, вдосконалення процесу газоочищення технологічних газів та аспірації основних вузлів пиловидалення.

Практичне значення. Результати пошуку заходів з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики

ки ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» можуть бути корисними при плануванні модернізації агломераційних фабрик провідних металургійних підприємств України (наприклад, при капітальному ремонті агломераційних машин ПАТ «Запоріжсталь»).

Результати. Запропоновано заходи з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», які дозволяють підвищити продуктивність агломераційної машини №7 до 933,372 тис.т/рік агломерату, знизити вміст дрібниці в агломераті до 8 %, знизити витрату твердого палива до 20 % та збільшити термін експлуатації устаткування – роторів ексгаустера та спікальних візків з колосниками.

Ключові слова: агломерат, агломераційна машина, агломераційна фабрика, екологічна модернізація, спікальне відділення, технологія спікання агломерату.

doi: :10.31721/2306-5451-2022-1-55-49-58

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сьогодні в м. Кам'янське назріває необхідність відновлення комплексу з виробництва агломерату шляхом модернізації агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» (раніше ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат»), який входить до Групи Метінвест. Зокрема постає питання збільшення продуктивності агломераційних машин (а саме машин №7-12), підвищення якості агломерату, модернізації системи газоочищення, що в свою чергу вплине на підвищення екологічних показників роботи агломераційного цеху.

Слід зазначити, що існуюча на сьогодні технологія виробництва офлюсованого агломерату на ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» та технологічне обладнання не забезпечують вимоги виробництва за обсягом і якістю агломерату, що в свою чергу призводить до перевитрат коксу та зниження продуктивності виробництва чавуна. Безпосередньо треба виділити наступні технічні та технологічні недоліки при застосуванні поточної технології спікання агломерату в умовах агломераційного цеху №2:

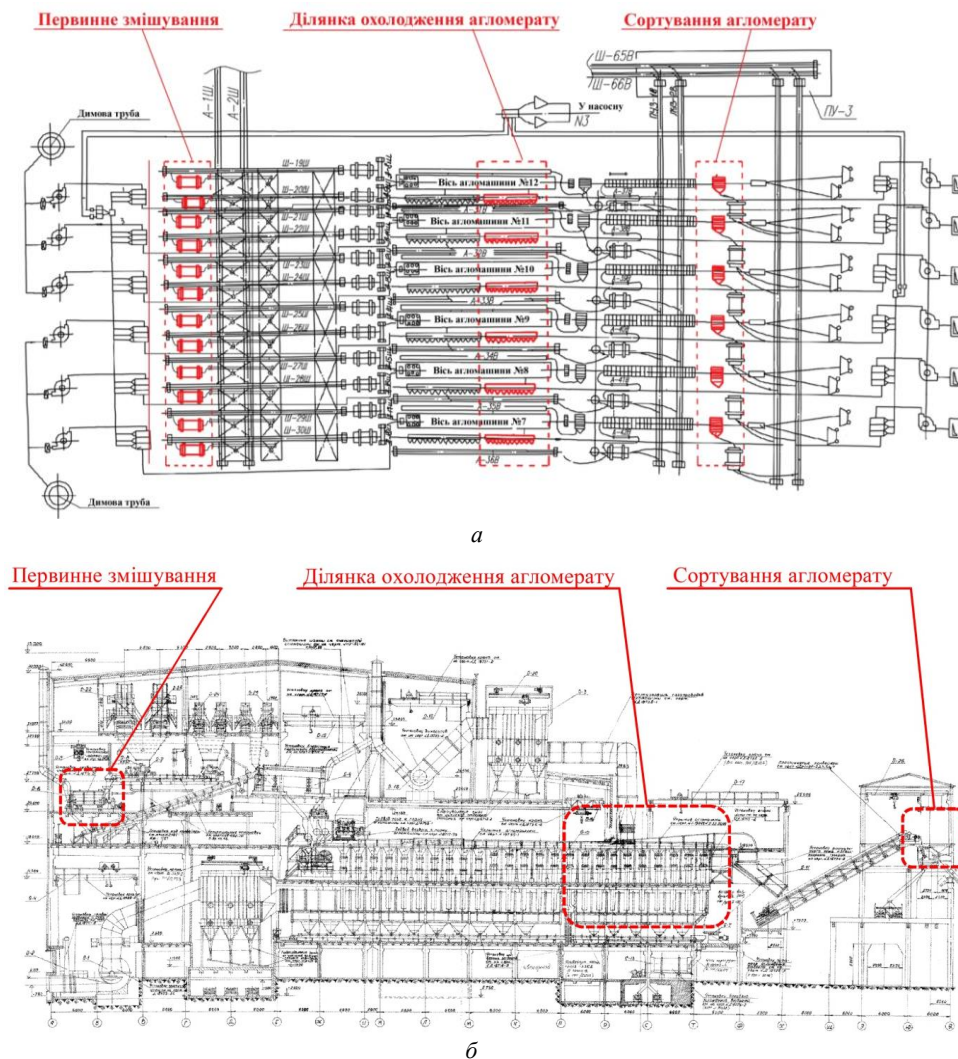


Рис. 1. Поточний стан обладнання агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»: а – первинна схема ланцюга апаратів; б – виробничі ділянки агломераційного цеху, які частково або повністю виведені з експлуатації

