

місними породами: Звіт про НДР № 30-79-09 (Заключний) № ДР 0109U002336/Криворізький технічний університет: – Кривий Ріг: КТУ, 2010. – 246 с.

12. **Ступник Н.И.** Физическое моделирование формы компенсационных камер при отработке блоков на больших глубинах / Н.И. Ступник, С.В. Письменный // Вісник Криворізького національного університету, 2012. – №31. – С. 3-7.

13. **Письменный С.В.** Методика визначення активної зони склепоутворення на контурі підземно-транспортної виробки при комбінованій розробці залізородних родовищ / С.В. Письменный // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х.: НТУ «ХП», 2017. – № 16 (1238). – С. 99-106.

14. **Кузьменко А.М.** Твердіюча закладка при відпрацюванні рудних крутих покладів у складних гірничо-геологічних умовах / А.М. Кузьменко, М.В. Петльованый, В.Ю. Усатий // Монографія. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 139 с.

15. **Горбунова О.А.** Розробка складів твердіючої закладки на основі відходів гірничо-збагачувального виробництва з додаванням полімерів класу полігексаметиленгуанідинів // ГІАБ. – 2010. – 145 с.

16. **Страданченко С.Г.** Об использовании тампонажного фиброраствора на основе полимера / С.Г. Страданченко, А.А. Шубин // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». – 2008. – №7(135). – С. 36-39.

17. **Васил'єв В.В.** Полімерні композиції в гірничій справі. М.: Наука, 1986. – 294 с.

18. **Кузьменко А. М.** Стан та перспективи розвитку закладних робіт на підземних рудниках України / А.М. Кузьменко, М.В. Петльованый // Геотехнічна механіка. – 2013. – Вип. 110. – С. 90-98.

19. **Ляшенко В.И.** Развитие технологий и технических средств для управления техногенными образованиями и отходами горно-металлургического производства / В.И. Ляшенко, О.Е. Хоменко, Т.В. Чекушина, Т.В. Дудар, И.А. Лисовой // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – №5. – С. 16-23.

20. **Ляшенко В.И.,** Создание и внедрение природоохранных технологий подземной добычи руд в энергонеустойчивых массивах / В.И. Ляшенко, О.Е. Хоменко, В.И. Голик // Маркшейдерия и недропользование. – 2020. – №4. С. 18-28.

Рукопис подано до редакції 25.03.2021

УДК: 620.91

Ю.С. РУДЬ, д-р техн. наук, проф., В.Ю. БІЛОНОЖКО, ст. викл.

Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА АГЛОМЕРАТУ НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТАХ

Метою даної роботи є аналіз проблеми енергозбереження в технологічному виробництві агломерату на гірничо-збагачувальних комбінатах і розробка конструкторських рішень, які забезпечують рекуперацію технологічного тепла і його використання для підвищення техніко-економічних характеристик обладнання. Можливі варіанти рішення проблеми показано на прикладі трьох конструкцій агломераційних машин.

Метод досліджень заснований на поєднанні методів аналізу складових проблеми енергозбереження в технологічному виробництві агломерату, а також відомих конструкцій агломераційних машин, і синтезу нових підходів до вирішення цієї проблеми з метою розробки нових конструкторських рішень.

Наукова новизна. Результати аналізу проблеми енергозбереження в технологічному виробництві агломерату на гірничо-збагачувальних комбінатах дозволили теоретично обґрунтувати тезу, що для рекуперації тепла можливо ефективно використовувати два джерела: 1) тепло газів, які засмоктуються ексаустером через вакуум-камери при спіканні шихти; 2) тепло газів, які перекачуються димосмоком через шар агломерату при його охолодженні.

Практичне значення. Тепло, отримане при рекуперації енергії технологічного процесу спікання залізородної шихти на агломераційних машинах, може бути використано для підвищення техніко-економічних показників агломераційної фабрики гірничо-збагачувального комбінату. Обсяги тепла, які містяться в газі і парі, що прокачуються ексаустером і димосмоками машини і які можуть бути використані у виробництві, складають 64,9% від загального значення витратної частини теплового балансу виробництва агломерату або 1050-1730 кДж / кг (250-412 ккал / кг).

