
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.3.054

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.6-57.31>

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИКИДІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ У МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ

Гордієнко Д.Р., Тарабан Є.В., Белоконь К.В.

Запорізький національний університет

вул. Університетська, 66, 69600, м. Запоріжжя

denys.hordiienko@gmail.com, reshka166@gmail.com, kv.belokon@gmail.com

Забруднення атмосферного повітря є однією з серйозних причин, що можуть призводити до різних захворювань людини. Основну роль у забрудненні атмосферного повітря міста Запоріжжя відіграють промислові підприємства. Багаторічний моніторинг якості атмосферного повітря свідчить про стабільно високе його забруднення як на межі санітарно-захисних зон, так і в житлових районах. Основною причиною забруднення атмосферного повітря міста Запоріжжя залишаються застарілі технології та устаткування, на базі яких функціонують підприємства, і які не можуть забезпечити дотримання сучасних гігієнічних нормативів. Найбільшим забруднювачем повітряного басейну міста Запоріжжя є підприємство з повним металургійним циклом, який розпочинається в агломераційному цеху. У процесі агломерації в атмосферу викидається велика кількість технологічних газів, що містять пил, оксиди азоту, оксиди вуглецю та діоксид сірки. Тому для забезпечення високої якості атмосферного повітря у місті Запоріжжя необхідно впроваджувати нові методи та обладнання для очищення газів від пилу.

У статті запропоновано та обґрунтовано наступну схему очищення: газ із колектора надходить на першу ступінь очищення, де проходить через шість циклонів марки СЦН-50. Потім газ потрапляє на другу ступінь очищення – рукавний фільтр ФРІР-3800. Середній рівень уловлювання агломераційного пилу в циклоні СЦН-50 становить 91,56%, що знижує концентрацію пилу в газі до 0,675 г/м³. Рукавний фільтр працює з рукавами із оксалонітної тканини, термостійкість якої становить 180...220°C. При ефективності рукавного фільтру 98% залишкова запиленість дорівнює 0,014 г/м³. За результатами розрахунку газовідвідного тракту системи газоочищення, опір якого склав 12976 Па, вибрано два паралельно розміщених димотягів ДЦ-25×2.

Впровадження такої схеми очищення призведе до значного зменшення концентрації пилу в атмосферному повітрі міста Запоріжжя, що, в свою чергу, покращить стан здоров'я його населення, знизить ризик виникнення респіраторних та інших захворювань, пов'язаних із забрудненням повітря. *Ключові слова:* агломераційне виробництво, забруднення атмосферного повітря, здоров'я населення, рукавний фільтр, циклон, пил.

The introduction of effective methods for industrial emission cleaning to improve the environmental situation in the city of Zaporizhzhia. Hordiienko D., Taraban Ye., Belokon K.

Atmospheric air pollution is one of the serious causes that can lead to various human diseases. The main role in air pollution in the city of Zaporizhzhia is played by industrial enterprises. Long-term monitoring of atmospheric air quality indicates consistently high air pollution both at the border of sanitary protection zones and in residential areas. The main cause of air pollution in the city of Zaporizhzhia remains outdated technologies and equipment, based on which enterprises operate and are unable to ensure compliance with modern hygienic standards. The largest air polluter in the city of Zaporizhzhia is an enterprise with a full metallurgical cycle, which begins with the sintering shop. During the agglomeration process, a large amount of industrial gases containing dust, nitrogen oxides, carbon oxides and sulfur dioxide are released into the atmosphere. Therefore, to ensure high quality of atmospheric air in the city of Zaporizhzhia, it is necessary to implement new methods and equipment for dust removal from gases.

The article proposes and justifies the following purification scheme: gas from the collector enters the first stage of purification, where it passes through six cyclones of the SCN-50 brand. Then the gas enters the second stage of purification – the bag filter with pulse regeneration FRIR-3800. The average level of sintering dust collection in the SCN-50 cyclone is 91.56%, which reduces the dust concentration in the gas to 0.675 g/m³. The bag filter works with bags made of oxalon fabric, the heat resistance of which is 180...220°C. With a bag filter efficiency of 98%, the residual dust content is 0.014 g/m³. Based on the results of calculating the gas exhaust tract of the gas purification system with the resistance of 12976 Pa, two parallel smoke exhausters DC-25×2 were selected.

