

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОСНОВНИХ ШЛЯХІВ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ТОКСИЧНИХ ГАЗІВ КОТЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ АВТОКЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Проаналізовано антропогенний вплив на довкілля котельних підприємств автоклавного виробництва будівельних матеріалів та запропоновано методи його зменшення.

Ключові слова: економічна доцільність, екологічна безпека, шляхи скорочення, викиди токсичних газів, котельня.

Проанализировано антропогенное влияние на окружающую среду котельных предприятий автоклавного производства строительных материалов и предложены методы его уменьшения.

Ключевые слова: экономическая целесообразность, экологическая безопасность, пути сокращения, выбросы токсичных газов, котельная.

The ecological influence of boilers of the autoclaving production of building materials enterprises on the environment is analyzed and some methods of its reduction are proposed.

Key words: economic feasibility, environmental security, reduction ways, emissions of toxic gases, boiler room.

1. Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.

Підприємства автоклавного виробництва будівельних матеріалів належать до найбільш енергоємних галузей, які характеризуються значними втратами теплоти і, як наслідок, нераціональними витратами паливних і водних ресурсів. Так, у автоклавному виробництві біля 45 % витраченої теплоти акумулюється будівельним матеріалом (силікатною цеглою, бетоном) та парою у вільному об'ємі автоклаву. Відпрацьована пара, потрапляючи в атмосферу, втрачає цю частку теплоти, що призводить до збільшення витрат палива (газу) на виробництво цієї пари в котельнях. У статті витрат енергоресурсів автоклавного виробництва будівельних матеріалів котельні займають вагоме місце. Для отримання пари необхідно витратити значну кількість паливних ресурсів. Так, для отримання 1 кг пари необхідно витратити 2261 кДж тепла, а з урахуванням теплоти на нагрів води до 100 °С – біля 2680 кДж [1]. При цьому слід врахувати, що в самих котельнях при спалюванні палива й перетворенні води в пару мають місце значні втрати тепла: середній ККД котелень не перевищує 0,8. Крім того, теплові втрати в трубопроводах досягають 25 % під час транспортування пари до теплових агрегатів [1]. До того ж, через значну кількість шкідливих викидів котельної в атмосферу (окису вуглецю, двоокису азоту, ангідриду сірчистого, ванадію п'ятиокису та сажі при роботі котельних на мазуті; окису вуглецю та окислів азоту при роботі на

газі) збільшується антропогенне навантаження на довкілля. Накопичення в ґрунті та сільгоспкультуррах шкідливих речовин призводить до загального погіршення демографічної ситуації, зокрема підвищення рівня захворюваності та смертності людей [4].

Отже, проблема скорочення шкідливих викидів від котельних підприємств автоклавного виробництва будівельної галузі шляхом раціонального використання паливних та водних ресурсів вельми актуальна. Впровадження ресурсозберігаючих технологій сприятиме не тільки підвищенню енергетичної ефективності виробництва завдяки економії палива, але й зменшенню екологічного навантаження на довкілля [4].

2. Аналіз останніх досліджень із проблеми. Виділення невирішених завдань у загальній проблемі, постановка мети і завдань дослідження.

Сучасні методи очищення шкідливих викидів котелень мають низьку ефективність [4]. Найбільш поширені – вологі методи очищення відхідних газів (зрошенням водою) супроводжуються значним зменшенням температури газів, а відтак різко скорочують можливість подальшого використання їхнього теплового потенціалу. Окрім того, вони пов'язані з додатковими енергетичними та матеріальними витратами, а ефективність очистки в них вдвічі нижча, ніж в електрофільтрах. Апарати сухого типу теж не забезпечують необхідного ступеня очищення, оскільки вони доволі громіздкі, а їхнє включення у тракт відпрацьованих газів потребує додаткових енергетичних витрат на подолання аеро-

динамічного опору. Очистка димових газів від золи в основному здійснюється в електрофільтрах, які на більшості котелень давно морально і фізично застаріли і потребують заміни або реконструкції. Проблема екологічної безпеки котелень загострюється ще тим, що

заміна недосконалих апаратів вологого золо вловлювання і електрофільтрів на сухі сучасні апарати потребує значних матеріальних і фінансових витрат (рис. 1).