відсутність обладнання з первинного змішування (рис. 1) і гранулювання шихти, що призводить до зниження ступеня змішування і огрудкування, та, як наслідок, до погіршення якості шихти і втрати продуктивності агломераційних машин;

вимушене використання частини площі охолодження на спікання, що призвело до незадовільної роботи зони охолодження і підвищення температури спека перед сортуванням до 700 °С; це обумовило заміну віброгрохоту на стаціонарні ґратки. Сортування агломерату на стаціонарних ґратках, розмір щілин в яких перевищує 5 мм, призводить до потрапляння у повернення придатного агломерату, знижуючи тим самим його вихід, і вимагає додаткової витрати палива на його повторне спікання. Застосування даного обладнання також не забезпечує ефективне видалення дрібниці, фракція < 5 мм в готовому агломераті перевищує 14 %;

збільшення кількості повернення в шихті більше 30 % не дає приросту виробництва, у зв'язку з чим загальні втрати не будуть компенсовані;

існуюче обладнання газоочищення агломераційних машин не забезпечує виконання діючих норм щодо викидів і призводить до забруднення навколишнього середовища.

Саме тому на агломераційній фабриці ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» стає актуальною та своєчасною модернізація спікального відділення, зокрема капітального ремонту агломераційної машини №7, використання резервів існуючої технології спікання агломерату та обладнання (рис. 2): встановлення нового інтенсивного змішувача, піддозування твердого палива, застосування двостадійного грохочення, вдосконалення зони охолодження, вдосконалення процесу газоочищення технологічних газів та аспірації основних вузлів пиловидалення.

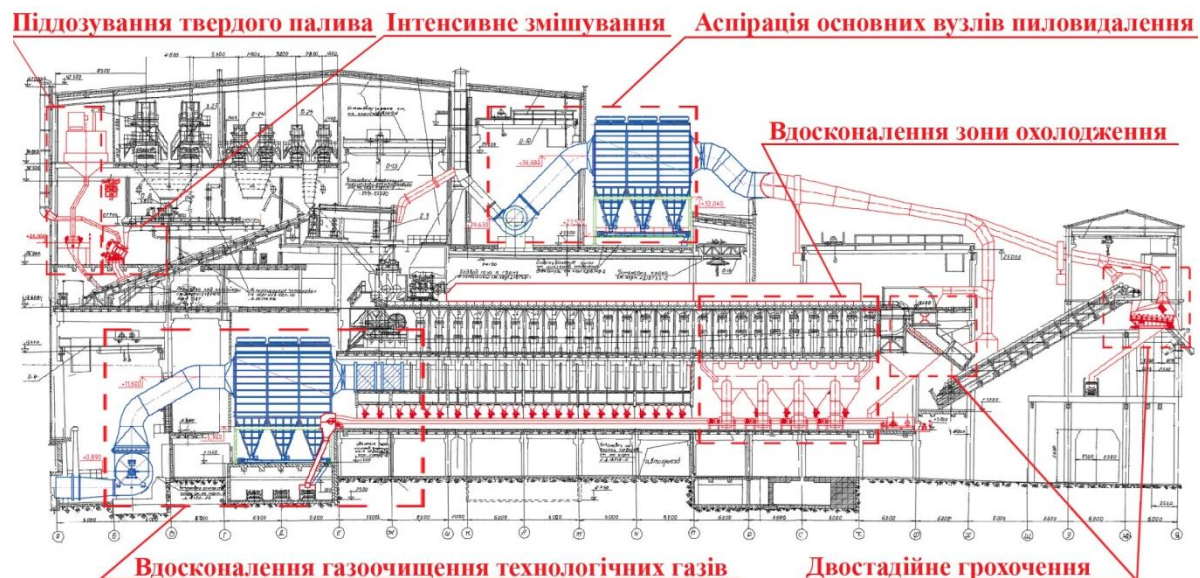


Рис. 2. Резерви модернізації агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо, що умовою високої продуктивності доменного процесу служить використання окускованої сировини, найбільш поширеним різновидом якої є залізорудний агломерат [1]. На формування фізичних та фізико-хімічних характеристик готового агломерату впливають хімічний та гранулометричний склад компонентів агломераційної шихти, процес підготовки шихти, процес протікання окислювально-відновлювальних реакцій під час спікання агломерату, контактні взаємодії на межі розділу «тверде-рідке» та хімічно-мінералогічні перетворення у твердій та рідкій фазах [2].

