

І.А. Вольчин, О.М. КоломієцьІнститут вугільних енерготехнологій НАН України, вул. Андріївська, 19, Київ, 04070, Україна
тел. +380 44 425 5068; факс +380 44 537 2241; e-mail: ceti@i.kiev.ua

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВСУХОЇ АМОНІАКОВОЇ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ НА ВУГІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ



Законодавство України та Європейського Союзу з охорони навколишнього природного середовища вимагає суттєвого скорочення викидів діоксиду сірки на теплоелектростанціях. Для цього слід спроектувати, виготовити та спорудити установку з десульфуризації димових газів, що відповідає європейським критеріям найкращих доступних технологій. Необхідною умовою є визначення оптимальних параметрів на змінних режимах роботи очисної установки. В статті представлено результати числового моделювання роботи установки напівсухого сіркоочищення для зв'язування діоксиду сірки димових газів, які надходять з котельного агрегату типу ТПП-210А енергоблоку електричною потужністю 300 МВт. Установка десульфуризації працює за напівсухим методом з використанням в якості сорбенту амоніакової води. За результатами дослідження встановлено розміри робочої зони реактора як головної частини сіркоочисної установки. Визначено спосіб подавання та витрату амоніаку і води, що використовуються для приготування розчину і зрошення газового потоку. Виконано оцінку витрат розчину амоніаку й води залежно від обсягу димових газів і води та вхідної температури газів.

Ключові слова: десульфуризація, амоніак, хімічний реактор, енергоблок.

Теплові електричні станції (ТЕС) України належать до найбільших джерел забруднення атмосферного повітря діоксидом сірки через значні викиди внаслідок щорічного спалювання десятків мільйонів тон вугілля, що містить сірку [1]. Природоохоронне законодавство України та Європейського Союзу вимагає суттєвого скорочення викидів діоксиду сірки, які є основними серед викидів інших забруднюючих речовин [2, 3]. В Україні на ТЕС встановлено 42 енергоблоки електричною потужністю 300 МВт кожен [1]. Директивою 2010/75/EU про промислові викиди визначено, що для таких котлоагрегатів концентрація діоксиду сірки у димових газах не повинна перевищувати 200 мг/нм³, а в разі спалювання високосірчистого вугілля — не більше 400 мг/нм³ за умови

дотримання ефективності сіркоочисної установки не менше 95 % [3].

На сьогодні на ТЕС України установки з десульфуризації взагалі відсутні. Нагальною умовою участі України в Енергетичному співтоваристві є спорудження установок з ефективною технологією зв'язування діоксиду сірки. На сьогодні для видалення SO₂ з відхідних газів, які утворюються при згоранні вугільного палива, існує значна кількість промислових технологічних розробок [4]. Хімічне зв'язування діоксиду сірки можливе реагентами, що містять кальцій (Ca) (гашене вапно, вапняк), магній (Mg), натрій (Na), манган (Mn), амоніак (NH₃) та ін. [5]. Важливим чинником при виборі технології очищення є швидкість та умови розчинення реагенту, які суттєво впливають на ефективність видалення SO₂, і розміри хімічного реактора, в якому відбувається основне

зв'язування діоксиду сірки. Однією з сучасних технологій є метод напівсухої амоніакової десульфуризації [6].

При моделюванні процесу видалення SO_2 за основу взято енергетичний блок ТЕС електричною потужністю 300 МВт, що має у своєму складі двокорпусний котельний агрегат ТПП-210А, в якому спалюється антрацит. Метою математичного дослідження є отримання даних, які потрібні для розробки Технічного завдання на проектування установки десульфуризації димових газів та складання Технологічного регламенту роботи такої установки.

В ході дослідження необхідно визначити розміри робочої зони сіркоочисної установки (хімічного реактора), спосіб подавання рідини (розчину реагенту та зрошувальної води) у реактор, тип форсунок для впорскування рідини, а також режимні параметри: витрати розчину й води, швидкість та температуру газів у робочій зоні реактора залежно від навантаження на енергетичний блок та метеорологічних умов навколо нього. Дані отримані розрахунковим методом на основі оригінальної математичної моделі [7]. Модель враховує абсорбцію газів рідиною, випаровування води з крапель, протолітичні реакції у рідкій фазі та реакції приєднання у газовій фазі потоку. Таким чином, вона дозволяє визначити концентрацію хімічних сполук в обох фазах.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для зв'язування діоксиду сірки димових газів запропоновано використання напівсухої амоніакової технології. Це дозволить, по-перше, отримувати на виході корисний продукт у вигляді порошку сульфату амонію $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, який можна використовувати як мінеральне азотне добриво. По-друге, такий спосіб дає можливість виключити розчинення сорбенту у суспензії твердого реагенту, тобто усунути процес, який впливає на розміри й ефективність установки, тому що швидкість розчинення кальцієвого сорбенту невисока. По-третє, технологія дозволяє уникнути утворення твер-