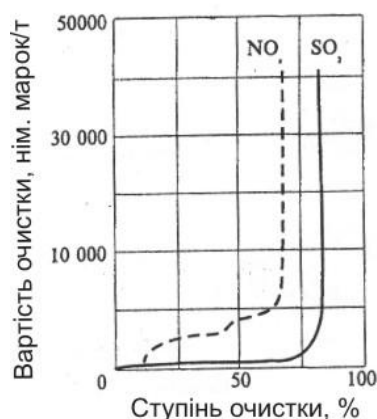


Рис. 1. Нелінійний ріст вартості очистки від забруднення

Як видно на рис. 1, високий ступінь очистки відхідних газів від таких забруднювачів атмосфери, як SO_2 і NO_x , може бути досягнутий при низьких витратах, але на певному етапі вони різко збільшуються (вартість очистки від SO_2 розрахована для Східної Європи (в нім. марках за тону видаленого забруднювача), від NO_x – для Західної Європи). Таким чином, чим вище ступінь очистки газів, тим вища її вартість [5].

До того ж через недосконале природоохоронне обладнання необхідний ступінь очистки у більшості випадків є недосяжним.

Таким чином, пошук резервів скорочення токсичних викидів від котелень доцільно здійснювати в напрямі скорочення витрат палива, що в них спалюється, тобто самих джерел цих викидів, а не тільки ліквідації наслідків непродуктивного використання паливних і водних ресурсів. Реалізація цього напряму, у свою чергу, пов'язана з раціональним використанням теплоти і теплоносія (води) в технологічних процесах, а відтак паливних і водних ресурсів [4].

3. Результати дослідження.

Очистка димових газів від сірчаних речовин.

Найбільш гострою проблемою захисту повітряного басейну є зниження викидів діоксиду сірки. Великим напрямком у рішенні проблеми є екологічно раціональне розподілення палива по електростанціям, у тому числі котельням. Так, електростанції, які спалюють сірчаний мазут або вугілля, що містять сірку, доцільно переводити на природний газ. Проте цей шлях обмежується наявністю необхідної кількості газу. Якщо перехід котельних на спалювання газу або малосірчистого вугілля неможливий, то необхідно розглянути очистку димових газів або зв'язування сірки в процесі спалювання, а також попередній витяг сірки з палива.

Техніко-економічні розрахунки показують, що зі збільшенням вмісту сірки в паливі і, відповідно, концентрації діоксиду сірки в димових газах збільшується доцільність використання способів очистки з використанням вловленого діоксиду сірки.

Враховуючи масштаби виробництва сірки і сірчаної кислоти та їхню вартість, можливо зробити висновок, що використання циклічних методів сірко очистки димових газів ТЕЦ у найближчий період економічно не виправдано (якщо не враховувати екологічний аспект очистки сірки).

Для основної частини вугілля – кузнецького, екібазузького, канско-ачинського, нерюнгрінського, куучекінського – характерний вміст діоксиду сірки в димових газах 0,03–0,06 % об'ємних, тобто на порядок менше, ніж від спалювання підмосковного вугілля. Для порівняння можна відмітити, що в кольоровій металургії підходящі гази, що мають вміст менше 1–3 % діоксиду сірки, вважають бідними [2].

Слід враховувати також, що циклічні способи очистки є складним хімічним виробництвом і значно дорожчим за капіталовкладеннями і експлуатаційними витратами нециклічних варіантів.

Вологий вапняковий (вапняний) спосіб – нециклічний процес, найбільш розроблений і є найбільш розповсюдженим у США, Японії, ФРН тощо. Він забезпечує очистку газів на 90 % від SO_2 . Основною складністю експлуатації вапняних установок є значні тверді відклади на стінках скрубера [2].

Волого-сухий спосіб. Цей нециклічний спосіб знайшов широке розповсюдження в країнах західної Європи і США головним чином під час спалювання вугілля з вмістом сірки від 0,5 до 1,5 %. В основі методу – поглинання діоксиду сірки з димових газів краплями вапнякового розчину, що випаровується. Ефективність сірковловлення більше 90 % [2].

Перевагами мокро-сухого способу очистки газу від SO_2 є: отримання продукту в сухому вигляді, відсутність стічних вод, висока (~1) ступінь використання реагенту, помірний аеродинамічний опір системи. Недолік цього способу полягає у відмові від використання дешевого вапняку і використання високоякісного вапна.