The introduction of such a cleaning scheme will lead to a significant reduction in the concentration of dust in the atmospheric air of the Zaporizhzhia city, which, in turn, will improve the health of its population and reduce the risk of respiratory and other diseases associated with air pollution. *Key words:* sintering production, air pollution, public health, bag filter, cyclone, dust.

Постановка проблеми. Проведені моніторингові та епідеміологічні дослідження в багатьох країнах світу доводять, що численні ефекти для здоров'я людини, в т. ч. захворювання і смерті від респіраторної і серцево-судинної патології, викликаються саме забрудненням атмосферного повітря речови-

нами у вигляді твердих зважених частиць (PM10) [1]. Зважені частинці завдають значних незворотніх збитків у вигляді скорочення тривалості життя за рахунок додаткових випадків смерті. Гострий вплив PM10 за 24 години призводить до підвищення добової смертності від 0,5 до 1,6% на кожні 10 мкг/м³, а при збільшенні середньодобової концентрації PM10 на 10 мкг/м³, частота патологічних симптомів з боку органів дихання підвищується на 2,4% [2].

Агломераційне виробництво є складним процесом, під час якого утворюються значні об'єми пилогазових викидів, що негативно впливають на стан здоров'я населення та довкілля. Внаслідок інтенсифікації процесу спікання агломерату та збільшення продуктивності агломераційних машин, об'єми таких викидів зростають, що вимагає розробки високоефективних очисних систем [3].

Високі рівні запилення можуть спричинити респіраторні захворювання, такі як астма та хронічне обструктивне захворювання легень, а також інші проблеми зі здоров'ям, включаючи погіршення психічного здоров'я.

Основною проблемою, що розглядається у статті, є необхідність розробки та впровадження ефективного обладнання для очищення пилогазових викидів агломераційних машин, щоб мінімізувати їхній негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей, забезпечуючи стійке виробництво високоякісного агломерату.

Актуальність дослідження. Процес агломерації залізних руд супроводжується великими викидами технологічних газів в атмосферу, що містять агломераційний пил, оксиди азоту та вуглецю, а при агломерації сірчистих руд – діоксид сірки. Основними джерелами пилогазових викидів в агломераційному цеху є технологічне обладнання, таке як агломераційні машини, охолоджувачі повернення агломерату, обпалювальні печі та численні аспіраційні системи, які встановлені на дробарках, гуркотах та транспортерах.

Навколишнє середовище також забруднюється зовнішніми джерелами пилу, такими як розвантажувальні та вантажні пристрої початкових матеріалів. До організованих викидів агломераційного цеху належать аспіраційні викиди відділень дроблення коксу і вапняку, технологічні викиди від печей випалення вапняку та від спекального відділення агломашин. Організація таких викидів полягає в організованому відборі забрудненого повітря або газу з місць їх утворення та подальшому очищенні у газоочисних апаратах. Після очищення умовно чисті газу викидаються в атмосферу за допомогою димотягів через димар.

Процес спікання агломерату супроводжується значним виділенням газів та вигоранням вуглецю і сірки, що містяться в шихті. Питомий вихід газів від агломераційної машини залежить від газопроникності шихти, вмісту в ній палива та величини

підсосу повітря. При отриманні 1 тонни агломерату вихід агломераційних газів становить 2,5-4,0 тис. м³ із вмістом пилу від 5 до 60 г/м³. Таким чином, у процесі спікання шихти від однієї агломашини АКМ1-75 після колектора на газоочищення надходить 262500 м³/год технологічних газів з запиленістю 8 г/м³ при температурі 150°C.

Негативний вплив пилу на здоров'я мешканців міста, де розташоване металургійне підприємство, є серйозною проблемою. Тому актуальним є розробка високоефективного очисного обладнання для мінімізації пилогазових викидів та зменшення їхнього негативного впливу на довкілля і здоров'я людей.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Розглянуто кілька варіантів очищення газів від агломераційних машин на діючих металургійних комбінатах. Для очищення агломераційних газів застосовують труби Вентурі. Після колектора газ поступає в блок з чотирьох низьконапірних (до 2 кПа) труб Вентурі, в яких здійснюється коагуляція пилу. Питома витрата води на зрошування труб Вентурі склала 0,3-0,5 л/м³ під тиском $(2,9-3,9) \times 10^5$ Па. Очищення газу від крапель води проходить в інерційному каплевловлювачі та встановлених за ним відцентрових циклонах.