дих відкладень у форсунках, які розпилюють рідину, та на поверхні реактора.

У газовому тракті вугільного енергоблоку установка десульфуризації розміщена після золовловлювача, наприклад, електростатичного фільтра (ЕСФ). Для вловлення дрібнодисперсних твердих частинок субпродукту, що утворюється в результаті процесу хімічного зв'язування SO_2 , за реактором додатково встановлюють рукавний фільтр. Окрім того, на поверхні рукавів також відбувається хімічне зв'язування діоксиду сірки [5]. Таким чином, рукавний фільтр є другим ступенем сіркоочищення. Залежно від конструкції рукавного фільтра та частоти струшування накопиченого на рукавах лужного пилу, додаткова ефективність уловлення діоксиду сірки може становити 5–20 % [5].

З одного корпусу парогенератора ТПП-210А на номінальному навантаженні після ЕСФ витрата димових газів становить $180,8 \text{ м}^3/\text{с}$, а при температурі $150 \text{ }^\circ\text{C}$ вона дорівнює $\approx 280,2 \text{ м}^3/\text{с}$ або $1,008 \text{ млн. м}^3/\text{год}$. Витрата реагенту визначається вмістом діоксиду сірки у димових газах. При об'ємній концентрації SO_2 $1181 \text{ млн}^{-1} (\text{ppm})$ для забезпечення ефективності не менше 90 % питома витрата NH_3 має становити $1,615 \text{ г}/\text{м}^3$. Робочий розчин реагенту готується з 25%-го водного розчину амоніаку та технічної води. Сумарна витрата води повинна забезпечувати максимально можливу ефективність процесу і бути такою, щоб після висихання крапель рідини, температура відхідних газів на виході апарата перевищувала температуру водяної точки роси не менш, ніж на $15 \text{ }^\circ\text{C}$ для запобігання хімічної корозії газоходів [4]. У такому випадку сумарна питома витрата води становить $51,611 \text{ г}/\text{м}^3$. За таких витрат NH_3 та H_2O вміст амоніаку в розчині буде біля 3 %.

Робоча зона проектного хімічного реактора має циліндричну форму. Вхідна і вихідна частини реактора виконані у формі дифузора і конфузора, відповідно. Знизу подаються димові гази, а зверху очищені гази виводяться з

реактора. У нижній частині робочої зони у газовий потік через форсунки впорскується розчин амоніаку.

Діаметр робочої зони хімічного реактора визначається площею прохідного перетину, від якої залежить середня швидкість руху димових газів. У свою чергу, від швидкості газів залежить час їх перебування у робочій зоні, а від швидкості крапель рідини відносно швидкості газів залежить швидкість випаровування води та тривалість висихання крапель. Розрахунки показали, що при зміні діаметра робочої зони хімічного реактора від 7 до 11 м, швидкість газів на вході у зону знаходиться у діапазоні 2,9–7,3 м/с (рис. 1), а на виході з неї — у діапазоні 2,5–6,1 м/с. Також встановлено, що швидкість димових газів має малий вплив на ефективність зв'язування діоксиду сірки. Це пояснюється дуже низькою відносною швидкістю крапель при таких швидкостях газів. Через 200 мс після впорскування рідини у потік швидкість крапель стає майже рівною швидкості газів. Тому конвективна складова переносу молекул води з пограничного шару краплі у гази відсутня. Таким чином, рух молекул води з краплі в газову фазу відбувається тільки за рахунок дифузії. При однопоточковому способі подачі розчину краплі розміром 100 мкм висихають приблизно за 5 с незалежно від швидкості руху у вказаних вище діапазонах. Висота робочої зони реактора визначається часом висихання крапель. За означених умов необхідна висота зони змінюється від 33,1 м до 13,5 м залежно від діаметра зони. Для апаратів подібного типу (наприклад, скрубєрів) співвідношення висоти до діаметра, зазвичай коливається від 4 до 6. Базуючись на результатах всього комплексу числових досліджень роботи апарата, було прийнято, що внутрішній діаметр робочої зони дорівнює 9 м, а висота — 40 м.