На сьогодні відомі різні технічні рішення, що забезпечують підвищення продуктивності та якості агломерату: комбінований нагрів спека, термічна обробка агломерату, виробництво агломерату різної основності, добавка у шихту різних матеріалів, що в'яжуть, раціональний розподіл за висотою шару, попереднє стабілізуюче руйнування та інші. При цьому найбільш ефективним способом підвищення продуктивності агрегату вважається збільшення висоти шару, що спікається [3]. Зокрема збільшення шару дозволяє підвищити міцність спека та домогтися зниження витрати твердого палива. Наприклад зміною висоти шару з 240 до 310 мм та зменшенням витрати твердого палива в шихту на 8 % отримують у нижніх горизонтах шару надли-

шок тепла, який сприяє збільшенню вмісту закису заліза [4]. Безпосередньо на українських металургійних підприємствах використовується технологія спікання агломерату основністю 1,6 з застосуванням у якості шихтових матеріалів замість залізородного концентрату залізної руди родовища ПрАТ «Суша Балка», яка містить оксид алюмінію та оксид магнію [5].

Розглядаючи сучасні аспекти підвищення конкурентоспроможності агломераційного виробництва слід виділити: будівництво агломераційних фабрик нового покоління з сучасними агломераційними машинами; проведення капітального ремонту та модернізації основних фондів агломераційного виробництва; використання автоматизованих системи управління технологічним процесом та станом основних фондів; застосування енергозберігаючих технологій спікання агломерату та інші [6].

Так на металургійних підприємствах України відбувається екологічна модернізація, яка охоплює і агломераційне виробництво. Екологічна модернізація направлена на модернізацію виробництва для зменшення викидів, економії ресурсів та підвищення енергоефективності [7].

Наприклад, в умовах ПрАТ «Дніпровський коксохімічний завод» (зараз ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ») для збільшення обсягу виробництва агломерату до 550 т/добу в ході капітального ремонту агломераційної машини №11 планувалося [8, 9]:

- замінити блоки та направляючі апаратів мультициклону,
- замінити футеровки стаціонарного та перекидного жолобів,
- замінити на нові барабан-окомкувач, барабан гасіння та барабан охолодження,
- замінити відкриті зубчасті передачі, газовідведення, вакуум-камери та інше обладнання,
- відремонтувати несучі металоконструкції,
- для зменшення енерговитрат встановити тиристорні перетворювачі.

Також ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» виконав капітальний ремонт барабанів агломераційної машини №8 під час вимушеної зупинки агрегату. Зокрема було виконано капітальний ремонт барабана гасіння та заміну барабана-окомкувача агломераційної машини. У барабані гасіння замінили внутрішню броню та спіралі, розвантажувальну частину тіла бочки агрегату. Також замінені опорні та завзяті ролики, редуктор та приводний вал. Змонтовано нові завантажувальні пристрої конвеєрів та відремонтовано металоконструкції розвантажувального пристрою. Барабан-окомкувач повністю замінений на новий із посиленими металоконструкціями через відпрацювання терміну експлуатації старого барабана [10].

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» виконав реконструкцію п'яти з шести агломераційних машин (№ 1, 2, 4–6). Була встановлена нова установка очищення газу від зони спікання – електрофільтр компанії Flsmidth (Данія) та новий запальний горн із сучасною енергоефективною системою запалювання, завдяки чому вдалося знизити витрату нею природного газу з 450 до 320–350 м³/год. Зокрема під час модернізації на агломераційній машині №2 замінили газоочищення, запальний горн на більш сучасний та енергоефективний, спікальні візки із збільшенням шару спікання до 450 мм. Також збудований новий електрофільтр і здійснена повна заміна газової системи агломераційної машини, лінійного охолоджувача та його дугтєвих вентиляторів. На газовому колекторі встановлені нові двоконусні затвори та пиловий конвеєр закритого типу, що запобігатиме запиленості [11, 12].

В умовах ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» (за даними до лютого 2022р.) капітальний ремонт був виконаний на агломераційних машинах №1–5 (всього їх дванадцять). Наприклад, фахівці ТОВ «Метінвест-Промсервіс» провели на агломераційній машині №4 модернізацію запального горна та встановили нові економічні пальники. За рахунок цього витрата природного газу в процесі нагрівання та спікання агломерату була знижена на 10 %. Після демонтажу старого очищувача повітря на агломераційній машині встановлено обладнання нового покоління виробництва компанії Termokimik Corporation (Італія). Під час капітального ремонту впроваджено сучасну мікропроцесорну систему управління виробництвом [13]. В межах масштабного екологічного проекту з модернізації газоочисного устаткування на аглофабриці ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» виконали роботи з заміни очисних фільтрів на установках В-8, В-9 та провели реконструкцію електрофільтрів на агломераційних машинах № 1–6. Установки В-8 та В-9 призначені для видалення пилу з повітря зони обладнання розвантажувальної частини агломераційної машин корпусу № 1, де працюють агрегати дроблення агломерату, стаціонарний і вібраційний грохоти, перекидний жолоб та інші [14]. Раніше тут виконували очистку електрофільтрами «Спейк» [15], але для більш

ефективного очищення повітря ухвалили рішення замінити наявні фільтри на рукавні ФРІР-5000, де концентрація пилу в повітрі, що відходить, не перевищує 30 мг/куб. м. Ще шість електрофільтрів «Спейк» на агломераційних машинах №1–6 модернізували. Для цього конвеєри й затвори пилоприбирання замінили та повністю оновили обладнання системи управління [14]. Також на ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» була проведена модернізація запальних горнів та заміна існуючих пальникових пристроїв ГНП-6 на сучасні СНТ-22 (з застосуванням струменево-нишевої технології), яка дозволила досягти високої рівномірності розподілу температурного поля за шириною палета, повного спалювання природного газу в короткому факелі з високою теплонапруженістю топкового простору горна, зниження виведення палива до неробочих зон агломераційної машини №8. Загальне зниження витрати природного газу за рахунок модернізації запальних горнів агломераційної машини №8 становило 20–25 % [16].

