

*Є. О. Михайлова*

*Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця*

*e-mail: mykhailova.e@ukr.net*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗНЕШКОДЖЕННЯ СУЛЬФУРУ (IV) ОКСИДУ В ГАЗОВИХ ВИКИДАХ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ**

Концепція сталого розвитку ґрунтується на встановленні балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному довкіллі. У цьому сенсі сталий розвиток передбачає, насамперед, економічну ефективність та соціальну справедливість при загальному зниженні антропогенного тиску на біосферу [1].

Значний негативний вплив на сталість біосфери має забруднення атмосферного повітря. Особливу небезпеку становлять теплоенергетичні установки, що працюють на вуглеводневому паливі. До подібних джерел можна віднести теплоагрегати ТЕЦ виробництва кальцированої соди, топкові гази яких містять  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$  та пил. Найбільш об'ємним і токсичним компонентом газових викидів є сульфур (IV) оксид, який утворюється в кількості 5,6 кг на 1 тону продукту [2].

$\text{SO}_2$  – це безбарвний газ з характерним різким запахом. Має токсичну дію. Відповідає 3-му класу небезпеки. Нормується наступними санітарно-гігієнічними показниками (гранично допустимі концентрації): максимально разова –  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , середньо добова –  $0,05 \text{ мг/м}^3$ , у приміщенні (робоча зона) –  $10 \text{ мг/м}^3$ . Крім того, сульфур (IV) оксид відноситься до парникових газів непрямої дії і сприяє посиленню парникового ефекту, а також є одним із головних чинників утворення кислотних дощів. Отже, розроблення і впровадження способів щодо його знешкодження є актуальною проблемою сьогодення.

У загальному випадку знизити викиди сполук сульфуру в біосферу можна або шляхом видалення сірки з палива до його спалювання на спеціалізованих

підприємствах, або шляхом очищення від сполук сульфуру продуктів згоряння палива. На діючих содових виробництвах доцільне застосування другого способу, до переваг якого можна віднести значну ефективність (видалення до 90-95 %  $\text{SO}_2$ ) і універсальність використання для всіх видів палив.

В теперішній час для очищення газових викидів від сульфур (IV) оксиду запропоновано багато методів [3], але на практиці застосовуються деякі з них. Зазвичай методи знешкодження класифікують за трьома основними ознаками:

- фізико-хімічною сутністю процесу: абсорбційні, адсорбційні, каталітичні та електронно-променеві;
- наявністю або відсутністю регенерації реагентів: циклічні (регенераційні), нециклічні (нерегенераційні). Циклічні методи дозволяють зменшити витрати реагентів і кількість відходів;
- можливістю утилізації продуктів процесу очищення: технології з одержанням товарного продукту і без нього. Одержання товарної продукції у вигляді елементарної сірки, рідинного  $\text{SO}_2$ , сульфатної кислоти, будівельних матеріалів і мінеральних добрив дозволяє частково компенсувати витрати на очищення газових викидів.

Вибір методу знешкодження сульфуру (IV) оксиду залежатиме від декількох факторів: концентрації  $\text{SO}_2$  в газових викидах; температури і об'єму газів, що очищаються; необхідного ступеня очищення; властивостей, вартості і доступності реагентів і допоміжних матеріалів; наявності ринку збуту продукту утилізації тощо.

Найбільше розповсюдження отримали абсорбційні (мокрі) методи знешкодження  $\text{SO}_2$ , засновані на поглинанні газів розчинами хемосорбентів в абсорберах різних типів і конструкцій. Як поглиначі можуть бути використані вода, водний аміак, розчини та суспензії лужних і лужноземельних металів (оксиди, гідроксиди, солі). Ці методи дозволяють перевести оксиди сульфуру в сульфіти, бісульфіти і сульфати.

Переваги абсорбційних методів полягають у високому ступені очищення, простоті процесів і надійності роботи очисних установок. Істотним недоліком є

насичення газів водяною парою і зниження їх температури після процесу очищення. Надалі, при викиданні парогазової суміші в атмосферу, водяна пара конденсується, і термічна підйомна сила газу зменшується. Це призводить до швидкого підвищення концентрації  $\text{SO}_2$  біля джерела викиду. Також для більшості абсорбційних методів характерні корозія апаратури, порівняно громіздке обладнання та обмеження ринку збуту продуктів очищення.