У роботі [8] викладено результати числового дослідження процесів у сіркоочисній установці промислового масштабу, прототипом якої була установка для групи вугільних котлів тепловою потужністю по 50 МВт на ТЕС

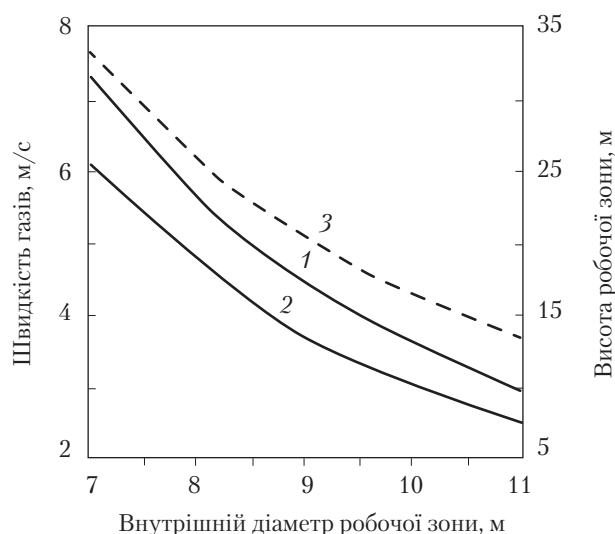


Рис. 1. Вплив діаметра робочої зони на швидкість газів на вході (1), швидкість газів на виході (2), висоту робочої зони (3)

«Люблін», Польща. Установку розраховано на меншу витрату димових газів з меншим вмістом діоксиду сірки порівняно з установкою, що розглядається. Наведені дослідження продовжують роботу [8]. Зокрема, розглянуто установку з видалення діоксиду сірки з димових газів, що надходять з котлоагрегату у складі енергоблока електричною потужністю 300 МВт української ТЕС, де більша витрата газів і вищий вміст SO_2 . Окрім того, виявлено більшу кількість параметрів, що впливають на ефективність роботи хімічного апарата. Результати числових досліджень [8] показали, що на номінальному режимі однопоточковий спосіб подачі рідини (розчину), тобто коли вона вся подається на вході в робочу зону реактора, є менш ефективним, ніж двопоточковий, тобто, коли слабкий розчин реагенту та зрошувальна вода подаються окремо. При двопоточковому способі розчин і вода можуть подаватися з різною послідовністю. За способом «вода-розчин» спочатку вводиться вода, а потім розчин. За способом «розчин-вода» навпаки, вводиться спочатку розчин, а потім вода. Причому, у другому випадку ефективність є вищою, ніж у першому.

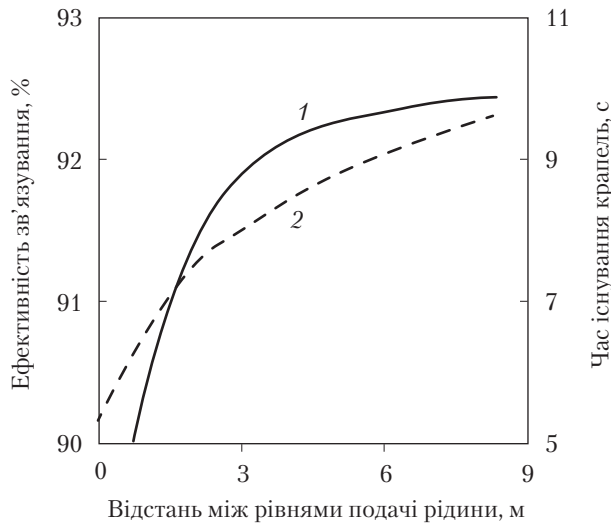


Рис. 2. Вплив відстані між рівнями подачі рідини на ефективність зв'язування реагентів (1) та час існування крапель рідини (2)