Одним з головних екологічних проектів останніх років в умовах ПАТ «Запоріжсталь» стала модернізація газоочисних систем усіх шести агломераційних машин комбінату. Кожна агломераційна машина комбінату обладнана датчиками контролю викидів, які в онлайн-режимі показують ефективність роботи газоочисного устаткування. Це дає змогу оперативно контролювати і управляти викидами шкідливих речовин в атмосферу [17]. На підприємстві періодично ведуться роботи з капітального ремонту агломераційних машин. Так, наприклад, на агломераційній машині №6 було проведено заміну змішувального барабана, головної та розвантажувальної частини агломераційної машини, енерго- та електрокомунікацій, завантажувального горна, відремонтовано експаустер, газовий тракт та газоочищення [18].

В межах екологічної модернізації агломераційної фабрики ВАТ «Єнакіївський металургійний завод» (за даними до 2014 р. у зв'язку з його знаходженням на тимчасово окупованій території Російською Федерацією) проведено капітальний ремонт фільтраційної системи агломераційної машини №1, внаслідок якого викиди знижено на 4 %. На підприємстві впроваджено застосування нової технології поверхнево активних речовин для оком кування сировини, що важко змочується, на одному з виробничих вузлів агломераційної фабрики, що призвело до зниження викидів на даній ділянці на 8 %. Крім цього, на діючій агломераційній фабриці встановлено сучасний автоматичний контроль роботи вентиляційної системи (експаустерів) агломераційної машин та впроваджено ще одну новацію – збільшено стійкість роторів експаустерів [19, 20].

В межах зменшення техногенного навантаження металургійного виробництва на екологію м. Маріуполя Група Метінвест прийняло рішення про закриття агломераційної фабрики на ПрАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь»». Це дозволило радикально покращити якість атмосферного повітря у місті – кількість викидів шкідливих речовин у повітря скоротилося на 30 % та на 10 % зменшилися викиди через шламонакопичувач в акваторію Азовського моря [21, 22].

Постановка завдання. Метою роботи є оцінка впливу вдосконалення технології спікання агломерату в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на підвищення якості агломерату для подальшого використання у доменному виробництві.

Поставлена мета в роботі вирішується наступними завданнями:

визначити основні недоліки поточної технології спікання агломерату в умовах агломераційного цеху №2 ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» та виявити резерви для подальшої модернізації агломераційної фабрики;

показати можливість збільшення продуктивності агломераційного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» з 3,95 до 5,6 млн.т/рік агломерату;

запропонувати заходи з капітального ремонту агломераційної машини №7;

показати переваги модернізації спікального відділення агломераційної фабрики.

Викладення матеріалу та результати. Відомо, що продуктивність агломераційного цеху №2 ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» досягає 3,95 млн.т/рік агломерату, що на жаль не відповідає рівню європейських норм в межах від 5 до 7 млн.т/рік агломерату. Тому у роботі розглядається можливість збільшення продуктивності агломераційного цеху до 5,6 млн.т/рік агломерату, використовувати той самий склад компонентів шихти, але зменшуючи його питому витрату на 9,66 кг (табл. 1). Розрахункові показники шихти з урахуванням повернення з агломераційного цеху і введення додаткової вологи в шихту приведені у табл. 2.

Витрата компонентів шихти при різних обсягах виробництв агломерату

Найменування компонента шихти	При виробництві 3,95 млн.т/рік агломерату			При виробництві 5,6 млн.т/рік агломерату		
	питома витрата (вологих матеріалів), кг/т	річна витрата, т/агло-фабрику	річна витрата, т/агло-машину	питома витрата (вологих матеріалів), кг/т	річна витрата, т/агло-фабрику	річна витрата, т/агло-машину
Залізна руда (ПрАТ «Суша Балка»)	148,00	584600	97433,33	148,00	828800	138133,33
Залізорудний концентрат (ПАТ «Північний ГЗК»)	590,00	2330500	388416,67	590,00	3 304000	550666,66
Залізорудний концентрат (Лебединський ГЗК)	123,00	485850	80975,00	123,00	688800	114800,00
Колошниковий пил	11,00	43450	7241,67	11,00	61600	10266,67
Окалина	3,00	11850	1975,00	3,00	16800	2800,00
Вторинні матеріали	74,00	292300	48716,67	74,00	414400	69066,67
Шлам ділянки залізо-вапняних концентратів	20,00	79000	13166,67	20,00	112000	18666,67
Вапняк звичайний	60,00	237000	39500	60,00	336000	56 000,00
Вапняк на штабель < 5 мм	13,00	51350	8558,33	13,00	72800	12133,33
Відсів вапняку	12,00	47400	7900,00	12,00	67200	11200,00
Доломіт сирий (бункера)	4,00	15800	2 633,33	4,00	22400	3733,33
Доломіт сирий (штабель)	3,00	11850	1975,00	3,00	16800	2800,00
Вапно	42,00	165900	27650,00	42,00	235200	39200,00
Оксидний марганцевий концентрат II-го сорту	14,00	55300	9216,67	14,00	78400	13066,67
Шлак киснево-конвертерного цеху	30,00	118500	19750,00	30,00	168000	28000,00
Коксова дрібниця	8,50	33575	5595,83	6,80	38080	6346,67
Вугілля	39,82	157289	26214,83	31,86	178416	29736,00
Всього:	1195,32	4721514	786919,00	1185,66	6639696	1106616,00