Магнетитовий циклічний спосіб найбільш детально вивчений. Будь-який циклічний спосіб непорівнянний за громіздкістю з нециклічним варіантом.

Основним недоліком магнезитового циклічного способу є наявність сірчано-кислотного виробництва і чисельних операцій із твердими речовинами (кристалами сульфату, золи, оксиду магнезю), що пов'язано зі зношуванням обладнання і пиловидаленням.

Аміачно-циклічний спосіб заснований на зворотній реакції, що протікає між розчиненим сульфатом, бісульфітом аммонія і диоксидом сірки, поглиненої з димових газів.

Аміачно-циклічний спосіб дозволяє отримати зріджений 100 % сірчистий ангідрид і сульфат амонію – хімічні продукти, необхідні народному господарству. На цьому способі побудована дослідно-промислова установка на Дорогобузькій ГРЕС.

Озоновий спосіб одночасної очистки димових газів від оксидів сірки і азоту. Всі розглянуті вище способи дозволяють очищати димові гази ТЕС тільки від диоксиду сірки, а також від хлористих і фтористих сполук. Що ж стосується оксидів азоту, що присутні в димових газах на 90-95 % у вигляді монооксиду, то вони вловлюються в незначних кількостях. Це пояснюється тим, що реакційна здатність оксиду азоту на три порядки менше, порівняно з реакційною здатністю диоксиду сірки. Озонний спосіб дозволяє здійснювати окислення озоном нижчих оксидів азоту і частково сірки з наступним зв'язуванням аміаком.

Основні недоліки озонного методу: висока енергоємність виробництва озону, що досягає 6-10 % потужності енергоблоку, й корозійна агресивність суміші сірчаної і азотної кислот [2].

Сухий вапняковий (адитивний) спосіб є найбільш простим і потребує найменших капіталовкладень.

Підводячи підсумок розгляду різних, по суті, хімічних способів очистки димових газів котельні від диоксиду сірки, слід відмітити, що капіталовкладення в нециклічні способи очистки складають близько 10-15 %, у циклічні 30-40 % вартості енергоблоку.

Циклічні методи можуть бути рентабельними, якщо вміст сірки в паливі становитиме понад 3,5-4 %. В інших випадках економічно доцільно використовувати вологий вапняковий чи волого-сухий вапняковий метод. Подальший розвиток і вдосконалення методів очистки димових газів ТЕС від оксидів сірки спрямований на досягнення безвідходної технології [2].

Переробка сірчаних палив перед їхнім спалюванням. Переробка сірчаних палив перед їхнім спалюванням є важливим методом скорочення викидів диоксиду сірки на котельні. Особливий інтерес при цьому набуває видалення з палива колчеданної сірки,

що значно простіше, ніж очистка димових газів від SO_2 . Додатковою перевагою (перед спалюванням) очистки палива від сірки є підвищення ефективності та надійності котельних установок, зниження корозії низькотемпературних поверхонь нагріву. Існуючі способи видалення колчеданної сірки не забезпечують повного її видалення. З допомогою гравітаційних повітряних сепараторів вдається видалити лише до 75 % колчеданної сірки. Хімічним методом, зокрема хімічною обробкою палива пентакарбонілом заліза та збагачення магнітним способом, можливо видалити 85 % колчеданної сірки. Для того, щоб видалити з вугілля не тільки колчеданну сірку, але й органічну сірку, необхідно використовувати складні та дорогі технологічні процеси. Найбільш перспективним є використання внутрішньоциклічної газифікації твердого палива.

Видалення сірки з рідкого палива є також вельми дорогим методом скорочення викидів SO_2 . Вартість очистки мазуту визначається вартістю водню, який витрачається в процесі гідроочистки, і збільшується пропорційно кожному 0,5 % видаленої сірки.

Для рішення екологічних задач, і в першу чергу зниження викиду оксидів сірки, в останні роки багато уваги приділяється спалюванню твердого палива в киплячому шарі та створенню парогазових установок із газифікацією вугілля.

Перевагами методів є утилізація оксидів азоту, наявність утилізаційного парогенератору для виробництва електроенергії. Недоліками є витрати, пов'язані з використанням інертних матеріалів та сорбентів, а також потреба в природному газі для газифікації твердого палива.