У другому варіанті газу після горизонтального колектора проходять очищення в сухому інерційному пиловловлювачі діаметром 4500 мм з гідротранспортом уловленого пилу. Потім газу надходять у скрубери МП-ВТІ із зрошуваними гартами.

Третій варіант передбачає, що газу після горизонтального колектора надходять в короб брудного газу. Звідти вони розподіляються по п'яти паралельно працюючих низьконапірних трубах Вентурі з круглим перетином і діаметром 1050 мм, де відбувається коагуляція пилу. Очищення газу від крапель води проходить у бункері шламовідділювачу та у встановлених за ним відцентрових скруберах діаметром 4000 мм.

У четвертому варіанті газу після горизонтального колектора надходять двома паралельними потоками у циклоні ЦН діаметром 4200 мм з гідротранспортом пилу. Потім газу надходять у скрубери СКЦ діаметром 4000 мм із зрошуваними гартами, призначеними для відділення краплинної вологи та скоагульованих частинок пилу з газового потоку. Для транспортування газів використовують експаустер Д-6500.

Очищені аглогази надходять в димовий боров, а потім у димар. Шлам від бункерів труб Вентурі та скруберів надходить у «мигалки», які забезпечують гідравлічний затвор, і зливається в лоток, звідки самопливом надходить у шламову насосну і по загальному шламопроводу прямує на оборотний цикл аглофабрики.

Попри це, зазначені методи очищення не відповідають сучасним нормативним вимогам, що зумов-

лює необхідність розробки нових, більш ефективних схем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Автори публікації [4] розглядають екологічний вплив металургійної промисловості в Україні на навколишнє середовище, зокрема на атмосферне повітря, та пропонує шляхи зменшення цього впливу. Автори підкреслюють, що металургійні підприємства є значними джерелами забруднення, яке негативно позначається не тільки на навколишнє середовище, але й на здоров'ї населення, що проживають поблизу цих підприємств. Викиди шкідливих газів, таких як CO, SO₂, NO, та пил, спричиняють погіршення стану повітря і можуть призводити до серйозних захворювань серед населення, зокрема респіраторних і серцево-судинних хвороб.

Для вирішення цієї проблеми автори пропонують впровадження комплексного моніторингу викидів металургійних підприємств. Це включає вдосконалення системи контролю забруднення повітря та впровадження більш ефективних технологій очищення викидів, а також посилення екологічної звітності та оперативного реагування на порушення. Пропонується також модернізація виробничих процесів, що дозволить зменшити викиди шкідливих речовин та поліпшити стан екосистем в районах розташування таких підприємств.

Отже, для забезпечення екологічної безпеки та покращення якості повітря необхідно розвивати моніторинг та контроль за викидами металургійних виробництв. Впровадження комплексних заходів, таких як модернізація технологій та покращення систем очищення, може значно знизити рівень забруднення та покращити здоров'я населення в промислових регіонах [4].

Зменшення пилогазових викидів агломераційного виробництва для зменшення техногенного навантаження на атмосферне повітря може відбуватися на різних етапах агломераційного виробництва.

Войтенко Ю.В. та Левицька О.Г. проаналізували основні джерела пилогазових викидів в умовах агломераційного виробництва, ідентифікували небезпеку та обрали пріоритетні фактори при визначенні ризику за допомогою методики визначення ризику захворюваності, пов'язаної із шкідливою дією факторів навколишнього природного середовища, дослідили залежність зниження захворюваності населення внаслідок зменшення вносу пилу в процесах агломерації залізної руди. На основі проаналізованих даних було встановлено зв'язок між техногенним забрудненням атмосферного повітря та збільшенням рівня захворювань легень. Авторками розроблена та впроваджена технологія обробки аглошихти перед спіканням розчинами поверхнево-активних речовин з метою поліпшення грудкування і зниження викидів пилу з шару аглоштити, що спікається. В процесі експериментальних досліджень були визначені оптимальні параметри і режими обробки аглошихти роз-

чинами поверхнево-активних речовин. Встановлено, що впровадження розробленої технології дозволяє зменшити концентрацію пилу у викидах агломераційних газів в декілька разів, у тому числі знизити концентрацію дрібнодисперсного пилу (до 20 мкм) в аглогазах після мультициклону. Зменшення викиду пилу з агломераційними газами внаслідок обробки агломераційної шихти перед спіканням розчинами поверхнево-активних речовин призведе до зниження захворюваності населення в селітебній зоні поблизу агломераційної фабрики [5, 6].