Таблиця 2

Питома витрата компонентів шихти для виробництва агломерату

Найменування компонента шихти	Питома витрата, кг/т	Питома витрата, %
Суміш компонентів шихти (суха вага)	1104,02	77,89
Середня волога в агломераційній шихті (шихта та повернення)	81,64	5,76
Повернення агломераційної фабрики	200,00	14,11
Додаткова волога в шихті (доведення вологи до 8 %)	31,75	2,24
Всього:	1417,41	100,00

Відомо, що згідно традиційній технології виробництва агломерату 40 % тепла, отриманого від спалювання твердого палива в шарі шихти, втрачається при охолодженні агломерату. Вдосконалення зони охолодження (рис. 2) дозволяє використовувати це тепло, нагріваючи повітря і подаючи його в зону спікання, тим самим заощаджуючи значну кількість твердого палива (20 %) і охолоджуючи агломерат до температури ~ 200 °С (рис. 3).

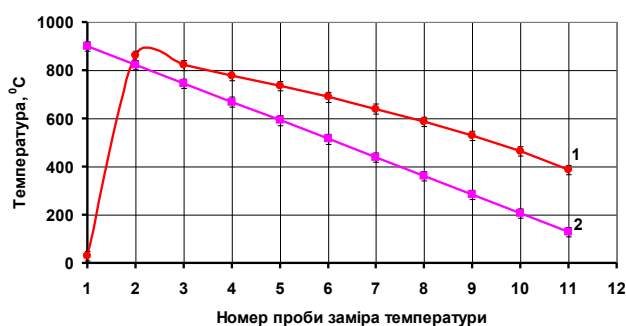


Рис. 3. Співвідношення температури повітря в зоні спікання від температури агломерату, що спікається: 1 – середня температура повітря після кожного етапу спікання, °С; 2 – температура агломерату, що спікається, °С

Серед заходів, що пропонуються для модернізації спікального відділення агломераційної фабрики №2, слід виділити:

1. Для якісного змішування компонентів агломераційної шихти передбачено встановлення нового інтенсивного змішувача в рядах «А-В» на позначці +23,600 (рис. 2). Компоненти шихти в змішувач подаватимуться з бункера шихти новим стрічковим ваговим дозатором, встановленим на позначці +27,700 (рис. 2). Таким чином, буде дозовано задаватися кількість матеріалу на окомкування та пода-

льше спікання, і здійснюватиметься поточний контроль витрати шихтових матеріалів. Зі змішувачів, по реконструйованим (відновленим до первісного стану), похилим конвеєрам агломераційної машини (конвеєра А29Ш–А30Ш), змішана шихта подаватиметься в існуючі барабани-окомкувачі.

Інтенсивні змішувачі істотно відрізняються від барабанів змішувачів своєю компактністю, зниженою вібрацією, а також вищим коефіцієнтом змішування компонентів шихти. У процесі змішування утворюються щільні мікрогранули фракцією 1,0–1,5 мм, які сприяють прискоренню утворення гранул в барабані-окомкувачі, тим самим підвищуючи загальну газопроникність агломераційної шихти, що окомкувалася.

2. Перед окомкуванням передбачено піддозування твердого палива. Застосовується спосіб інтенсифікації процесу за рахунок часткового накочування палива на первинні гранули шихти. Для цього на кожній з двох ліній подачі, в рядах «Г–Д» на позначці +34,000 (рис. 2), на місці встановлених раніше бункерів, які виведені з експлуатації, будуть встановлені нові бункери дробленого палива. Кожен із бункерів розрахований на запас в чотири години при піддозуванні до 10 кг палива на 1 тону агломерату. Тверде паливо крупністю до 3 мм подаватиметься в бункер у вигляді суміші палива крупністю до 3 мм та азоту трубопровідною системою з використанням пневмокамерного насоса, встановленого в корпусі шихтових бункерів та запитаного від існуючого бункера палива. Для роботи системи потрібна подача азоту робочим тиском 0,6 МПа, споживанням 17,5 $\text{м}^3/\text{хв.}$ та вмістом кисню не більше 6 %.

3 бункерів, через вібролійки, тверде паливо подаватиметься на нові вагові стрічкові дозатори, розташовані у рядах «Г–Д» на позначці +27,700 (рис. 2), а потім дозовано вивантажуватися на похилі конвеєра (конвеєра А29Ш–А30Ш) змішаної шихти, що реконструюються.