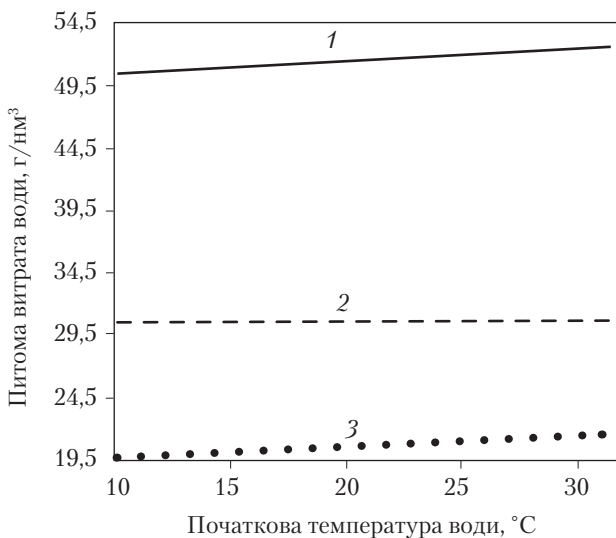


Рис. 3. Вплив температури води на витрату води: 1 – разом, 2 – у розчині, 3 – на зрошення

Цей ефект обумовлено наступними чинниками. Якщо спочатку подається зрошувальна вода, то краплі абсорбують SO_2 , але хімічне зв'язування у них не відбувається через відсутність реагенту. Окрім того, при зменшенні маси крапель внаслідок випаровування води, діоксид сірки повертається у газову фазу потоку. У подальшому, введення крапель розчи-

ну амоніаку в частково охолоджену газову фазу призводить до меншої емісії газоподібного NH_3 з розчину у газове середовище. Тому SO_2 абсорбують і хімічно зв'язують тільки краплі розчину амоніаку, але у цьому випадку існує небезпека викиду газоподібного амоніаку на виході з реактора.

Після подачі крапель розчину сорбенту відбувається не тільки хімічне зв'язування діоксиду сірки гідроксидом амонію (NH_4OH), а й вихід амоніаку з крапель розчину у газову фазу відповідно до закону Рауля [9]. При подальшому впорскуванні крапель зрошувальної води ними поглинається не лише SO_2 , а й NH_3 . Внаслідок цього у краплях відбувається хімічне зв'язування діоксиду сірки. При моделюванні роботи пропонованого хімічного реактора було встановлено, що при однопоточковому способі подачі рідини ефективність зв'язування SO_2 становить близько 76 %, при застосуванні способу «вода-розчин» – 81 %, а за способом «розчин-вода» ефективність може сягати понад 92 %.

На рис. 2 показано, що при способі подачі рідини «розчин-вода» на ефективність зв'язування діоксиду сірки впливає відстань між рівнями розташування по висоті реактора форсунок для впорскування розчину реагенту та зрошувальної води. Зменшення відстані призводить до зниження ефективності. Це відбувається через зменшення часу випаровування води з крапель, тобто часу їх існування. Так, час «життя» крапель зменшується майже на 45 %, а ефективність – на 4 %, причому спочатку вона зменшується повільно, а при більшому перекритті потоків крапель розчину й води – різко падає. Встановлено також, що на номінальному режимі роботи сіркоочисної установки оптимальна відстань між рівнями подавання рідини становить 8,3 м. При цьому, 60 % води вводиться у реактор в розчині амоніаку, а 40 % – зі зрошувальною водою. Подальше збільшення відстані не призводить до підвищення ефективності. Слід зазначити, що при двопоточковому способі подачі рідини,

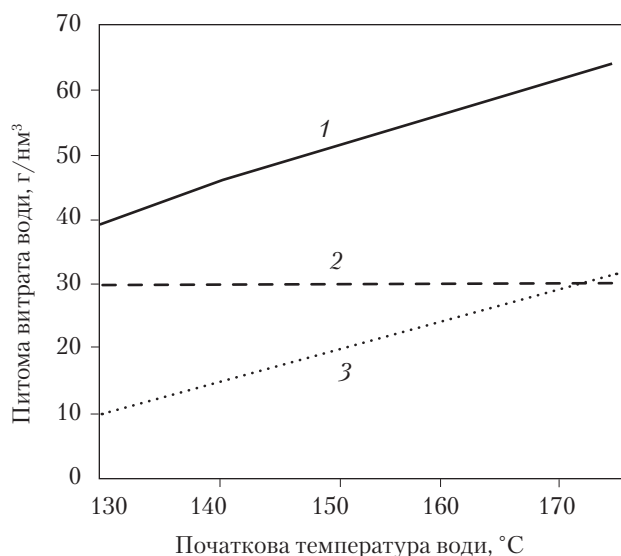


Рис. 4. Вплив температури газів на витрату води: 1 – разом, 2 – у розчині, 3 – на зрошення