В результаті використання рекомендацій авторів статті забезпечується зростання продуктивності агломераційних конвеєрних машин шляхом інтенсифікації процесу спікання за рахунок рекуперації тепла газів і пари, що прокачуються ексаустерами та димосмоками. При рекуперації тепла, яке створюється в технологічному процесі спікання шихти, росте коефіцієнт корисної дії агломераційної машини і техніко-економічні показники гірничо-збагачувального підприємства. При цьому досягається значна економія газу та знижується кількість шкідливих викидів.

Ключові слова: агломераційна конвеєрна машина, процес спікання, рекуперації технологічного тепла, конструкторські рішення, техніко-економічні характеристики.

doi: 10.31721/2306-5451-2021-1-52-164-169

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Технологічний процес виготовлення агломерату на агломераційних фабриках пов'язаний зі значними енергетичними витратами, а також з неминучими втратами теплової енергії. Для визначення джерел неминучих втрат теплової енергії та розробки обґрунтованих заходів з їх скорочення необхідно розуміння особливостей технології агломерації на обладнанні фабрик гірничо-збагачувальних комбінатів (рис. 1) [1]. Залізорудний концентрат, агломераційна руда, дрібний кокс, вапняк (при необхідності) стрічковими конвеєрами подаються в барабани-змішувачі, а потім в барабани-грудкувачі. В барабанах досягається перемішування сировини та формування гранул при додаванні води, які забезпечують газову проникність шихти. Грудкована шихта шаром 400 - 600 мм завантажується на колосникові грати агломераційної машини, під якими утворюється розрідження близько 70-100 кПа. Для захисту колосникових ґрат від дії високих температур, а також щоб уникнути втрат сировини на ґратах на них укладають шар спеченого агломерату діаметром 30-50 мм, який виділяється з готового продукту («постіль»). За допомогою інтенсивного джерела тепла підпалюють паливо (дрібний кокс), що додається в шихту. Розрідження забезпечує просмоктування повітря через ґрати та шар шихти і відсмоктування газів, які створюються при згорянні коксу та спіканні шихти. Горіння коксу, розпочавшись у верхньому шарі шихти, поступово поширюється на всю товщину шару і закінчується у поверхні колосникових ґрат. Кількість газів, що створюються при спіканні шихти, становить 333-1600 тис. м³/год, залежно від розмірів фабрики і умов роботи. Зазвичай на тону агломерату приходить від 1500 до 2500 м³/т відпрацьованих газів. Агломераційні машини з площею всмоктування більше 250 м² і/або ґратами шириною більше трьох метрів мають дві системи уловлювання відпрацьованих газів з окремими екстаустерами і пиловловлюючими пристроями для скорочення викидів. При згорянні палива шихти температура досягає 1300-1480° С; цього достатньо для часткового сплаву шматочків шихти і спікання їх між собою. Після закінчення процесу горіння весь шар шихти являє собою пористий, ніздрюватий кусковий продукт. Готовий агломерат після дроблення та відділення від нього дрібного циркуляційного матеріалу розмірами до 5 мм, надходить на охолодження. Для цього може виділятися окрема зона конвеєрної агломераційної машини або використовується кільцевий охолоджувач діаметром 20-30 м. Кільцевий охолоджувач складається з окремих секцій і має кільцевий жолоб з колосниковим днищем, що обертається в горизонтальній площині. Агломерат завантажується на колосникове днище шаром до 1 м і охолоджується повітрям, що постійно циркулює через шар. У більшості випадком повітря потрібно 1000-1500 м³/т агломерату. Теплота відхідних газів, отриманих при охолодженні агломерату (температуру до 300° С), може бути повторно використаною в котлі-утилізаторі, наприклад, шляхом рециркуляції гарячих газів для підігріву повітря в запалювальному горні або для підігріву агломераційної шихти [2].

Аналіз досліджень і публікацій. В роботі [3] на базі даних, отриманих при аналізі хімічного складу шихти аглофабрики МК «Запоріжсталь» [4], проведено дослідження залежності кількості виділеної і внутрішньої теплової енергії в розглянутому одиничному обсязі шару шихти від середнього діаметру частинки $d_{ср}$. Із застосуванням даних теплофізичних вимірювань, результатів промислових випробувань, комплексної математичної моделі агломераційного процесу, теплового балансу агрегату і узагальнених теплотехнічних характеристик автором дисертації [5] проаналізована і представлена раціональна теплова схема для типової агломераційної машини. Встановлено, що тепловий к.к.д. агломераційної машини знаходиться в межах 0,45 – 0,55 і за рахунок утилізації тепла гарячого агломерату та рециркуляції теплоти відхідних газів може бути збільшений на 10-15%. Коефіцієнт використання палива агломераційною машиною становить 0,35 – 0,45 і також може бути підвищений на 20 - 25%.