3. Для капітального ремонту агломераційної машини №7 (рис. 4) пропонується виконати: ремонт поздовжніх та поперечних ущільнень агломераційної машини; ремонт газового колектора, вакуум-камер, пилових мішків, компенсаторів в зоні спікання, вакуум-камер в зоні охолодження;

відновлення термічної ізоляції на газовому колекторі, вакуум-камерах, пилових мішках.

У завантажувальному бункері шихти буде встановлено розподільник потоку шихти. На всіх вакуум-камерах ділянки спікання агломераційної машини буде встановлено нові шибери з ручним приводом.

Рис. 4. 3D–модель модернізованої агломераційної машини №7 в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»



Над агломераційною машиною №7 буде встановлено нове укриття на всьому її протязі від горна до хвостової частини, за винятком ділянки перед розвантажувальною частиною, де проводитиметься заміна зношених палет для їх відновлювального ремонту. Укриття представлятиме собою металевий каркас і корпус змінного перерізу по висоті, покритий зовні теплоізоляційним матеріалом з температурою поверхні не більше 60 °С. По бортах укриття будуть розташовані поздовжні ущільнення, а в торцях – поперечні. В середині укриття буде встановлено спеціальний газорозподільний пристрій.

Всі агломераційні візки будуть схильні до реконструкції: встановлення поздовжньої металеві пластини для забезпечення ущільнення між спальним візком і укриттям.

4. Частина газового колектора (існуюча зона охолодження) буде демонтована на ділянці – від ряду «П» до хвостової частини агломераційної машини (рис. 2). На частині колектора (зона спікання), що залишилася, буде виконано відновлювальний ремонт, у тому числі, відновлення термоізоляції його корпусу і пилових мішків.

При ремонті газового колектора необхідно передбачити заміну існуючих клапанів-мигалок на клапани-мигалки конусного типу. Це дасть зниження шкідливих підсмоктувачів і підвищення температури в газовому колекторі, що покращить роботу системи технологічного газоочищення, особливо в зимовий період часу.

5. На ділянці попереднього охолодження агломерату, в зоні демонтованого колектора, буде розташований новий колектор повітря охолодження. Повітря в нього подаватиметься трьома

новими вентиляторами, встановленими на позначці + 5,000 (рис. 2). Потреба у воді на охолодження підшипників вентиляторів для однієї агломераційної машини складатиме 1,8 м³/год.

З нового колектора холодне повітря через існуючі вакуум-камери подаватиметься знизу під колосникові ґрати і під тиском проникатиме через шар агломерату знизу вгору. Потім повітря в нагрітому стані до ~380 °С, під укриттям перемістяться на ділянку спікання і через газорозподільний пристрій потрапляти на верхній шар спеку, надходити через шар зверху вниз на спікання по всій протяжності зони спікання агломерату.

На колекторі повітря охолодження буде передбачена видача пилу та дрібних частинок агломерату, що потрапляють у колектор повітря охолодження через колосникові ґрати, на існуючий конвеєр пилу газового колектора.

Для дозованої видачі пилу та запобігання шкідливого підсмоктування в колекторі повітря охолодження на пилових мішках будуть встановлені нові конусні клапани-мигалки.

Таким чином, запропонована технологія подачі нагрітого повітря в зону спікання дозволить:

використовувати тепло від охолодження агломерату;

підвищити вертикальну швидкість спікання за рахунок подачі гарячого повітря на всьому протязі зони спікання;

знизити кількість дрібниці, утвореної у верхньому шарі агломерату у зоні спікання;

зняти напругу в шарі агломерату при повторному пропуску тепла знизу вгору на ділянку охолодження, що також сприятиме зниженню утворення дрібниці в агломераті.

6. Для ефективного сортування після одновалкової зубчастої дробарки, на заміну стаціонарних ґрат, буде встановлено новий електровібраційний гуркіт з пересувним візком. Гуркіт буде мати комірку 5 мм, і на ньому відсіюватиметься дрібниця – 5 мм, що утворилася при спіканні. Гуркіт матиме електроприводний пересувний візок, для його переміщення за межі агломераційної машини під існуючий монтажний проріз в рядах «Ф–Х» для заміни полотна, що просіває, і виконання ремонтних робіт (рис. 2).

При розробці загальних технічних рішень щодо модернізації спікального відділення агломераційного цеху №2 розглядається також і питання розташування обладнання, що знову встановлюється, з метою визначення можливості його розміщення:

1. Розташування обладнання, що знову встановлюється (за винятком вентиляторів-нагнітачів), передбачається в місцях розташування існуючого або демонтованого обладнання. Так змішувач інтенсивного змішування (на позначці +23600 в осях «А–В») розташовується на місці демонтованого змішувача; вагові дозатори (на позначці +27,700 по осі «В») на місці існуючих дозаторів; бункер (на позначці +34,000 в осях «Г–Д») – на місці існуючих бункерів; рукавні фільтри (на позначці +1,300 в осях «Г–Е») – на місці існуючих батареїних циклонів (рис. 2).