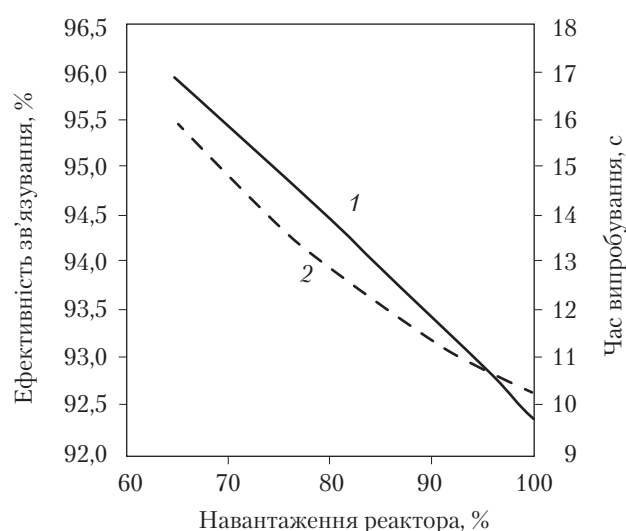


Рис. 5. Вплив навантаження на ефективність зв'язування діоксиду сірки (1) та на час перебування газу у робочій зоні (2)

початковий масовий вміст амоніаку у розчині повинен становити біля 5 %.

Сезонне коливання температури атмосферного повітря (зима—літо) призводить до зміни температури технічної води і димових газів. Розрахунки режимів роботи хімічного реактора з двопотоковою подачею рідини за способом «розчин-вода» показали, що зміна початкової температури технічної води у діапазоні 10–30 °C майже не впливає на ефективність очисної установки, і вона приблизно дорівнює 92,4 %. Слабкий вплив пояснюється тим, що масова витрата води є у 27 разів меншою за

витрату газів, хоча теплоємність води у 4 рази вище теплоємності димових газів. Витрату води потрібно збільшувати при підвищенні її температури (рис. 3), щоб компенсувати зростання швидкості випаровування води з крапель. При цьому достатньо збільшити витрату тільки зрошувальної води, а витрату 5 %-го розчину амоніаку слід залишати постійною.

Аналогічною є зміна ефективності і при зміні початкової температури димових газів в діапазоні 130–170 °C. При таких температурах ефективність роботи установки приблизно дорівнює $92,5 \pm 0,2$ %. До того ж, більші зна-

Витрата рідини за різної температури газів

Таблиця 1

Параметр	Значення				
	130	140	150	160	170
Температура газів, °C	130	140	150	160	170
25%-й розчин NH ₃ , кг/с	1,168				
Вода для розчину, кг/с	4,674				
5%-й розчин NH ₃ , кг/с	5,842				
Зрошувальна вода, кг/с	1,553	2,8010	3,784	4,752	5,736
Витрата води, кг/с	6,227	7,475	8,458	9,426	10,410
Витрата води, т/год	22,415	26,909	30,447	33,933	37,473

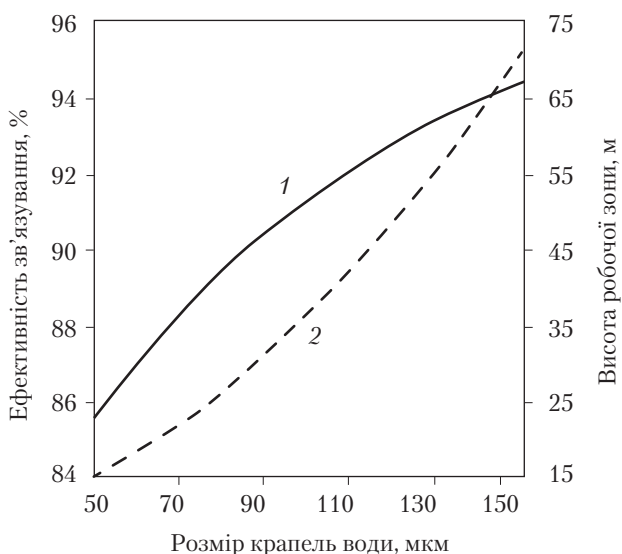


Рис. 6. Вплив розміру краплі води на ефективність зв'язування діоксиду сірки (1) та на висоту робочої зони (2)

чення відповідають меншим температурам. Проте питому витрату зрошувальної води потрібно значно збільшувати при підвищенні температури газів (рис. 4) для компенсації росту швидкості випаровування води з крапель, коли зростає тепловий потік, який вноситься газами у хімічний реактор. У таблиці 1 наведено інформацію про витрату води за різної початкової температури газів.