Руденко М.Р., Кашцев М.А., Нагорний М.Є. та ін. у своєму дослідженні пропонують підвищити якість спікання агломераційної шихти на основі закономірностей розподілу шихти в системі бункер-живильник-завантажувальний пристрій, методів підвищення сегрегації з розподіленням гранулометричного складу і вуглецю твердого палива, збереження газопроникності шару, зниження викидів оксиду вуглецю. Для досягнення високої якості, автори визначили обсяги викидів забруднюючих газів від зон спікання агломашин аглофабрики; визначили вплив сегрегації при удосконаленні системи завантаження шихти (яка включає проміжний бункер – барабанний живильник – завантажувальний лоток) на насипну вагу шихти пошарово і викид оксиду вуглецю від зон спікання. У результаті відбулось зменшення викидів у атмосферне повітря за досліджуваний період [7].

Аналіз останніх досліджень свідчить про важливість інтеграції інноваційних технологій і підходів у виробничі процеси металургійних підприємств для зменшення екологічних ризиків. Застосування методів моніторингу, вдосконалення технологій очищення повітря, а також оптимізація виробничих процесів є важливими кроками до зниження техногенного навантаження на атмосферу і покращення здоров'я людей, що проживають поблизу таких підприємств. Крім того, публікації вказують на наявність певних прогалів у теоретичних моделях та практичних рекомендаціях, що створює простір для подальших досліджень і глибшого аналізу.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Недоліком мокрих пиловловлювачів, які використовуються на металургійних підприємствах, є необхідність створення водно-шламового господарства і захисту апаратів від залипання, абразивного зносу і корозії. Відкладення на стінках газоходів, апаратів і димотягів виникають в результаті взаємодії активного вапняку з ангідридом сірки та оксидом вуглецю, що входять до складу агломераційних газів, і утворюють нерозчинні у воді сульфат та карбонат кальцію. Ці речовини руйнують футерівку корпусів апаратів, приводять до заростання газоходів і викликають дебаланс і вихід з ладу димотягу [8].

Висока енергоємність мокрого очищення газів і трудності утилізації уловленого у вигляді шламу

пилу роблять доцільним застосування сухих високоефективних апаратів, горизонтальних електрофільтрів та рукавних фільтрів, які знайшли широке застосування як за кордоном, так і у вітчизняній практиці. Експлуатація систем очищення газів із застосуванням сухих горизонтальних електрофільтрів та рукавних фільтрів дозволила отримати необхідний ступінь очищення від пилу (залишкова запиленість газів складає близько $0,1 \text{ г/м}^3$), що свідчить про перспективність будівництва таких систем.

Новизна. У цій статті пропонується схема сухого очищення пилогазових викидів агломераційного виробництва, яку можна впровадити га металургійних комплексах. Переваги проєктного варіанту очищення агломераційних газів включають: відсутність шламового господарства, що спрощує експлуатацію системи; малий опір газового тракту, що підвищує ефективність процесу очищення; висока ефективність очищення газів від пилу, що забезпечує відповідність нормативним вимогам; енергетичні витрати нижчі, ніж при експлуатації мокрого очищення, що знижує загальні витрати на очищення; отримання пилу у вигляді, зручному для підготовки до повернення у виробництво, що сприяє економічній ефективності процесу.

Розробка та впровадження такої системи є важливим кроком до підвищення екологічної та економічної ефективності агломераційного виробництва.

Методологічне або загальнонаукове значення.

З розглянутих вище методів очищення технологічних газів агломераційних машин, які існують на даний час, можна зробити висновок, що кожен з них має свої переваги, за допомогою яких намагалися досягти максимального ступеня очищення відхідних газів від пилу. Проте кожен з них мають і певні недоліки: одні вимагають великих витрат електроенергії, інші мають складне конструктивне виконання або призводять до сильної корозії устаткування і т.д.

Викладення основного матеріалу. На основі аналізу схем очистки пропонується очищення технологічних газів агломераційних машин у рукавному (тканинному) фільтрі з попереднім грубим очищенням в циклонах. Схема газового тракту представлена на рисунку 1.

