

## ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ВІД ОКСИДІВ СІРКИ ДЛЯ ЛАДИЖИНСЬКОЇ ТЕС

*І. І. Безвозюк, канд. техн. наук, доц.,*

*О. В. Гурко,*

*О. Ю. Левченко*

*(Вінницький національний технічний університет);*

*В. С. Гончарук*

*(Приватне підприємство "Інтер-Еко")*

*У статті наведено різні варіанти очищення димових газів та їх технічні характеристики, які дозволяють відзначити високу ефективність сіркоочищення.*

*В статье приведены разные варианты очистки дымовых газов и их технические характеристики, которые позволяют отметить высокую эффективность сероочистки.*

*The article deals with different kinds of purifying of smog gases and their technical characteristics, which allow to distinguish the efficiency of purifying with the help of sulphur.*

### Вступ

Ладижинська теплоелектростанція є однією з найпотужніших в Україні. Валовий викид забруднюючих речовин ТЕС становить 123004,5 т / рік.

Валовий викид парникових газів ТЕС становить:

- вуглецю діоксид (CO<sub>2</sub>) – 3881947,75 т / рік;
- азоту діоксид (N<sub>2</sub>O) – 58,815 т / рік.

Для оптимальної роботи ТЕС та зменшення навантаження на навколишнє природне середовище необхідно здійснити в наявних електрофільтрах очищення димових газів від сірки та підвищити ступінь очищення димових газів від легкої золи.

Максимальний внесок підприємства в рівень забруднення атмосфери за найбільш несприятливих метеорологічних умов, за яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, із врахуванням фонові концентрації не перевищує 0,99 граничнодопустимої концентрації групи сумачії 31 (азоту діоксид + ангідрид сірчистий) для населених місць [1,2].

## Варіанти очищення димових газів від оксидів сірки для Ладижинської ТЕС

Ладижинська ТЕС має теплові установки, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт, тому вони підлягають до впровадження найкращих доступних технологій (НДТ) [3].

Для котлоагрегатів Ладижинської ТЕС до найкращих доступних технологій належать такі заходи:

1. Реконструкція електрофільтрів зі встановленням сіркоочисної установки.
2. Впровадження схеми триступеневого спалювання палива.

До найкращих методів керування належать такі заходи:

1. Оптимізація режиму спалювання палива із зменшенням надлишку кисню.
2. Приведення технічного стану обладнання блоків до норм ПТЕ з метою зменшення використання натурального палива.

Аналізуючи дані оцінки впливу викидів забруднюючих речовин на стан забруднення атмосферного повітря, зроблено висновок про значне перевищення граничнодопустимих концентрацій у районі впливу підприємства – в 2,4 рази по групі сумації 31 (азоту діоксид + ангідрид сірчистий). В той же час аналіз відповідності викидів підприємства встановленим нормативам (назвемо його “екологічний критерій”) свідчить про їх перевищення на 40-60% для азоту діоксиду та 25-25% для сірчистого ангідриду [4,5]. Вимоги до ефективності заходів щодо досягнення нормативів для зручності наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Вимоги до ефективності заходів щодо досягнення нормативів**

№ п/п	Забруднююча речовина	Вимоги до ефективності заходів щодо досягнення нормативів		
		“Екологічний критерій”	“Санітарно-гігієнічний критерій”	Інтегральний показник
1	Азоту діоксид	Зменшити на 60%	Визначається по групі сумації 31	60%
2	Сірки діоксид	Зменшити на 25% (при вмісті сірки у паливі 2,5-2,8%)	Визначається по групі сумації 31	65%
3	Група сумації 31	-	Зменшити не менше ніж у 2,4 рази в сумі по NO <sub>x</sub> та SO <sub>2</sub> разом	-

Кожний із 6 енергоблоків Ладижинської ТЕС потужністю 300 МВт обладнаний однокорпусним котлоагрегатом ТП-312 паропродуктивністю 950 т/год.

У котлі спалюється тверде паливо – вугілля, у переважній більшості вітчизняне, з Донецького вугільного басейну.