У процесі роботи парогенератора його навантаження може відхилитись від номінального, внаслідок чого пропорційно буде зміню-

ватися й обсяг димових газів. За результатами розрахунків встановлено, що при зниженні витрати газів на 35 %, ефективність зв'язування діоксиду сірки підвищується з 92,4 % до 96 %, тобто на 3,6 % (рис. 5). До того ж, час перебування газів в робочій зоні збільшується майже у 1,5 рази. Початкова сумарна питома витрата води залишається постійною і дорівнює 51,611 г/нм³, але витрати розчину й зрошувальної води в абсолютному вимірі (кг/с) потрібно зменшувати пропорційно зниженню навантаження. У таблиці 2 наведено витрати розчину й води при різному навантаженні хімічного реактора. Як показано вище, при роботі хімічного реактора виникає необхідність змінювати витрату розчину та/або зрошувальної води. У разі зниження навантаження котла можна вимикати частину форсунок, що впорскують рідину у газовий потік.

Розмір крапель рідини впливає на ефективність зв'язування діоксиду сірки, оскільки від їх величини залежить загальна площа поверхні крапель. В свою чергу, від площі залежить швидкість абсорбції та випаровування води. У більшості випадків виникає потреба змінити витрату води, що може призводити до зміни розміру крапель. Вплив розміру крапель зрошувальної води у діапазоні від 50 мкм до 150 мкм на ефективність роботи показано на рис. 6. Так, при збільшенні розміру крапель з 100 мкм до 150 мкм ефективність процесу

Таблиця 2

Витрата рідини за різного навантаження реактора

Параметр	Значення				
	100	90	80	70	65
Навантаження, %	100	90	80	70	65
25%-й розчин NH ₃ , кг/с	1,168	1,052	0,935	0,818	0,759
Вода для розчину, кг/с	4,674	4,206	3,739	3,272	3,038
5%-й розчин NH ₃ , кг/с	5,842	5,258	4,674	4,090	3,797
Зрошувальна вода, кг/с	3,784	3,405	3,027	2,649	2,459
Витрата води, кг/с	8,458	7,611	6,766	5,921	5,497
Витрата води, т/год	30,447	27,402	24,357	21,313	19,790

зростає на 3 % за рахунок того, що більші краплі довше «живуть» у гарячому газовому потоці. Спостерігається також збільшення частки хімічного зв'язування діоксиду сірки в газовій фазі. При зменшенні розміру крапель з 100 мкм до 50 мкм ефективність процесу падає на 6 %, оскільки краплі швидше випаровуються. Проте збільшення розміру крапель може призвести до значного збільшення необхідної висоти робочої зони хімічного реактора. Раніше проведені дослідження показали, що оптимальним розміром крапель є 100 мкм [7].

ВИСНОВКИ

За результатами математичного дослідження роботи установки напівсухого амоніаково-го очищення димових газів від діоксиду сірки, які утворюються при спалюванні антрациту у двокорпусному котельному агрегаті ТПП-210А енергоблока потужністю 300 МВт, встановлено наступне:

1. Для впровадження напівсухого сіркоочищення на енергоблоці потужністю 300 МВт доцільно спорудити два хімічні реактори з внутрішнім діаметром робочої зони 9 м і висотою 40 м. Зважаючи, що розмір крапель рідини є визначальним для вибору висоти хімічного реактора, оптимальний розмір крапель становить 100 мкм. Витрата димових газів на один реактор становить близько 1 млн. м³/год за температури 150 °С. Обидва реактори встановлюються по ходу газів після золотловлювачів (електрофільтрів). Для уловлення дрібнодисперсних частинок субпродукту після реакторів встановлюються рукавні фільтри.