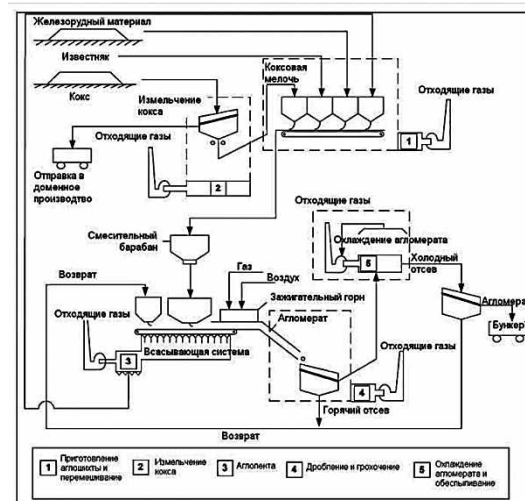


Рис. 1. Схема агломераційної фабрики з однією конвеєрною машиною

Теплові потреби процесу спікання забезпечуються на 94% за рахунок спалення твердого палива, що знаходиться в шихті, а 6% - за рахунок спалення газу. Прибуткова частина теплового балансу процесу агломерації включає тепло горнових газів при запаленні і додатковому нагріванні (6,2% від загального значення прибуткової частини теплового балансу), тепло від згорання палива шихти (80,9% від загального значення прибуткової частини теплового балансу) і сірки шихти (1,4%), окислення двовалентного заліза в тривалентне, процесів шлакоутворення [6]. Такого ж порядку значення теплового балансу процесів агломерації наводить автор роботи [7]. Витратна частина теплового балансу процесів агломерації враховує тепло шару агломерату (16,8% від загального значення витратної частини теплового балансу) або сировини, що повертається в процес (3,8% від загального значення витратної частини теплового балансу), газів, що відходять від вакуум-камер (46,7% від загального значення витратної частини теплового балансу), і пари (18,2% від загального значення витратної частини теплового балансу), прямого відновлення оксидів заліза. Крім того, витратна частина теплового балансу враховує втрати тепла агломераційною установкою і поверхнею шару агломерату в довкілля.

На забезпечення ендотермічних реакцій агломераційного процесу і охолодження агломерату витрачається 46% сумарної кількості тепла. Залишкові 54% можуть бути утилізованими у вигляді тепла технологічних газів та повітря охолодження. В [1] повідомляється про т.з. «систему селективної рециркуляції відпрацьованих газів», яка дозволить скоротити викиди газів, що відходять в агломераційному виробництві, майже на 50%. Це істотно знижує вплив на навколишнє середовище, а також витрати енергії. Максимальне зниження шкідливих викидів в ході агломерації досягається при використанні системи MEROS від Primetals Technologies. Однак, детальна інформація відсутня.

Крім того, треба враховувати те, що робота агломераційних установок призводить до виділення забруднюючих атмосферу речовин, таких як, оксиди азоту (NO_x), оксиди сірки (SO_x) і неметанові газоподібні органічні сполуки, які створюються в результаті горіння [8].

Постановка задачі. Задачею даної роботи є аналіз проблеми енергозбереження в технологічному процесі виробництва агломерату на гірничо-збагачувальних комбінатах і розробка конструктивних рішень, що забезпечують підвищення його техніко-економічних характеристик за рахунок використання технологічного тепла, що створюється в технологічному обладнанні.