Золовловлювальна установка кожного із блоків складається із двох паралельно працюючих електрофільтрів.

Виходячи з умови гармонізації законодавства України із законодавством країн Європейського Союзу, було виконано аналіз вимог Директив Європейського Союзу щодо регламентації природоохоронної діяльності великих установок спалювання (котлоагрегатів) – 88/609/ЕЕС, 99/61/ЕЕС, 2001/80/ЕС та перспектив упровадження технологічних нормативів допустимого викиду забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні палива на ТЕС [6].

Ураховуючи міжнародний досвід впровадження сіркоочищення, можна рекомендувати мокрий вапняковий (вапняний) метод комбінованої сіркоочисної установки на основі електрофільтрів.

Комбінована сіркоочисна установка одного блока повинна включати:

- складування сорбенту (вапняку – вапна), при необхідності його подрібнення – виготовлення вапнякового (вапняного) "молока";
- систему транспортування та впорскування сорбенту;
- систему контролю за викидами;
- систему управління роботою установки, яка повинна включати системи регулювання подачі сорбенту, управління роботою електричної частини електрофільтрів;
- приміщення для розміщення систем моніторингу та управління.

Дані для проектування наведено в таблиці 2. Наведені значення базуються на вимірах реальних величин і відповідають максимальним значенням.

З точки зору найменших витрат на сіркоочищення, можна визначити в якості сорбенту гашене вапно (використовуються відходи металургійного виробництва або виробництва будматеріалів).

За способом введення сорбенту можна розглянути три варіанти:

- варіант I – введення сорбенту в котел;
- варіант II – введення сорбенту в електрофільтри;
- варіант III – введення сорбенту в скрубери.

Управління газоочисною установкою із системою моніторингу повинно базуватися на використанні одного на всю ТЕС персонального комп'ютера з контролерами для кожного блока. Для цього на ТЕС виділяється спеціальне приміщення.

**Варіант I.** Для використання вапняку в якості сорбенту його необхідно розмолоти з метою збільшення поверхні реагування через те, що  $\text{SO}_2$  зв'язується не карбонатом кальцію, а оксидом  $\text{CaO}$  або гідроксидом кальцію  $\text{Ca(OH)}_2$ , частинки вапняку при потраплянні в котел піддаються термічному розкладу (кальцинації) з утворенням частинок негашеного вапна  $\text{CaO}$ . Час кальцинації становить близько 0,5 с. Надалі протікає процес хімічного зв'язування молекул  $\text{SO}_2$  на поверхні частинок вапна [7].

При введенні в котел гідратного гашеного вапна на першій стадії відбувається процес дегідратації, час якого становить біля 0,1 с. Тільки при введенні частинок негашеного вапна процес сухого сіркоочищення починається одразу ж після нагріву частинок сорбенту.

**Дані для комбінованої сіркоочисної установки одного блока**

Максимальна концентрація оксидів сірки при 6 % кисню до очищення при н. у., мг/м <sup>3</sup>	3450
Концентрація золи до очищення при н. у., г/м <sup>3</sup>	26÷40
Характеристика кам'яного вугілля Донецького басейну:	
зольність $A^r$ , %	30
вологість $W^r$ , %	12
вміст сірки $S^r$ , %	2,94
теплота згоряння $Q_r^i$ , ккал/кг	4000 ± 250
Витрата вугілля на котел, т/год	150
Частина леткої золи відносно до загальної кількості золи, %	85
Частина шлаку відносно до загальної кількості золи, %	15
Температура димових газів на вході в установку, °С:	
мінімальна	115÷130
робоча	135÷160
максимальна	180
Температура димових газів після установки мінімально допустима, °С	65
Ступінь очищення від золи, проект, %	не нижче 99,7
Запиленість відхідних димових газів після установки при н. у., мг/м <sup>3</sup>	не більше 50
Час перебування частинки в скрубєрі та полі мокрого електрофільтра для завершення реакції, с	5÷8
Ступінь очищення від сірки, проект, %	60,0÷70,0
Концентрація оксидів сірки при 6 % кисню після очищення, мг/м <sup>3</sup>	700÷900

Ефективність уловлювання SO<sub>2</sub> при використанні введення сорбенту в котел складає 40÷60 %, в залежності від співвідношення Ca/S, точок введення сорбенту, навантаження котла.