У СНД створені та знаходяться в стадії дослідження декілька котлів зі спалюванням палива в киплячому шарі. Аналогічні роботи проводяться за кордоном. У США налагоджено серійний випуск такого типу котлів паропроductивністю від 1 до 100 т/год. У Фінляндії фірмою «Альстром» випускаються котли з киплячим шаром на 420 т/год пари [2].

Утворення оксидів азоту в топках котлів.

Джерелами оксидів азоту (NO_x) на ТЕС є молекулярний азот повітря («повітряні» або «термічні» NO_x) і компоненти палива, що містять азот («паливні» NO_x). Якщо, проектуючи котли, не приймають спеціальних заходів, що обмежують утворення оксидів азоту, то їх концентрації знаходяться на рівні, наведеному в таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст оксидів азоту в димових газах котлів

Паливо	Котли	Концентрація, мг/м ³		Примітка
		фактична без засобів пригнічення	ДСТ 26943-86	
Природний газ	Котли 230-420 т/год Блоки 300 МВт Блоки 800-1200 МВт	500-900	370	З розрахунку на пробу газу з $\text{O}_2 = 3\%$
		1000		
		1250-1500		
Мазут	Котли 230-670 т/год Блоки 300-1200 МВт	500-700	370	З розрахунку на $\text{O}_2 = 3\%$ ($\alpha = 1,167$)
		700-1200	400	

Буре вугілля	Котли з твердим шлаковидаленням	500-600	470-670 т/год	З розрахунку на $O_2 = 6\%$ ($\alpha = 1,4$)
	Котли з рідким шлаковидаленням	600-800	520-950 т/год 520 до 1991 р., 470 після 1991 р.	
Кам'яне вугілля	Котли з твердим шлаковидаленням	600-1100	640-720 до 1991 р., 590 після 1991 р.	З розрахунку на $O_2 = 6\%$
	Котли з рідким шлаковидаленням	1200-2200	-	

Суттєво зменшити кількість оксидів азоту, що утворюється при горінні, можливо за умови спеціально організованого процесу горіння. Методи скорочення викидів оксидів азоту, що знайшли практичне використання, потребують значних матеріальних витрат та дорогого обладнання [2].

Зниження температурного рівня в топці як метод скорочення викидів оксиду азоту потребує додаткових коштів для встановлення великої кількості горілок у котлах. До того ж цей метод використовується лише в котлах, де як паливо використовується природний газ, який не містить азоту.

Ефективність такого методу, як *рециркуляція димових газів*, залежить від їхньої кількості та температури, а також від організації введення їх в топку. Так, на блоках 300 МВт Костромської ГРЕС використання рециркуляції димових газів скоротило концентрацію оксиду азоту з 800 до 400 мг/м³. Недоліком методу є значні витрати електроенергії на власні потреби.

Впорскування вологи або пари в топку як засіб зниження викидів NO_x відрізняється простотою, легкою регулюванням та низькими капітальними витратами. На газомазутних котлах метод дозволяє знизити викиди NO_x на 20-30 %, проте вимагають витрат теплоти на пароутворення і викликає збільшення витрат із відхідними газами. За спалювання твердого палива результати дуже незначні. У цілому цей метод доцільний, з екологічної точки зору, в аварійних ситуаціях, зокрема за особливо несприятливих метеорологічних умов.

Метод багатоступеневої подачі палива з оновленням NO_x в топці служить ефективним методом боротьби з оксидами азоту. Наприклад, на котлах БКЗ-420-140-5 Карагандинської ТЕЦ-3, яка має вихрові горілки з двома каналами зі вторинним повітрям, шляхом поступового підмішування вторинного повітря до аеросуміші і спалювання екибастузського вугілля, концентрація оксидів азоту скоротилась із 800 до 550 мг/м³.

Зниження надлишку повітря в топці на всіх видах палива призводить також до скорочення викиду оксидів азоту. Межами застосування цього методу є поява у відхідних газах продуктів неповного згорання (CO , H_2), збільшення вмісту горючих в уносі, збільшення інтенсивності шлакування поверхонь нагріву та високотемпературної корозії екранів.

Попередній підігрів палив до 700 °С вивчено ще недостатньо. За попередніми даними цей метод дозволяє знизити викид оксиду азоту в 2-2,5 рази. Результат досягається попереднім видаленням частини летучих.