По цій схемі запилений газовий потік через вакуум-камери поступає в загальний горизонтальний колектор, що має бункери, і розташований збоку агломашини паралельно її осі. З колектора газ поступає на першу ступінь очищення – в циклони СЦН-50, а потім на другу ступінь очищення – рукавний фільтр. Після грубого і тонкого очищення аглогازی за допомогою ексагустера через димар викидаються в атмосферу.

Для розрахунків газовий тракт було поділено на 10 ділянок, для кожної з яких було визначено дов-

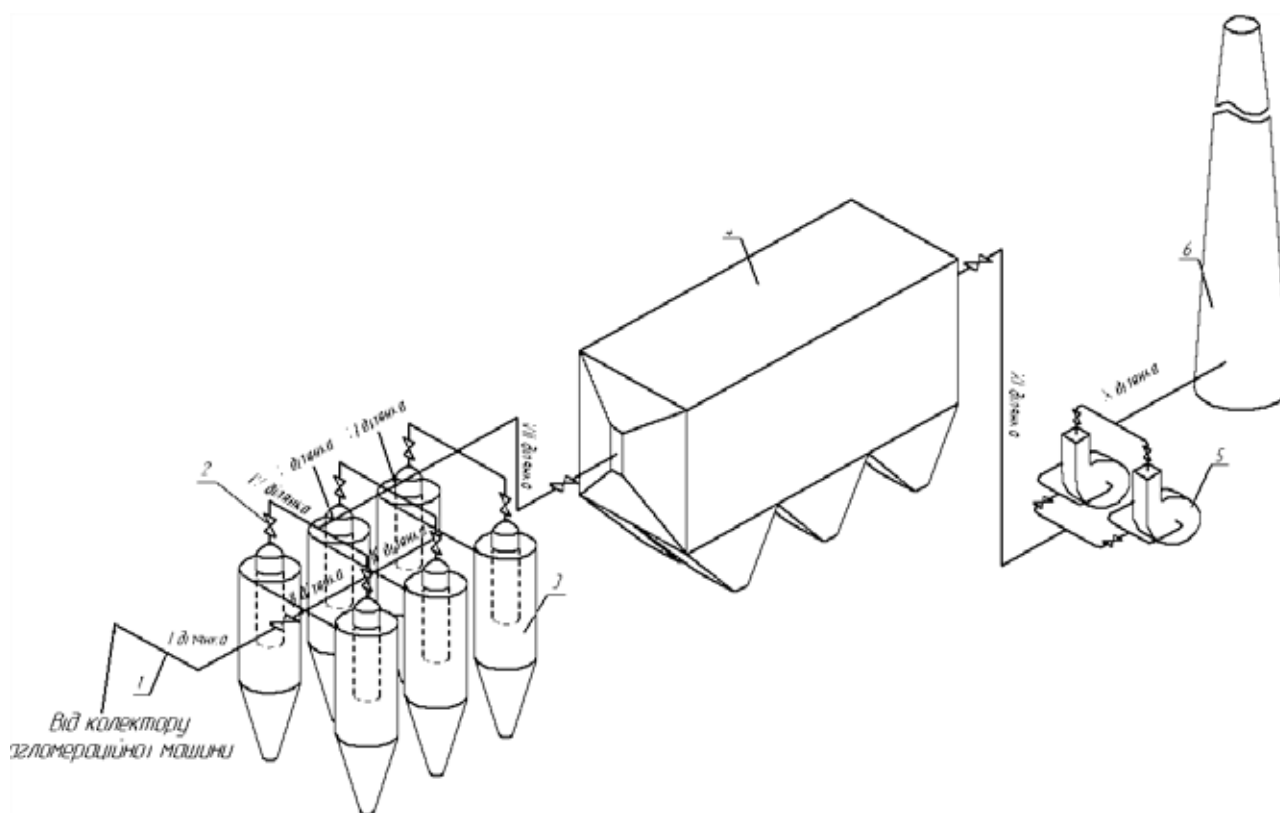


Рис. 1. Схема газового тракту очищення агломераційних газів в рукавному фільтрі

1 – газопровід від колектору агломераційної машини; 2 – засувка; 3 – циклони СЦН-50; 4 – рукавний фільтр ФРІР-3800; 5 – димотяг; 6 – димар

жину та діаметр. Довжина ділянок залежала від розташування циклонів, рукавного фільтра і димотягу, діаметр – від об'єму газу, що проходить по певній ділянці. Опір газового тракту з урахуванням місцевих опорів та опорів по довжині склав 12976 Па.