Викладення матеріалу та результати. Потенційно для рекуперації тепла можливо використовувати два джерела агломераційного виробництва: 1) тепло газів, які засмоктуються ексгаустером через вакуум-камери при спіканні шихти; 2) тепло газів, які перекачуються димососом через шар агломерату при його охолодженні. При нормальних умовах експлуатації тепло, одержане при рекуперації, може бути використане в котлі-утилізаторі для нагрівання води для центрального опалення, підігрівання повітря, яке використовується в горні для запалення шихти, підігрівання шихти, в системі рециркуляції відпрацьованих газів. Для вирішення проблеми енергозбереження в гірничо-металургійному промисловому комплексі і підвищення техніко-економічних характеристик технологічного обладнання агломераційних фабрик гірничо-збагачувальних комбінатів шляхом використання технологічного тепла, яке створюється в технологічному обладнанні цікавим є рекуперація газів, що відходять від вакуум-камер, і пари, що разом складають 64,9% від загального значення витратної частини теплового балансу або 1050...1730 кДж/кг (250...412 ккал/кг).

З метою підвищення техніко-економічних характеристик, в т.ч. коефіцієнта корисної дії агломераційної конвеєрної машини для підігрівання шихти до 300-350° С до її запалювання, авторами пропонується система рекуперації технологічного тепла, яке створюється в процесі спікання шихти. Агломераційна конвеєрна машина за [9] працює таким чином (рис. 2). Змонтований на жорсткому каркасі 1 привод 2 рухає візки 4 із колосниковими ґратами 5 по напрямним 3 в напрямку розвантажувальної частини агломераційної конвеєрної машини. Призначена для спікання шихта за допомогою пристрою для завантаження 6 подається на колосникові ґрати 5 рухомих візків 4 і транспортується до розвантажувального кінця машини. Рух візків 4 по напрямним 3, розміщеним на жорсткому каркасі 1, здійснюється за допомогою привода 2. При переміщенні рухомих візків 4 в зону запалювального горна 21, верхній шар завантаженої на колосникові ґрати 5 шихти 7 підігрівається горілками горна 21 до температури 1200-1300° С. При цьому запалюється кокс, який знаходиться у складі шихти. Для підтримання процесу горіння палива в шарі шихти 7, завантаженої на колосникові ґрати 5 візків 4, за допомогою ексга-

устера 10 через вакуум-камери 8, що з'єднуються з вакуум-колектором 9, просмоктується повітря Відсмоктані ексгаустером 10 відхідні гази після їх очищення викидаються в атмосферу. Зона горіння палива, що знаходиться у шихті 7, поступово переміщується з верхніх шарів в напрямку до колосникових ґрат 5. Швидкість руху візків 4 по напрямним 3 вибирається такою, щоб зона горіння палива наближалася до колосникових ґрат 5 поступово і досягла поверхні ґрат 5 над останньою вакуум-камерою 20. В результаті повного вигорання палива шихти 7 процес її спікання закінчується по всій висоті шару, а отже весь об'єм шихти перетворився в готовий продукт - агломерат. Отриманий агломерат розвантажується із колосникових ґрат 5 візків 4 агломераційної конвеєрної машини.

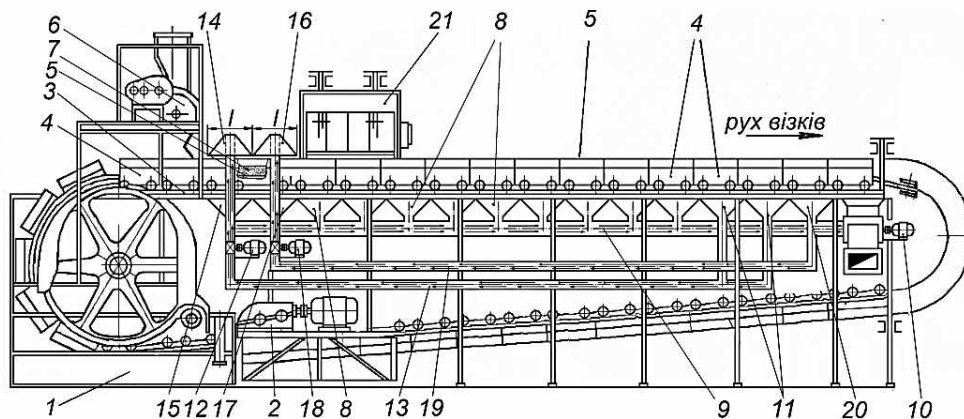


Рис. 2. Схема рекуперації технологічного тепла агломераційної конвеєрної машини. Патент №137964 Україна