2. У кожному реакторі використано спосіб двопотокової подачі рідини за схемою «розчин-вода», як оптимального, коли у газовий потік на вході робочої зони впорскуються краплі 5%-го розчину амоніаку, а на відстані близько 8,3 м впорскуються краплі зрошувальної води. На виході з хімічного реактора уся введена волога має випаруватися, а утворені дрібні частинки сульфату амонію повинні уловлюватися в рукавному фільтрі.

3. Температура технічної води та димових газів змінюється внаслідок сезонних коливань температури атмосферного повітря. Температура технічної води у діапазоні 10–30 °С майже не впливає на ефективність очисної установки. Але зміна температури димових газів у діапазоні 130–170 °С потребує регулювання витрати зрошувальної води відповідно розрахункам, наведеним у таблиці 1.

4. Витрати розчину і зрошувальної води повинні відповідати навантаженню реактора для підтримки максимальної ефективності зв'язування діоксиду сірки. Інформацію про витрату рідини залежно від навантаження сіркоочисної установки подано у таблиці 2.

5. На номінальному режимі витрата 5%-го розчину амоніаку в одному хімічному реакторі становить 5,8 кг/с, а зрошувальної води – 3,8 кг/с. Загальна витрата води на реактор становить 33,6 т/год. Регулювання температури очищених газів на виході з реактора здійснюється шляхом зміни витрати зрошувальної води. Регулювання витрати розчину амоніаку здійснюється за рівнем концентрації діоксиду сірки у димових газах на виході з рукавного фільтра.

При зміні навантаження енергоблоку витрату рідини можна зменшувати шляхом відключення частини форсунок, що впорскують розчин реагенту й зрошувальну воду у робочу зону хімічного реактора. Для подавання рідини запропоновано використовувати пневматичні форсунки, які здатні забезпечувати потрібну дисперсність крапель рідини.

6. Розрахунки показали, що температура газів на виході з очисної установки становитиме не менше 60 °С та перевищуватиме температуру водяної точки роси не менше, ніж на 15 °С, що дозволяє уникнути хімічної корозії газоходів.

З урахуванням зв'язування діоксиду сірки у рукавному фільтрі, його концентрація не перевищуватиме 169 мг/нм³, а загальна ефективність процесу десульфуризації димових газів становитиме не менше 95 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вольчин І., Дунаєвська Н., Гапонич Л., Чернявський М., Топал О., Засядько Я. *Перспективи впровадження чистих вугільних технологій в енергетику України*. Київ, 2013. 308 с.
2. Наказ Мінприроди України від 22.10.2008 р. № 541 «Про Затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із тепло-силових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт». URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1110-08/> (дата звернення: 30.03.2017).
3. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast). *Official Journal L334*. 2010. P. 17–119.
4. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on the Best Available Techniques for Large Combustion Plants. July 2006. Institute for Prospective Technological Studies (Seville).
5. Srivastava R., Jozewicz W. Flue Gas Desulfurization: The State of the Art. *Journal of the Air & Waste Management Association*, December 1, 2001. 2001. V. 51: 1676–1688.
6. Volchyn I., Iasynetskiy A., Przybylski W., Maicher M. Semidry Desulphurization for Coal Boilers. *Proc. of the Seventh International Conference on Clean Coal Technologies (CCT-15)*. Krakow, 17–21 May, 2015. Clean Coal Centre of the International Energy Agency. URL: www.iea-coal.org (Last accessed: 30.03.2017).
7. Коломієць О.М., Ясинецький А.О. Моделювання напівсухого аміачного методу видалення діоксиду сірки. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2014. № 5–6. С. 69–77.
8. Вольчин І.А., Коломієць О.М., Ясинецький А.О. Числове дослідження процесу сіркоочистки напівсухим аміачним методом. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2015. № 3. С. 60–68.
9. Dean John A. *Lange's Handbook of Chemistry. Fifteenth Edition*. McGraw-Hill, Inc. 1999. 1291 p.
3. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast). *Official Journal L334*. 2010: 17–119.
4. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on the Best Available Techniques for Large Combustion Plants. July 2006. Institute for Prospective Technological Studies (Seville).
5. Srivastava R., Jozewicz W. Flue Gas Desulfurization: The State of the Art. *Journal of the Air & Waste Management Association*, December 1, 2001. 2001. V. 51: 1676–1688.
6. Volchyn I., Iasynetskiy A., Przybylski W., Maicher M. Semidry Desulphurization for Coal Boilers. *Proc. of the Seventh International Conference on Clean Coal Technologies (CCT-15)*. Krakow, 17–21 May, 2015. Clean Coal Centre of the International Energy Agency. URL: www.iea-coal.org (Last accessed: 30.03.2017).
7. Kolomiets A.M., Yasinetskiy A.O. Modeling of Semi-Dry Ammonia Method of Removing Sulfur Dioxide. *Energotekhnologii i resursozberezhenie*. 2014. No. 5–6: 69–77 [in Ukrainian].
8. Volchyn I.A., Kolomiets A.M., Yasinetskiy A.O. Numerical Study of Desulphurization Process by the Ammonium Semi-Dry Method. *Energotekhnologii ta resursozberezhennia*. 2015. No. 3: 60–68 [in Ukrainian].
9. Dean John A. *Lange's Handbook of Chemistry. Fifteenth Edition*. McGraw-Hill, Inc. 1999. 1291 p.