Для розрахунку циклону було враховано об'ємну витрату газу при робочих умовах, температуру газів, опір газового тракту, склад та характеристики агломераційних газів, щільність часток, концентрацію та дисперсний склад пилу. На основі цих даних було прийнято шість циклонів марки СЦН-50 із стандартним діаметром $D_{ц} = 2,8$ м [9]. Було визначено дійсну швидкість газів у циклоні, що становить 3,64 м/с, та гідравлічний опір циклону – 868 Па. Концентрація пилу після циклонів складає 0,675 г/м³, ступінь очищення – 92%.

Для розрахунку рукавного фільтра враховувалась об'ємна витрата газу при робочих умовах, температура газів, опір газового тракту та дисперсний склад пилу. На основі розрахунку необхідної площі поверхні було вибрано рукавний фільтр типу ФРІР-3800 [10]. Рукавні фільтри типу ФРІР добре працюють з рукавами, виконаними з оксалонітної тканини. Термостійкість такої тканини складає 180...220 °С, і вона стійка до кислого середовища. Гідравлічний опір тканини та шару пилу склав 1951 Па. Ефективність очищення після рукавного фільтра становить 98%, кінцева запиленість – 0,014 г/м³, що відповідає технологічним вимогам [11].

Димотяг обирали на основі аеродинамічного розрахунку тракту, продуктивність димотягу приймаємо із запасом 10% по відношенню до розрахункової кількості газів перед димотягом і з поправкою на барометричний тиск, вибрано два паралельно розміщених димотягів ДЦ-25×2.

Абразивостійкий циклон СЦН-50 призначений для ефективного очищення газу від абразивного пилу в ливарних виробництвах, енергетиці, у виробництвах будівельних матеріалів, металургії. Термін служби циклону СЦН-50 на абразивному грубому пилі збільшений в 3,5 разу щодо стандартного циклону ЦН-15 при однаковій продуктивності, гідравлічному опорі і ступені очищення; ступінь очищення від дрібного пилу у даного циклону вищий, винесення пилу на 15-20% менше. Підвищення абразивостійкості циклону СЦН-50 досягнуте за рахунок спірального введення запиленого газу в циклон, збільшення довжини циліндрової частини корпусу і діаметру пиловипускного отвору.

Циклони СЦН-50 прості по конструкції, нескладні у виготовленні і зручні в експлуатації. Рукавні фільтри типу ФРІР призначені для очищення технологічних газів від дрібнодисперсного та вибухонебезпечного пилу.

Процес фільтрації здійснюється в декілька стадій. У початковій стадії відбувається осадження частинок пилу на чистих волокнах усередині пористої перегородки фільтрувального матеріалу. В процесі про-

ходження запиленого газового потоку через чистий фільтрувальний матеріал пил осідає на волокнах в результаті безпосереднього торкання, дії інерційних сил, броунівської дифузії і в меншій мірі – електричних сил тяжіння порошинок до волокон і сили гравітації. Пилові нарости, що осідають на волокнах, поступово зникають і утворюють суцільну пористу пилову перегородку. Потім відбувається осадження аерозолів на пиловій підкладці до утворення шару пилу завтовшки, відповідною певному гідравлічному опорі. Таким чином, накопичуючись на поверхні тканини у вигляді шару, пил сам стає фільтруючим середовищем і збільшує ефективність пилозатримання фільтра. В процесі фільтрації шар пилу і опір фільтрувальної перегородки росте. Після досягнення деякої допустимої величини проводиться регенерація фільтрувальної перегородки (руйнування шару пилу, що утворився), в процесі якої уловлений пил скидається в бункер фільтру. Швидкості фільтрації знаходяться у межах 1,5 і 2,5 м/хв залежно від адгезійних властивостей шару пилу.

Для регенерації рукавів застосовують імпульсне продування з використанням швидкодіючих продувних клапанів. При ефективній регенерації загальний термін служби рукавів в цих фільтрах вищий, рукави менше зношуються, і до їх заміни залишкова запиленість зберігається на рівні 15...50 мг/м³, і лише в окремих випадках ці значення перевищуються.

Ефективність рукавних фільтрів досягає 90-99% і вище. Повітряне навантаження на тканину застосовується в межах до 200 м³/(м²·с). Гідравлічний опір фільтру залежно від ступеня запиленої рукавів не більше 2,5 кПа.