Ексгаустер 10 просмоктує повітря через вакуум-камери 8, 11, 20 та через шар шихти 7, завантаженої на колосникові ґрати 5 візків 4, що рухаються в напрямку розвантажувальної частини агломераційної конвеєрної машини. Температура відхідних газів у вакуум-камерах 8, 11, 20 поступово підвищується і над останньою вакуум-камерою 7 досягає 350°C . Зазвичай відхідні гази технологічного процесу спікання через вакуум-камери 7, 11, 20 і вакуум-колектор 8 після їх очищення ексгаустером 10 видаляються в атмосферу. Шихта 7 до її запалювання горілками горна 21 підігривається за рахунок рекуперації технологічного тепла, яке створюється в процесі спікання шихти. Підігрівання шихти до її запалювання можливе до температури відхідних газів останньої вакуум-камери 7, яка досягає 350°C і проводиться в два етапи. На першому етапі відхідні гази з відокремлених від загального вакуум-колектора 9 вакуум-камер 11 вентилятором 12 через газопровід 13 подаються за допомогою камери 14 в шар завантаженої на колосникові ґрати 5 шихти 7. Вакуум-камери 11 розміщені поряд з вакуум-камерою 20, яка має максимальну температуру. Температура відхідних газів вакуум-камер 11 нижча від максимальної. Але теплоємність відхідних газів вакуум-камер 11 достатня для підігрівання всього об'єму шихти 7, завантаженої на колосникові ґрати 5 візків, до високої температури. Камера 14 установлена над відкритою частиною першої вакуум-камери 15 на відстані 0,05-0,2 висоти шару шихти 7 і виконана у вигляді чотиригранної зрізаної піраміди із відкритими верхньою та нижньою основами. Ширина нижньої відкритої основи камери 14 не перевищує ширини колосникових ґрат 5 візків 4, а довжина l дорівнює ширині відкритої частини першої вакуум-камери 15. На другому етапі підігрівання шихти 7 до її запалювання відхідні гази з відокремленої від загального вакуум-колектора 9 вакуум-камери 20 вентилятором 18 через газопровід 19 подаються за допомогою камери 16 в шар завантаженої на колосникові ґрати 5 шихти 7. Відхідні гази вакуум-камери 20 мають максимальну температуру, яка досягає 350°C . Теплоємність відхідних газів вакуум-камери 20 достатня для підігрівання всього об'єму шихти 7, завантаженої на колосникові ґрати 5, до максимально можливої температури, так як шихта попередньо підігріта на першому етапі підігрівання. Камера 16 установлена над відкритою частиною другої вакуум-камери 17 на відстані 0,05-0,2 висоти шару шихти 7 і виконана у вигляді чотиригранної зрізаної піраміди із відкритими верхньою та нижньою основами. Ширина нижньої відкритої основи камери 17 не перевищує ширини колосникових ґрат 5 візків 4, а довжина l дорівнює ширині відкритої частини другої вакуум-камери 17. Підігрів шихти перед її завантаженням забезпечує зростання продук-

тивності конвеєрної агломераційної машини. Причому зростання продуктивності агломераційної машини тим більше, чим вища температура шихти [10].

Порівняно з агломераційною конвеєрною машиною [9] агломераційна конвеєрна машина [11] додатково забезпечена другою камерою 16 для подавання відхідних газів в шар завантаженої на колосникові ґрати 5 шихти 7, яка має конструкцію, однакову з першою камерою 14 і розміщена над відкритою частиною другої вакуум-камери 17 на відстані 0,05-0,2 висоти шару шихти 7 і виконана у вигляді чотиригранної зрізаної піраміди із відкритими верхньою та нижньою основами. Ширина нижньої відкритої основи камери 14 не перевищує ширини колосникових ґрат 5 візків 4, а довжина l дорівнює ширині відкритої частини першої вакуум-камери 15. Відкрита верхня основа камери 17 забезпечена вентилятором 18 та з'єднана газопроводом 19 з герметичною ємністю вакуум-камери 20, відхідні гази якої мають максимальну температуру. Розміри площі нижньої основи додаткової камери 16 для подавання підігрітого повітря в шар шихти 7, так же як і в камери 14, обмежені конструктивними можливостями агломераційної конвеєрної машини. Запалювальний горн 21 зміщено по відношенню до першої вакуум-камери 15 в напрямку розвантажувальної частини машини. Відстань нижньої основи камер 15 та 17 від поверхні завантаженої на колосникові ґрати 5 шихти 7 вибрана за умови виконання вимог з виключення несприятливих підсосів атмосферного повітря в камери 15 та 17. Для різних типів агломераційних конвеєрних машин і для різної вихідної сировини висота шару шихти 7 на колосникових ґратах 5 складає 200-450 мм, а отже відстань нижньої основи камер 15 та 17 від шару завантаженої на колосникові ґрати 5 шихти 7 складає $(200 \dots 450 \text{ мм}) \times (0,05 \dots 0,15) = 10 \dots 67,5 \text{ мм}$.