Received 14.12.16

Volchyn, I.A., and Kolomiets, A.M.

Coal Energy Technology Institute,
the NAS of Ukraine, 19, Andriyvska St., Kyiv, 04070,
Ukraine; tel.: +380 44 425 50 68; fax +380 44 537 22 41;
e-mail: ceti@i.kiev.ua

USE OF AMMONIA SEMIDRY TECHNOLOGY
FOR FLUE GAS DESULFURIZATION
IN COAL POWER PLANTS

The environmental protection legislation of Ukraine and the European Union requires a significant reduction in sulfur dioxide emissions at thermal power plants. Therefore, the need to design, to produce, and to build an installation for flue gas desulfurization in compliance with European best practice. The necessary condition is to determine optimal parameters for variable modes of purifying installation. The article presents the results of numerical modeling of semidry desulfurization plant to bind sulfur dioxide in flue gases coming from the boiler TPP-210A of 300 MW power unit. The desulfurization plant works on the semidry method using ammonium water as sorbent. Upon the results of research, the size of reactor operating area as main part of desulfurization plant has been established, the method for

Стаття надійшла до редакції 14.12.16

REFERENCES

1. Volchyn I., Dunayevska N., Haponych L., Chernyavskiy M., Topal A., Zasyadko Ya. *Prospects for the Implementation of Coal Clean Technologies in the Energy Sector of Ukraine*. Kyiv, 2013. 308 p. [in Ukrainian].
2. Order of the Ministry of Environmental Protection of Ukraine of 22.10.2008 No 541 «On approval technological standards of permissible pollutant emissions from combustion plants with the rated thermal input exceeding 50 MW». URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1110-08/> [in Ukrainian]. (Last accessed: 30.03.2017).

feeding ammonia and water used to prepare the solution and to irrigate flue gas flow has been defined. The consumption rate of ammonia solution and water has been estimated depending on volume of flue gas and water and inlet temperature of gases.

Keywords: desulfurization, ammonia, chemical reactor, and power unit.

И.А. Вольчин, А.М. Коломиец

Институт угольных энерготехнологий НАН Украины,
ул. Андреевская, 19, Киев, 04070, Украина
тел. +380 44 425 5068; факс +380 44 537 2241;
e-mail: ceti@i.kiev.ua

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУСУХОЙ АММИАЧНОЙ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ ДИМОВЫХ ГАЗОВ НА УГОЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Законодательство Украины и Европейского Союза по охране окружающей природной среды требуют существенного снижения выбросов диоксида серы на теплоэлектростанциях. Для этого необходимо спроектировать,

изготовить и построить установку для десульфуризации дымовых газов, которая отвечает критерию наилучшей доступной технологии. Необходимым условием есть определение оптимальных параметров на переменных режимах работы очистной установки. В статье представлены результаты численного моделирования работы установки полусухой сероочистки для связывания диоксида серы дымовых газов, поступающих из котельного агрегата типа ТПП-210А энергоблока электрической мощностью 300 МВт. Установка десульфуризации работает по полусухому способу с использованием в качестве сорбента аммиачной воды. По результатам исследования установлены размеры рабочей зоны реактора, как главной части сероочистной установки. Определён также способ подачи и расход аммиака и воды, которые используются для приготовления раствора и орошения газового потока. Выполнена оценка расхода раствора аммиака и воды в зависимости от объема дымовых газов, а также температуры газов и воды.

Ключевые слова: десульфуризация, аммиак, химический реактор, энергоблок.