Ваги обладнання, що знову встановлюється, приблизно відповідають вагам існуючого або демонтованого обладнання, що дозволяє зробити висновок про можливість розміщення обладнання, що знову встановлюється, без значних витрат на посилення несучих конструкцій спікального відділення агломераційної фабрики №2.

2. Вентилятори-нагнітачі розташовуються на позначці +5,000 в осях «Н–С» (рис. 2). З метою їх розміщення передбачається демонтувати збірні залізобетонні плити на позначці +5,000 і виконати монолітне перекриття металевими балками з використанням профільованого листа в якості незнімної опалубки.

3. Гуркіт встановлюється на позначці +13,600. Для його встановлення передбачається виконати перекриття металевими балками і посилення залізобетонних колон в осях «Ф–Х» (рис. 2).

Слід зазначити, що підключення основного технологічного обладнання передбачається до трифазної мережі 380/220В, 50Гц. Для підключення устаткування, що знову встановлюється, пропонується замінити існуючий масляний трансформатор 2-1-1 6/0,4 кВ 1000 кВА на масляний трансформатор 6/0,4 кВ 3200 кВА.

У разі аварійної ситуації в мережі електроживлення агломераційної машини №7 передбачається секційне переключення до мережі живлення агломераційної машини №8 із зниженням продуктивності агломераційної машини №7 згідно з чинним регламентом на сьогоднішній день.

Таким чином, запропонована модернізація агломераційної машини №7 дозволить (табл. 3):
 видавати з агломераційної машини агломерат із температурою ~ 200 °С;
 проводити термічну обробку агломерату (знижуючи його крихкість, підвищуючи пластичність та збільшуючи вихід придатного продукту);
 на 20 % знизити питому витрату твердого палива на спікання агломерату;
 використовувати все гаряче повітря від зони охолодження агломерату для процесу його спікання, тим самим підвищуючи енергоефективність процесу спікання;
 постійно охолоджувати корпуси та колосники палет, тим самим не допускаючи їх тривалого перегріву та збільшуючи термін служби на 10 %;
 знизити до $\leq 30 \text{ мг/нм}^3$ загальну кількість пилу, що виділяється від шару спеченого агломерату, при його вивантаженні з агломераційної машини.

Таблиця 3

Порівняльні показники виробництва агломерату

Найменування показників роботи агломераційної машини №7	Поточне виробництво	Після модернізації агломераційної машини №7
Продуктивність виробництва агломерату, т/рік	83,253	117,850*
Крупність агломерату, мм	5–120	5–120
Кількість повернення, т/т агломерату	0,214	0,200
Кількість дрібниці (-5 мм) агломерату при вивантаженні на бункерну естакаду доменного цеха, %	14,100	$\leq 8,000$
Температура готового агломерату, °С	~ 700	~ 200
Питома витрата твердого палива, кг/т агломерату	48,320	38,660
Збільшення терміну служби колосників, %	0	+ 10,000
Залишкові викиди пилу технологічного газоочищення (з димової труби), мг/нм ³	381,000	$\leq 30,000$
Залишкові викиди СО після технологічного газоочищення (з димової труби), мг/нм ³	< 6500,000	< 6500,000

* Примітка: при роботі агломераційної машини 24 год./добу в період 330 діб продуктивність машини складає: $17,85 \cdot 24 \cdot 330 = 933,372$ т/рік агломерату

Висновки та напрямок подальших досліджень. Аналіз шляхів підвищення конкурентоспроможності агломераційного виробництва показав на необхідність будівництва агломераційних фабрик нового покоління з сучасними агломераційними машинами; проведення капітального ремонту та модернізації основних фондів агломераційного виробництва; використання автоматизованих системи управління технологічним процесом та станом основних фондів; застосування енергозберігаючих технологій спікання агломерату та інше. Зокрема в Україні впроваджується екологічна модернізація агломераційного виробництва, яка направлена на модернізацію виробництва для зменшення викидів, економії ресурсів та підвищення енергоефективності.

Показано можливості збільшення продуктивності агломераційного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» до 5,6 млн т/рік агломерату за рахунок модернізації спікального відділення. Використовуючи резерви існуючої технології спікання агломерату та обладнання (встановлення нового інтенсивного змішувача, піддозування твердого палива, застосування двостадійного грохочення, вдосконалення зони охолодження, вдосконалення процесу газоочищення технологічних газів та аспірації основних вузлів пиловидалення), а також капітальний ремонт агломераційної машини №7 можливим представляється підвищення продуктивності машини до 933,372 тис т/рік агломерату.

Запропоновані заходи з модернізації агломераційної машини №7 можуть бути використані при реконструкції інших агломераційних машин ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

У подальших дослідженнях доцільно розглянути питання вдосконалення технологічного газоочищення та пиловидалення на агломераційній фабриці ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Список літератури

1. Берсенеv И.С. Разработка и исследование технологии агломерации гематитовых руд Большетроицкого месторождения: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.16.02 /Берсенеv Иван Сергеевич; ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина». – Екатеринбург. –2011.– 22 с.
2. Каплун Л.И. Анализ процессов формирования агломерата и совершенствование технологии его производства: дис. ... д-р. техн. наук : 05.16.02 /Каплун Лев Исаакович; Уральский государственный технический университет. – Екатеринбург. –2000.– 376 с.