Подальшим розвитком системи конструктивних рішень з проблеми рекуперації тепла технологічного процесу спікання залізорудної шихти є агломераційна конвеєрна машина за [12]. Метою пропонованої робочої моделі є підвищення коефіцієнту корисної дії агломераційної конвеєрної машини за рахунок рекуперації технологічного тепла, яке створюється в процесі спікання шихти, для підігрівання шихти до 300-350° С до її запалювання. Вказана мета досягається тим, що агломераційна конвеєрна машини містить жорсткий каркас, на якому змонтовано привод, напрямні, на яких установлені візки з колосниковими ґратами, пристрій для завантаження шихти з приводом, вакуум-камери, що з'єднані з вакуум-колектором, запалювальний горн, який зміщено по відношенню до першої вакуум-камери в напрямку розвантажувальної частини машини на відстань двох окремих вакуум-камер, відокремлених від загального вакуум-колектора, камеру для подавання відхідних газів в шар завантаженої на колосникові ґрати шихти, яка забезпечена вентилятором та газопроводом і установлена над відкритою частиною першої вакуум-камери на відстані 0,05-0,2 висоти шару шихти і виконана у вигляді чотиригранної зрізаної піраміди із відкритими верхньою та нижньою основами, причому ширина нижньої відкритої основи не перевищує ширини колосникових ґрат візків, а довжина - дорівнює ширині відкритої частини першої вакуум-камери. Агломераційна конвеєрна машина додатково забезпечена другою камерою для подавання відхідних газів в шар завантаженої на колосникові ґрати шихти, яка має конструкцію, однакову з першою камерою і розміщена над відкритою частиною другої вакуум-камери, причому відкрита верхня основа камери забезпечена вентилятором і з'єднана газопроводом з герметичною ємністю вакуум-камери, відхідні гази якої мають максимальну температуру, а відкрита верхня основа камери для подавання відхідних газів в шар завантаженої на колосникові ґрати шихти, яка установлена над відкритою частиною першої вакуум-камери, забезпечена вентилятором і з'єднана газопроводом з герметичними ємностями вакуум-камер, розміщених поряд з вакуум-камерою, відхідні гази якої мають максимальну температуру.

Висновок та напрямок подальших досліджень. Проведений аналіз проблеми енергозбереження в технологічному виробництві агломерату на гірничо-збагачувальних комбінатах дозволяє зробити висновок, що потенційно для рекуперації тепла можна використовувати два джерела агломераційного виробництва: 1) тепло газів, які засмоктуються експаустером через вакуум-камери в процесі спікання шихти; 2) тепло газів, які перекачуються димососом через шар агломерату при його охолодженні. Тепло, одержане при рекуперації технологічної енергії, може бути використане для підвищення техніко-економічних характеристик обладнання агломераційних фабрик гірничо-збагачувальних комбінатів шляхом рекуперації тепла газів і пари вакуум-камер, що разом складає 64,9% від загального значення витратної частини теплового

балансу або 1050-1730 кДж/кг (250-412 ккал/кг). В результаті використання технологічного тепла, одержаного в процесі рекуперації тепла відхідних газів, забезпечується зростання продуктивності агломераційної конвеєрної машини. При підігріванні шихти до температури 300-350° С до її запалювання в горні досягається інтенсифікація процесу спікання та зростання коефіцієнта корисної дії. Крім того, при цьому досягається значна економія газу за рахунок використання технологічного тепла, одержаного в процесі рекуперації тепла відхідних газів.