До складу механічного устаткування фільтру входять: система регенерації рукавів (накопичувачі стислого повітря, продувні клапани і роздаточні колектори), рукавні дошки, фільтрувальні рукави, дротяні каркаси, відсічні клапани, вузол редукування стислого повітря, пристрої пиловидалення і шафа управління регенерацією фільтру.

Підвісні бункери виконані у вигляді переверненої усіченої піраміди з кутом нахилу бічних граней 70°. Бункери фільтру в нижній частині обладнані вузлом вивантаження пилу, а також пристроєм пневмообрушення і оглядовими люками [8].

Установка відсічних клапанів «брудного» газу дозволяє проводити заміну фільтрувальних рукавів в 1/8 частин фільтру без його зупинки. Запилене повітря («брудний газ») через вхідний патрубок і відсічний клапан потрапляє всередину корпусу фільтру і прямує відбійним щитом через іскрогасні аеродинамічні грати у верхню частину камери «брудного» газу, чим забезпечується супутній рух потоку фільтрованого газу і обтрушуваною при регенерації пилу [8].

«Брудний» газ пройшовши рукави зовні всередину, очищається від пилу і потрапляє в камеру «чистого» газу, далі через вихідний патрубок, газохід і димотяг прямує в димар.

По мірі накопичення пилу на зовнішній поверхні рукавів загальний гідравлічний опір фільтру, що відстежується пристроєм управління регенерацією, росте і після досягнення заданої величини автоматично включається система регенерації фільтрувальних рукавів. Осушене стисле повітря з накопичувача через швидкодіючий продувний клапан і роздавальний колектор з соплами імпульсно подається всередину рукава і очищається як від пилу, що зібрався на зовнішній поверхні рукава у вигляді агломератів, так і від частинок пилу, що проникли всередину фільтрувального матеріалу.

Уловлений пил через щілиний бункер і вузол вивантаження пилу відводиться в систему пиловидалення.

Накопичувач стислого повітря виготовлений з металевої труби і обладнаний: 16-ю патрубками з фланцями для установки продувних клапанів; штуцером для підведення стислого повітря; штуцером для зливу конденсату; штуцером для установки манометра електроконтакта; 16-ю повітроводами подачі стислого повітря в колектора. Об'єм накопичувача складає 0,3 м³.

Рукавна дошка виконана з металевого листа з отворами діаметром $d=139$ мм. Отвори для кріплення виконані з отбортовкою, що підвищує жорсткість конструкції і покращує умови кріплення фільтрувальних елементів [8].

Фільтрувальний рукав виконаний у вигляді циліндра. У горловину фільтрувального рукава ушито металеве кільце, з протилежного боку рукава пришито денце. Як матеріал для виготовлення фільтрувального рукава вибираємо оксалонову тканину. Вузлом вивантаження пилу є пристрій для видалення пилу з бункера і складається з жолоба, до торців якого кріпляться бічні стінки. У середині жолоба поміщений шнек, який приводиться в рух через кулачкову муфту мотором-редуктором, змонтованим на одній з бічних стінок. З двох сторін шнек спирається на підшипникові вузли, закріплені на бічних стінках.

З бункерів фільтру уловлений пил за допомогою гвинтового конвеєра для подальшого транспортування подається на трубчастий ланцюговий конвеєр.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. В результаті інтенсифікації процесу спікання агломерату, збільшення корисної потужності тягодуттьового пристрою і продуктивності агломераційних машин зростають об'єми технологічних пилогазових викидів. Тому пропонується високоефективне очисне устаткування

для агломераційних пилогазових викидів. Питомий вихід газів від агломераційної машини залежить від газопроникності шихти, вмісту в ній палива і величини підсосу повітря. При отриманні 1т агломерату вихід агломераційних газів складає 2,5-4,0 тис. м³. Таким чином, в процесі спікання шихти від однієї агломащини АКМ1-75 після колектору на газоочищення поступає 262500 м³/год технологічних газів із запиленістю 8 г/м³. Температура газів що поступають на газоочищення 150 °С. Забруднення атмосферного повітря пилогазовими викидами серйозно впливає на здоров'я людей, зокрема спричиняють респіраторні та серцево-судинні захворювання. У статті запропоновано нову схему для сухого очищення пилогазових викидів агломераційного виробництва, що може бути впроваджена на металургійних підприємствах.