Таким чином, використання того чи іншого методу скорочення NO_x викликає багато складностей. Пояснюється це тим, що процеси у топці є складними, відрізняються різноманіттям конструкцій топко, горілочних установок та властивостей палив [2].

У багатьох випадках досягти бажаного зниження викидів у процесі спалювання палива шляхом пригнічення утворення NO_x неможливо. У таких випадках використовується *методи хімічної очистки газів від оксидів азоту*.

Перспективними щодо очистки димових газів котлів є *відновлювальні методи*. Найбільш вивчений метод полягає у відновлюванні оксидів азоту з допомогою аміаку за високої температури (900-1100 °С). Аміак подається разом із газами або паром. Необхідні для змішування витрати газів рециркуляції складають близько 15 %, витрати пари – від 1 до 3 % паропроductивності котла в залежності від способу введення та змішування пароаміачної суміші з димовими газами. Вагова витрата аміаку 0,5 частини на одну вагову частину NO .

За більш низьких температур газів (573-723 К) реакція розкладання оксидів азоту протікає тільки в присутності каталізаторів. Як каталізatori використовуються оксиди різних металів (титан, хром, ванадій). Ефективність розкладання NO_x з використанням каталізатора досягає 90 %.

Недоліками методу є значні витрати на придбання аміаку та каталізатора для очистки викидів оксиду азоту. До того ж тривалість дії каталізатора обмежена. Через декілька тисяч годин роботи ефективність каталізатора на пиловугільних шахтах (за досвідом їхньої роботи за кордоном) знижується. У цьому випадку можливе додавання ще одного ряду блоків каталізатора, що потребує додаткових витрат. Для зниження концентрації NO_x з 800 до 200 мг/м³ на енергоблоці на вугіллі 500 МВт необхідно 0,7 т/год газоподібного аміаку. За умови автоматизації процесу залишкова концентрація аміаку в димових газах складає 0,005 % [2].

За останні роки робились спроби *використання різних присадок до палива* з метою зниження виходу оксидів азоту під час горіння. Цікаві дослідження проведені в Середньоазіатській філії інституту ВНІПромгаз.

Додаючи мінеральну присадку типу ВТІ-4 (10-відсотковий водний розчин хлористого магнію), призначений для зниження високотемпературної сульфідної і низько-температурної сульфідної корозії, у котлі ПК-41-1 спостерігалось зниження викидів оксиду азоту під час спалювання мазуту з 0,6 до 0,42 г/м³.

Серед інших шкідливих викидів, що утворюються під час спалювання органічного палива, найбільше значення мають продукти неповного згоряння – оксид вуглецю та бенз(а)пірен. Концентрація оксиду вуглецю в продуктах згоряння природного газу близько 0,02 % супроводжується втратою теплоти від хімічної неповноти згоряння $q_3 = 0,1$ %. Настільки мале значення звичайно не привертає особливої уваги експлуатаційного персоналу. Разом із тим, працюючи в такому режимі ($q_3 = 0,1$ %) від спалювання 10^7 м³/добу природного газу, в атмосферне повітря надходить 30-40 т/добу оксиду вуглецю [2].

Як правило, зі зменшенням потужності котлів концентрація СО у відхідних газах зростає. На концентрацію оксиду вуглецю в продуктах згоряння впливають, крім потужності котла й виду палива, аеродинаміка топкової камери, ефективність перемішування паливоповітряного потоку, температура факела, розташування поверхонь нагрівання стосовно факела й інші фактори. У кожному випадку спалювання палива в топці варто налагоджувати таким чином, щоб знизити до нуля хімічний недопал і, відповідно, викиди СО.

Значна кількість бенз(а)пірену виділяється під час горіння, що супроводжується утворенням сажі, і залежить, насамперед, від надлишку повітря в топці й температури факела. У добре відрегульованих топкових пристроях вихід бенз(а)пірену не перевищує $0,4 \times 10^{-4}$ мг/м³ продуктів згоряння. Слід зазначити, що бенз(а)пірен добре розчиняється в ацетоні, бензолі, толуолі й ряді інших розчинників і може бути вловлений фільтрами із тканини ФПП-15, розробленими академіком І. В. Петряновим-Соколовим.