3. Шевцов Е.К. К вопросу повышения эффективности агломерации /Е.К. Шевцов, В.М. Никопорец // Науковий вісник ДонНТУ. – 2005. – С. 18–22.
4. Бернштейн Р.С. Повышение эффективности агломерации. – М.: Металлургия, 1979. – 144 с.
5. Фізико-хімічні основи і реалізація технології спікання агломерату основністю 1,6 з застосуванням руди родо-вища Суха балка / Я.В. Мянговська, Ю.С. Пройдак, Л.В. Камкіна та ін.// Теорія і практика металургії. – 2018. – №6. – С. 81–92. <https://doi.org/10.34185/tpm.6.2018.11>
6. Мельник Я.В. Энергозберігаючі технології як основа для підвищення конкурентоспроможності гірничо-металургійної продукції /Я.В. Мельник // Інвестиції : практика та досвід. – 2011. – №14. – С. 72–76.
7. Екологічна модернізація [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://metinvestholding.com/ua/upload/sr-2020/assets/pdf/Ukrainian%20download%20centre/5.%D0%97%D0%90%D0%A5%D0%98%D0%A1%D0%A2%20%D0%94%D0%9E%D0%92%D0%9A%D0%86%D0%9B%D0%9B%D0%AF/Metinvest_2020_SR-Ukr-Web-%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%96%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf
8. Капремонт агломашины на МП ДКХЗ [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvest.media/ru/page/kapremont-aglomashiny-na-dkhz>
9. Підсумки 2021: Дніпровський коксохімічний завод [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvest.media/ua/page/itogi-2021-dneprovskiy-koksohimicheskij-zavod>
10. «Каметсталь» выполняет капитальный ремонт барабанов агломашины №8 <https://gmk.center/news/kametstal-vypolnyaet-kapitalnyj-remont-barabanov-aglomashiny-8/>
11. «АрселорМиттал Кривой Рог» завершил реконструкцию агломашины №4 [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://gmk.center/news/arselormittal-krivoj-rog-zavershil-rekonstrukciju-aglomashiny-4/>
12. «АрселорМиттал Кривий Ріг» проводить гарячі випробування агломашины № 2 після реконструкції [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://eba.com.ua/arselormittal-krivyj-rig-provodyt-garyachi-vyprobuvannya-aglomashyny-2-pislya-rekonstruktsiyi/>
13. ММК им. Ильича завершил капитальный ремонт агломашины №4 [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://lityo.com.ua/mmk-im-ilicha-zavershil-kapitalnyj-remont-aglomashiny-n4>
14. На аглофабриці ММК імені Ілліча жодна труба не димить [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://metinvest.media/ua/page/na-aglofabrike-mmki-ni-odna-truba-ne-dymit>
15. Метінвест завершив найбільший екологічний проект в історії України [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/20201216-metinvest-zavershyv-najbilshyj-ekologichnyj-proekt-v-istoriyi-ukrayiny/>
16. Модернизация горелочного оборудования зажигательных горнов агломерационных машин аглофабрики ЧАО «ММК им. Ильича» / М.А. Томаш, Б.В. Изотов, А.Е. Турбаба и др. // Металл и литьё Украины. – 2017. – №1(284). – С.16–19.
17. «Запоріжсталь» інвестує 42 млн грн на рік в екомодернізацію [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://gmk.center/ua/news/zaporizhstal-investuie-42-mln-grn-na-rik-v-ekomodernizaciju/>
18. Запоріжсталь закончила ремонт агломашины [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://readmetal.com/?p=253>
19. ЕМЗ выделил на экологию 90 млн грн. [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://minprom.ua/news/131106.html>
20. Украина: основные экологические проекты в ПАО «Енакиевский металлургический завод» (ЕМЗ). [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://ukrmet.dp.ua/2014/03/18/ukraina-osnovnye-ekologicheskie-proekty-v-pao-enakievskij-metallurgicheskij-zavod-emz.html>
21. На «Азовсталь» розпочався демонтаж аглофабрики [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://azovstal.metinvestholding.com/ua/press/news/show/5361?year=2014>
22. Металургійний комбінат «Азовсталь» почав демонтаж агломераційної фабрики у Маріуполі [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.5.ua/tekhnolohiyi/metalurhiyni-kombinat-azovstal-pochav-demontazh-ahlomeratsiyni-fabryky-u-mariupoli-61876.html>

УДК 622.684: 622.271

В.І. ПАХОМОВ, канд. техн. наук, доц., І.В. ГІРІН, ст. викл., В.В. МАЛКА, магістр.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА КАР'ЄРНОМУ АВТОТРАНСПОРТІ

Мета. Основною метою роботи є підвищення ефективності експлуатації технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів шляхом застосування паливно-мастильних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями.

Методи дослідження. У роботі використаний комплекс наукових методів досліджень, що включає: наукове узагальнення та техніко-економічний аналіз досвіду розробки залізрудних кар'єрів, формування та експлуатації транспортних систем, математичні і логічний методи диференціального обчислення під час обґрунтування оптима-