Недоліки абсорбційних методів знешкодження сульфуру (IV) оксиду призвели до розроблення адсорбційних (сухих) процесів, заснованих на використанні твердих поглиначів шляхом їх введення в порошкоподібному вигляді в топку і (або) газоходи теплоенергетичних агрегатів. Як адсорбенти можуть бути застосовані вапняк, доломіт або вапно, оксиди деяких металів (зокрема  $\text{Mn}$  і  $\text{Al}$ ), силікагелі, кислотостійкі цеоліти (в тому числі природні).

Перевагою адсорбційних методів є можливість реалізації обробки газів при підвищених температурах без зволоження потоків, які очищуються. Це дозволяє знизити корозію апаратури, спрощує технологію знешкодження і скорочує капітальні витрати на неї. Поряд з цим сухі методи, зазвичай, передбачають можливість циклічного використання поглиначів і (або) утилізацію продуктів процесу очищення. До недоліків методу відносяться втрати адсорбенту за рахунок його стирання, унесення частинок поглиначів і необхідність його уловлювання, матеріальні витрати на процес регенерації сорбенту, необхідність утилізації тепла процесу очищення.

Більшість каталітичних методів знешкодження сульфуру (IV) оксиду в газових викидах базуються на окисненні  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  на поверхні каталізатора з подальшим утворенням сульфатної кислоти. Процес може здійснюватися з використанням як каталізатора піролюзиту ( $\text{MnO}_2$ ) або ванадію оксиду ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ). В першому випадку окиснення проводиться за допомогою кисню, в другому – за рахунок введення нітрогену (IV) оксиду.

Каталітичний метод очищення є досить раціональним, так як не потребує великої кількості реагентів і дає можливість одержати товарний продукт –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Але суттєві його недоліки полягають в обмеженні використання

каталізатора в умовах газового потоку, який містить пил, вологу та каталітичні отрути; високій вартості каталізатора; утворенні товарного продукту сумнівної якості за рахунок складності процесу кислотоутворення.

Особливе місце займає електронно-променевий (радіаційно-хімічний) метод одночасного очищення газів від оксидів сульфуру і нітрогену. Згідно цього методу газові викиди опромінюються потоком швидких електронів, що генеруються прискорювачем, в результаті чого утворюється невелика кількість активних компонентів (атомів і радикалів типу H, N, OH, NO<sub>2</sub> O, і ін.). Вони поступово реагують з вихідними компонентами, перетворюючи їх на пари сульфатної і нітратної кислот. Далі, при додаванні аміаку, відбувається зв'язування парів у тверді солі – амонію нітрат і амонію сульфат.

Електронно-променевий метод дозволяє уникнути утворення рідинних відходів і шламів, повторного нагрівання газів, а також дозволяє одержати товарні продукти. Але цей спосіб вимагає обов'язкової наявності пристрою радіаційного захисту прискорювача електронів і реактора процесу очищення.

Отже, перспективним напрямом знешкодження сульфуру (IV) оксиду в газових викидах виробництва кальцинованої соди є створення маловідходних технологій із замкнутими циклами та комплексним використанням сировини і відходів. Тобто найбільш доцільно при виборі методу очищення як основні реагенти (абсорбенти, адсорбенти) використовувати речовини, що утворюються у самій технології содового виробництва і підлягають процесу утилізації.

#### Список літератури:

1. Зеркалов Д. В. Проблеми екології сталого розвитку [Електронний ресурс] : монографія / Д. В. Зеркалов. – К. : Основа, 2013. – 430 с.– Режим доступу: [http://www.zerkalov.kiev.ua/sites/default/files/problemi\\_ekologiyi\\_stalogo\\_rizvitku\\_monografiya.pdf](http://www.zerkalov.kiev.ua/sites/default/files/problemi_ekologiyi_stalogo_rizvitku_monografiya.pdf).
2. Сучасні напрями підвищення екологічної безпеки виробництва соди : монографія / В. П. Шапорєв, М. А. Цейтлін, В. Ф. Райко та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 246 с.
3. Технологические методы защиты окружающей среды от выбросов вредных соединений в энергетике и химическом производстве : учебное пособие / А. В. Ефимов, М. А. Цейтлин, А. Л. Гончаренко и др. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2017. – 217 с.