У результаті виконаного аналізу методів зниження можна зробити висновок, що будь-який топочно-горілочний пристрій котла, печі, сушилки повинен пройти налагодження з метою забезпечення мінімуму викидів шкідливих речовин, що утворюються в процесі спалювання палива, і складання режимної карти для експлуатаційного персоналу [2].

Очистка димових газів котлів від золи. Ефективність роботи газоочисних установок залежить від фізико-хімічних властивостей вловлювальної золи і потрапляючих в золоуловлювач димових газів. Основними характеристиками золи є щільність, дисперсний склад та електричний опір, злипання тощо.

Так, зола з високим злипанням, сюди можна віднести золу АШ, забиває циклоні й мокрі золоуловлювачі й погано видаляється з бункерів. Для вологих золоуловлювачів істотне значення має вміст у золі оксиду кальцію СаО. За великої кількості СаО їхня робота стає неможливою через цементизацію золи (сланець, кансько-ачинське вугілля).

Під час вибору і експлуатації золоуловлювачів слід очікувати також такі властивості золи: абразивність і змочуваність золи. Інтенсивність абразивного зносу золоуловлювачів залежить від твердості, розміру та щільності золи. Змочуваність частин водою здійснює вплив на роботу вологих золоуловлювачів. Чим гірше змочуваність, тим нижче ефективність золоуловлювання.

Електричний опір золи теж суттєво впливає на ефективність роботи золоуловлювачів. Очистка димових газів, що мають несприятливі електрофізичні властивості, має низьку ефективність. Важливим напрямком у рішенні проблеми уловлення золи з високим ПЕО (питомий електричний опір) є кондиціонування димових газів, що полягає в зміні їхніх властивостей під час додавання хімічних речовин або водяного пара. Такі заходи потребують додаткових матеріальних витрат для підвищення ефективності золоуловлювачів.

Залежно від потужності ТЕС, зольності палива, фізико-хімічних властивостей золи, санітарно-гігієнічних умов у районі розташування електростанцій обирається тип золоуловлювачів. На вибір типу золоуловлювачів може вплинути й використання золи.

До основних вимог, що висувуються до систем золоуловлення, відноситься висока ефективність й експлуатаційна надійність.

Варто мати на увазі, що чим вище необхідний ступінь очищення газів і чим дрібніші частки, що підлягають уловленню, тим більшими виявляються питомі капітальні витрати на спорудження установок для вловлювання золи й витрати на їх експлуатацію.

На котельнях застосовуються три типи золоуловлювачів: апарати сухого інерційного очищення газів (жалюзійні золоуловлювачі, циклони, прямооточні циклони, батарейні циклони); апарати мокрого очищення газів; електрофільтри.

Фільтри, у яких використовуються пористі середовища для очищення газів від твердих часток (волокнисті, тканеві або рукавні, зернисті), не знайшли широкого поширення через дуже великі розміри й підвищену складність в експлуатації. Основна складність полягає в нагромадженні золи у фільтруючому матеріалі, що вимагає його періодичної регенерації. Основна перевага таких фільтрів полягає в дуже високому ступені очищення газів від пилу або золи, що перевищує 99,9 %.

Перш ніж почати проектування системи газоочистки, необхідно вивчити конструкційні й експлуатаційні особливості наявних типів золоуловлювачів.

Кожен тип золоуловлювача розрахований на певні умови роботи. До них належать припустима температура газів, що йдуть, можливість розміщення на відкритому повітрі й сприйняття навантажень від газоходів, що підводять, і ділянок обслуговування, наявність необхідної кількості води для мокрих золоуловлювачів, система транспорту й використання золи.

Вибираючи тип золоуловлювача, варто зробити начерки можливих схем газоочистки й провести варіантні розрахунки для вибору оптимальної з них за очікуваною ефективністю, капітальним й експлуатаційними витратами, компонуванню встаткування й т.ін.

Золоуловлювачі завжди встановлюють перед димососами за рухом димових газів для запобігання останніх від абразивного зношування.

При двоступінчастій системі золоуловлення можлива установка димососів між золоуловлювачами (в розсічку).