Цей метод відрізняється великою надійністю і малим енергоспоживанням (0,01÷0,5 % електричної потужності), на виході отримуються тільки сухі субпродукти (сульфати і сульфіти кальцію, а також невикористане вапно), які мають вловлюватися системами золовловлювання.

Недоліком цього варіанту є те, що сорбент уводиться в котел і тим самим збільшується кількість твердих нейтральних частинок у димових газах, знижується ККД.

Також недоліком цього способу сіркоочиснення є проблеми із забрудненням і шлакуванням поверхонь обміну, і тому введення сорбенту в зону 980÷1230 °С (перед поворотом у конвективну шахту) не бажано. Більш придатним, з точки зору експлуатації, буде введення сорбенту в зону температур 600 °С, хоча такий вибір зменшує ефективність сухого зв'язування сірчистого ангідриду, тим більше при використанні вапняку. У разі виникнення "свища" тверді продукти відкладаються на поверхнях теплообміну і знижують ефективність теплообміну.

Ефективність використання сорбенту з підвищенням ступеня сіркоочищення може бути збільшена на 15÷20 % при розпилюванні крапель вологи перед електрофільтрами. Процес у цьому разі протікає таким чином: частинки вапна потрапляють на краплі води, негашене вапно переходить в гашене, яке частково розчиняється на краплях вологи і реагує з молекулами оксиду сірки. Процес протікає доти, доки вапно розчиняється у воді.

**Варіант II.** Використання цього варіанту передбачає встановлення "мокрого" ступеня електрофільтрів – отримання вапняного "молока" із подальшим введенням його через напірний бак і спеціальні форсунки в камеру електрофільтрів – скруббер (реакція проходить в об'ємі газового потоку) з подальшим уловленням продуктів реакції в "мокрому" полі електрофільтрів (реакція проходить в об'ємі газового потоку і на осаджувальних електродах). Ефективність даного методу залежить від часу реагування SO<sub>2</sub> та сорбенту, кількості сорбенту і може досягати рівня 60÷70 %. Реакція починається зразу після введення сорбенту в камеру електрофільтрів. На відміну від варіанту I, у цьому разі ми не забруднюємо поверхні нагріву котла, можемо регулювати процес очищення подачею сорбенту в камеру золоочисної установки і маємо можливість розділити процеси на окремі стадії, не пов'язані між собою:

- роботу котлоагрегату та сухих електрофільтрів без введення сторонніх компонентів;
- забезпечення сіркоочищення безпосередньо в скрубберах та мокрих електрофільтрах;
- виключення попадання вологи в сухі електрофільтри;
- підвищений ступінь очищення двоступеневою установкою при вловлюванні твердих частинок;
- при встановленні концентратора вловлений в установці продукт можливо реалізувати підприємствам будіндустрії, а частину води повернути в процес без відправлення на золовідвал;
- ліквідація пилу на золовідвалах [7].

Недоліком цього способу сіркоочищення є складність рівномірного розподілу вологи і сорбенту по великому перерізу електрофільтрів, необхідність перекачування додаткової оборотної води та встановлення додаткового концентратора для вилучення вловленого продукту з рідкої фази та його реалізації.