На основі розглянутих існуючих методів очищення пилогазових викидів було запропоновано впровадити наступну схему очистки пилогазових викидів: з колектора газ поступає на першу ступінь очищення – в шість циклонів марки СЦН-50 із стандартним діаметром 2,8 м, а потім на другу ступінь очищення – рукавний фільтр ФРІР-3800. Середня ступінь вловлювання агломераційного пилу з відповідних газів агломащини в циклоні СЦН-50 – 91,56%, отже концентрація пилу в газі на виході з циклону складає 0,675 г/м³. Рукавний фільтр працює з рукавами, виконаними з оксалонкової тканини, термостійкість якої складає 180...220 °С. При ефективності рукавного фільтру 98%, залишкова запиленість дорівнює 0,014 г/м³. За результатами розрахунку газівідвідного тракту системи газоочищення, опір якого склав 12976 Па, вибрано два паралельно розміщених димотягів ДЦ-25×2.

Основні переваги запропонованої технології включають відсутність необхідності у водно-шламовому господарстві, що значно спрощує експлуатацію системи, а також знижені енергетичні витрати у порівнянні з мокрим очищенням газів. Висока ефективність очищення дозволяє досягти нормативних вимог щодо якості повітря, зменшуючи рівень пилу у викидах, та підвищує екологічну безпеку на підприємствах. Крім того, пил у такій системі збирається у зручній формі для подальшого використання у виробництві, що також сприяє економічній ефективності.

Отже, запропоновано комплексний підхід до очищення газів, який відповідає сучасним вимогам і сприяє зменшенню негативного впливу агломераційного виробництва на довкілля та здоров'я населення.

Література

1. World Health Organization. Regional Office for Europe. Monitoring ambient air quality for health impact assessment. World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://iris.who.int/handle/10665/107332>(дата звернення: 27.10.2024).
2. Health and the environment in the WHO European Region: Situation and policy at the beginning of the 21st century: *Fourth Ministerial Conference on Environment and Health*, 23–25 June, 2004. Budapest, 2004. P. 23–128.

3. Plotnikov, V. V., & Saithareyev, L. N. (2014). Інтенсифікація агломераційного процесу за рахунок вдосконалення технології комбінованого огрудкування і завантаження шихти. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, (25), 41–46. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.25.2012.29206>.
4. Накемпій О. К. Оцінка впливу металургійної промисловості на стан атмосферного повітря та шляхи його зменшення. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2023. Т. 39, № 1–2. С. 87–93. URL: <https://doi.org/10.36804/ndipbor.39-1-2.2023.87-93> (дата звернення: 27.10.2024).
5. Войтенко Ю.В., Левицька О.Г. Підвищення екологічної безпеки селітебних територій в зонах інтенсивного забруднення атмосферного повітря. *Collection of Research Papers of the National Mining University*. 2020. Т. 61. С. 94–102. URL: <https://doi.org/10.33271/crpmu/61.094> (дата звернення: 27.10.2024).
6. Voitenko Y. Reduction of the risk of disease to the population through dusting of agglomeration gases. *Challenges and Issues of Modern Science*, 2, 2024. Т. 2, С. 476–481. <https://cims.fti.dp.ua/j/article/view/169> (дата звернення: 27.10.2024).
7. Mishchenko A. V. Development of the ideology of calibrations of the tool for cold rolling of pipes from alloys based on titanium. *Metal and Casting of Ukraine*. 2020. Vol. 317–319, no. 10–12. P. 64–73. URL: <https://doi.org/10.15407/steelcast2019.10.064> (date of access: 27.10.2024).
8. Кушакова Н. О. Металургійний комплекс України: загальна характеристика та сучасний стан розвитку. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2019. № 23. С. 162–165.
9. Циклон СЦН-50. *Науково-виробнича фірма МЕТАЛЛУМ*. URL: <https://www.metallum.com.ua/ua/oborudovanie/cziklonyi/sczn-50> (дата звернення: 28.10.2024).
10. Фільтри рукавні. *Головна БМЗ «Прогрес»*. URL: <https://www.progress.ua/catalog/pilo-gazo-siroochishchennya/Bag-filters/Bag-filters> (дата звернення: 28.10.2024).
11. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць : Наказ МОЗ України від 10.05.2024 № 813 : станом на 19 черв. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#Text> (дата звернення: 28.10.2024).