Рішення про установку золоуловлювачів усередині або поза будинками приймається залежно від кліма-

тичних умов і типу апаратів. Найбільш складні за конструкційним оформленням газоочисні апарати-електрофільтри, які встановлюються поза будинками. Для захисту ізоляторних коробок від опадів і полегшення умов їхнього обслуговування верх електрофільтру закривається наметом або спеціальною покрівлею. Підбункерний простір електрофільтрів також укривається легкими матеріалами.

Ступінь вловлювання золи в золовловлювачах коливається залежно від властивостей золи й умов експлуатації в широких межах. Так, ступінь вловлювання η електрофільтрів становить 96-99 %; мокрих золоуловлювачів 92-96 %; батареїних циклонів – 82-90 %.

Газоочисні установки, як правило, не дають прибутку. Можливість використати вловлений продукт звичайно лише частково окупає їхнє спорудження. Тому техніко-економічна оцінка газоочисних споруджень будується в основному на базі порівняльних даних. Порівняння аналогу з оцінюваним варіантом здійснюється за капітальними вкладеннями, чисельністю обслуговуючого персоналу, продуктивності праці, експлуатаційними витратами, рівню наведених витрат [2].

Ефективність вловлювання золи на мазутних котельнях. Котли, що спалюють рідке паливо, як правило, не оснащені золовловачами у зв'язку з низьким змістом золи в паливі ($A^P = 0,05 \div 0,15 \%$).

В останні роки у зв'язку зі збільшенням забрудненням атмосферного повітря й більш глибоким вивченням складу твердих викидів, що утворюються при спалюванні мазуту, у СНД і за кордоном проводяться роботи з дослідного й промислового впровадження золовловлювачей у мазутних котлах.

Сполука мінеральної частини вітчизняних мазут у перерахуванні на оксиди коливається в таких відсотках: оксид натрію – 20-40 %; пентаоксид ванадію – 20-30 %; оксид кремнію – 5-20 %; триоксид сірки – 20-40 %; триоксид заліза – 3-20 %; оксид кальцію – 3-10 %; оксид магнію – 3-10 %; оксид нікелю-1-10% [2].

Поряд з мінеральною частиною палива в димових газах, що викидають, є сполуки вуглецю, що не догоріли. На вітчизняних енергетичних котлах тверді частки в димових газах містять до 60 % горючих. Сполуки вуглецю, що не догоріли, мають вигляд часток сажі, серед яких найбільшу небезпеку представляє бенз(а)пірен.

Золіві частки й сажа осаджуються на трубах поверхонь нагрівання котлів та регенеративних повітрянагрівачів (РВП). Під час обдування РВП й очищення поверхонь нагрівання відбувається викид твердих часток.

Для того щоб вибрати тип вловлювальних пристроїв, забезпечити надійну евакуацію вловленої золи й сажі, необхідно враховувати властивості вловлених часток. Дисперсність часток характеризується тим, що 20 % має розмір менш 10,5 мкм, а інші крупніше, причому 55 % часток крупніше 35 мкм. Важливим показником є насипна щільність. Середня насипна щільність становить 160 кг/м³. Електричний опір часток становить близько 10⁵ Ом*см,

тому такий матеріал належить до малоомного й важко вловлюється в електрофільтрах.

Хімічний аналіз вловлених на мазутних котлах твердих часток показує, що вміст триоксида сірки в них у сотні разів вище, ніж у потоці газу. Іншою особливістю вловлених часток є їхня висока гігроскопічність й пожежонебезпека.

Найбільше поширення у світовій практиці на котлах, що спалюють мазут, знайшли інерційні золовловлювачі, як найбільш дешеві під час спорудження й прості в експлуатації. У СНД інерційні золовловлювачі на мазутних котлах випробувані в Новосалаватській ТЕЦ і ТЕЦ-16 Мосенерго, ефективність вловлювання яких становить 60-80 % [2].

У США, Японії й інших країнах застосовуються також електрофільтри. Найбільші труднощі під час експлуатації електрофільтрів являє налипання твердих часток на електродах. З налипанням борються звичайно упорскуванням аміаку в газохід перед електрофільтром. Періодично здійснюється водне промивання електрофільтрів.

Видалення вловлених твердих часток на мазутних котлах являє собою більше складне завдання, ніж за роботи на твердому паливі. Це пояснюється гігроскопічністю, високим вмістом горючих і втратою сипкості золи при температурі нижче 150° С. Тому застосовується пневматична або гідравлічна система евакуації мазутної золи. У зв'язку із тим що в уловленому матеріалі великий вміст вуглецю, у деяких схемах передбачається повернення вловлених часток на повторний допал.