**Варіант III.** Використання цього варіанту передбачає встановлення після електрофільтрів мокрих скрубберів із коагуляторами Вентурі. Процес здійснюється шляхом отримання на спеціальній мішалці вапняного "молока" із подальшим введенням його через напірний бак у краплевловлювачі (реакція проходить на стінках скрубберів) та в сопла труб Вентурі (реакція проходить в об'ємі газового потоку). Ефективність даного методу можна оцінити як 60÷70 %. Реакція починається зразу після введення сорбенту в елементи скрубберу. На відміну від варіанту I, у цьому разі ми не забруднюємо поверхні нагріву котла і виконуємо

регулювання очищення подачею сорбенту в різні зони золоочисної установки і маємо можливість розділити процеси на окремі стадії, не пов'язані між собою:

- роботу котлоагрегату та електрофільтрів без введення сторонніх компонентів;
- забезпечення сіркоочищення тільки безпосередньо в скруберах;
- виключення попадання вологи в електрофільтри;
- підвищений ступінь очищення двоступеневою установкою при вловлюванні твердих частинок;
- при встановленні концентратора вловлений в скруберах продукт можливо реалізувати підприємствам будіндустрії, а частину води повернути в процес без відправлення на золівідвал;
- ліквідація пилу на золівідвалах [7].

Недоліками методу є підвищення гідравлічного опору установки приблизно на 120-160 мм вод. ст., необхідність встановлення більш потужних димососів, перекачування додаткової оборотної води. Уловлений продукт отримується в рідкій фазі, і для його реалізації потрібен додатковий концентратор.

Ураховуючи міжнародний досвід впровадження сіркоочищення, можна рекомендувати мокрий вапняковий (вапняний) метод комбінованої сіркоочисної установки на основі електрофільтрів.

Комбінована сіркоочисна установка одного блока повинна включати:

- складування сорбенту (вапняку – вапна), при необхідності його подрібнення
- виготовлення вапнякового (вапняного) "молока";
- систему транспортування та впорскування сорбенту;
- систему контролю за викидами;
- систему управління роботою установки, яка повинна включати системи регулювання подачі сорбенту, управління роботою електричної частини електрофільтрів;
- приміщення для розміщення систем моніторингу та управління.

## **Висновки**

Оцінюючи ці варіанти, слід відзначити, що при однаковій ефективності сіркоочищення, з точки зору експлуатаційних витрат, перевагу слід віддати варіанту II.

Слід зауважити, що при використанні цих методів сіркоочищення витрата сорбенту становить близько 10 т/год, і тим самим збільшуються викиди твердих частинок в атмосферу. Враховуючи це, необхідно підвищити ефективність роботи електрофільтрів до ~99,7 %. В існуючому варіанті блока 300 МВт це можливо виконати тільки при комплексній реконструкції газоочисного обладнання.

Для дотримання вимог законодавства України щодо охорони навколишнього середовища та атмосферного повітря, забезпечення плати за реальні викиди

## Розділ 2. Основи природокористування та безпека життєдіяльності

після установки (після димососів) встановлюються спеціальні прилади, які контролюють викиди золи, оксидів сірки, азоту та вуглецю з видачею даних на ПК.

Слід відзначити, що ці дані необхідні не тільки для здійснення сплати за викиди, але й для забезпечення режиму роботи котла з мінімальними викидами оксидів азоту та вуглецю. Саме тому інформація про вміст цих газів виводиться через ПК на табло газозолоочищення БЩУ (блочний щит управління).

\* \* \*

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1987. – 93 с.
2. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами). ДСП-201-97. – Київ: МОЗ України, 1997. – 88 с.
3. Закон України „Про охорону атмосферного повітря” від 16.10.1992 №2707-XII / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парламент. вид-во, 2006. –16 с. – (Закони України).
4. Збірник "Гранично допустимі концентрації /ГДК/ та орієнтовні безпечні рівні діяння /ОБРД/ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць". – Донецьк: Український науковий центр технічної екології ОАО "УкрНТЕК", 2006. – 133 с.
5. Перелік найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню. Постанова КМУ від 29.11.2001р. №1598. – Київ: Парламент. вид-во, 2001. – 16 с.
6. Установки спалювання на теплових електростанціях та в котельнях. Організація контролю за викидами в атмосферу. СОУ-Н МПЕ 40.1.02.307: 2005. – Офіц. вид. – К. : ГРІФРЕ : М-во палива та енергетики України, 2005. – 74 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України).

*Отримано: 21.09.2011 р.*