Список літератури

1. Аналитический обзор - ВЭР черной металлургии. URL: <https://metalspace.ru/production-science/ecology/813-analiticheskij-obzor-tekhnologii-bref.html> (дата звернення: 26.02.2021).
2. **Metalspace** / Аналитический раздел. URL: <https://metalspace.ru/images/logo.png> (дата звернення: 26.02.2021).
3. **Мных А.С.** Исследование количества тепловыделения в слое агломерационной шихты // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. 6/5 (72).
4. **Мных А.С.** Исследование влияния фракционного состава агломерационной шихты на распределение химических компонентов слоя материала для условий комбината «Запорожсталь» // Теория и практика металлургии. 2014. № 3 (6). С. 35–38.
5. **Каплун Л.И.** Анализ процессов формирования агломерата и совершенствование технологии его производства. URL: <https://www.dissercat.com/content/analiz-protsssov-formirovaniya-aglomerata-i-sovershenstvovanie-tekhnologii-ego-proizvodstva> (дата звернення: 26.02.2021).
6. **Рязанцев А.П.** Нагрев агломерационной шихты / А.П. Рязанцев. – М.: Металлургия, 1968. – 167 с.
7. **Савицкая Л.И.** Развитие агломерационного производства в странах западной Европы // Черная металлургия. Серия «Подготовка сырых материалов к металлургическому переделу». Обзорная информация. 1982. Выпуск 2. – М.: ЦНИ Черметинформации. – 24 с.
8. **Джероуен Куэнен.** Руководство по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС, 2013 // URL: www.eea.europa.eu/ru/ds_resolveuid/8zxnftehr3. (дата звернення: 26.02.2021).
9. Патент №933303 Україна. МПК F27B 21/00 Агломераційна конвеєрна машина / **Рудь Ю.С., Кучер В.Г.**; Власник ДВНЗ «Криворізький національний університет». – у 2014 04257; заяв. 22.04.2014; опубл. 25.09.2014. – Бюл. № 18.
10. **Крижевский А.З., Стольберг Е.Я., Кучер В.Г.** Влияние предварительного подогрева шихты на производительность агломерационной установки // Автоматизация агломерационного и доменного производства. – Київ, Техніка, 1969. С. 68-70.
11. Патент №101724 Україна. МПК F27B 21/00 Агломераційна конвеєрна машина / **Рудь Ю.С., Кучер В.Г.**; Власник ДВНЗ «Криворізький національний університет». – у 2015 03382; заяв. 10.04.2015; опубл. 25.09.2015. – Бюл. № 18.
12. Патент №137964 Україна. МПК F27B 21/06 C22B 1/20 Агломераційна конвеєрна машина / **Рудь Ю.С., Кучер В.Г., Білоножко В.Ю.**; Власник ДВНЗ «Криворізький національний університет». – у 2019 04934; заяв. 10.05.2019; опубл. 11.1.2019. – Бюл. №21

Рукопис подано до редакції 05.04.2021

УДК 628.517.2

М. В. ХУДИК, В. А. ШАПОВАЛОВ, О. Л. ШЕПЕЛЬ, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ЗАСОБИ ЗНИЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ШУМУ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ ШАХТ

Мета. Метою даної роботи є аналіз існуючих рішень при проектуванні компресорних станцій для зниження шумового навантаження, яке впливає на обслуговуючий компресори персонал. Робота відцентрових компресорів супроводжується утворенням та поширенням підвищеного рівня виробничого шуму високочастотного і тонального характеру. Для попередження поширення виробничого шуму у приміщеннях компресорних станцій, джерела його утворення можуть обладнуватись звукопоглинальними укриттями, які виготовляються з різних матеріалів. Недосконалість монтажу звукопоглинальних укриттів або невірний підбір звукоізолюючого матеріалу призводить до зниження їх звукопоглинальної ефективності погіршуючи санітарно-гігієнічні умови праці працівників.

Методи дослідження. Використовувався аналіз та узагальнення літературних джерел, охоронних документів на винаходи та корисні моделі щодо типів та конструктивних рішень звукоізолюючих пристосувань для зниження рівня шумового навантаження.

Наукова новизна. Розглянуто можливості зниження шумового навантаження на обслуговуючий персонал при роботі відцентрових компресорів за рахунок використання різних звукопоглинальних матеріалів для монтажу звукопоглинальних укриттів та пристосувань.

Практична значимість. Проведений аналіз показав, що для забезпечення допустимих рівнів шумового наван-