Слід зазначити, що вловлювання золи на ТЕС і котельнях, що спалюють мазут, не тільки вирішує питання зниження токсичних викидів, але й дає можливість утилізувати коштовні, дефіцитні компоненти на основі ванадію й нікелю [2].

4. Висновки. У результаті виконаного аналізу основних шляхів скорочення викидів токсичних газів котельних підприємств автоклавного виробництва будівельних матеріалів із точки зору їхньої економічної доцільності та екологічної безпеки можна зробити такі висновки:

1. Сучасні методи очищення шкідливих викидів котельних мають низьку ефективність [4].

2. Найбільш поширені – вологі методи очищення відхідних газів (зрошенням водою) супроводжуються значним зменшенням температури газів, а відтак різко скорочують можливість подальшого використання їхнього теплового потенціалу. Окрім того, вони пов'язані з додатковими енергетичними та матеріальними витратами, а ефективність очистки в них вдвічі нижче, ніж в електрофільтрах [4].

3. Апарати сухого типу теж не забезпечують необхідного ступеня очищення, доволі громіздкі, а їхнє включення у тракт відпрацьованих газів потребує додаткових енергетичних витрат на подолання аеродинамічного опору. Очистка димових газів від золи в основному здійснюється в електрофільтрах, на більшості котельних давно морально і фізично застарілих, що вимагає їх заміни або реконструкції [4].

4. Проблема екологічної безпеки котельнь загострюється ще тим, що заміна недосконалих апаратів вологого золотловлювання і електрофільтрів на сухі сучасні апарати потребує значних матеріальних і фінансових витрат [4].

5. Високий ступінь очистки відхідних газів від таких забруднювачів атмосфери, як SO_2 і NO_x , може бути досягнутий за низьких витратах, але на певному етапі вони різко збільшуються (вартість очистки від SO_2 розрахована для Східної Європи (в нім. марках за тону видаленого забруднювача), від NO_x – для Західної Європи). Таким чином, чим вище ступінь очистки газів, тим вища її вартість [4].

6. До того ж через недосконале природоохоронне обладнання необхідний ступінь очистки у більшості випадків є недосяжним [4].

Таким чином, пошук резервів скорочення токсичних викидів від котельних доцільно здійснювати в напрямі скороченні витрат палива, що в них спалюється, тобто самих джерел цих викидів, а не тільки ліквідації наслідків непродуктивного використання паливних і водних ресурсів. Реалізація цього напрямку, в свою чергу, пов'язана з раціональним використанням теплоти і теплоносія (води) в технологічних процесах, а відтак паливних і водних ресурсів [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Крылов Б. А. Эффективное ресурсосбережение. (На примере железобетонных конструкций) / Б. А. Крылов. – М. : Знание, 1989. – 64 с.
2. Жабо В. В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: учебник для техникумов / В. В. Жабо. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
3. Хотунцев Ю. Л. Экология и экологическая безопасность: учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Ю. Л. Хотунцев. – М. : Издат. центр «Академия», 2002. – 480 с.
4. Сталинский Д. В. Защита окружающей среды от загрязнений дымовыми газами теплоэлектростанций / Д. В. Сталинский, Г. Ф. Ганжа, А. В. Дунаев, В. Г. Дорошенко // Экология та виробництво. – 2002. – Вересень. – С. 16–18.
5. Хотунцев Ю. Л. Экология и экологическая безопасность: учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений / Ю. Л. Хотунцев. – М. : Издат. центр «Академия», 2002. – 480 с.

Рецензенти: **Клименко Л. П.**, д.т.н., професор;
Сирота О. А., к.т.н., доцент.

© Радченко М. І., Макарова О. В., 2012

Дата надходження статті до редколегії 23.12.2012 р.

РАДЧЕНКО М. І. – д.т.н., професор, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, НДІ проблем екології та енергозбереження, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: техногенна безпека, енергозбереження.

МАКАРОВА Олена Валеріївна – викладач кафедри біології та екологічної безпеки, Чорноморський державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв.

Коло наукових інтересів: техногенна безпека, енергозбереження.