

УДК 620:621.31; 621.31

Б.Л. КОСТЮКОВСЬКИЙ, О.Л. РАДЧЕНКО, кандидат технічних наук, **С.В. ШУЛЬЖЕНКО, Т.П. НЕЧАЄВА, М.С. БІЛЕНКО, О.О. МАКСИМЕЦЬ** (Інститут загальної енергетики НАН України, Київ)

ПРОБЛЕМА ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЧІВ В АТМОСФЕРУ В ТЕПЛОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ІНТЕГРАЦІЇ ОЕС УКРАЇНИ В УСТЕ

Проведено порівняння вимог до викидів забруднювачів в атмосферу в тепловій енергетиці в Європейському Союзі та Україні. Проаналізовано відповідність поточного рівня викидів забруднювачів в атмосферу ТЕС України вимогам ЄС і визначено заходи щодо поступового приведення показників вітчизняних ТЕС до вимог ЄС.

Передбачене Енергетичною стратегією України на період до 2030 року приєднання Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України до системи УСТЕ потребує вирішення низки проблем в енергетиці країни. Одна з них – забезпечення рівнів викидів забруднюючих речовин в атмосферу тепловими електростанціями України на органічному паливі відповідно до вимог Європейського Союзу.

В тепловій енергетиці ЄС основним документом, який встановлює нормативи на викиди для спалюючих установок, є Директива 2001/80/ЄС Великих спалюючих установок (переглянута Директива 88/609/ЄЕС) [1]. Ця директива націлена на зменшення закислення, приземного озону і твердих частинок шляхом контролю емісії діоксиду сірки (SO_2), окисів азоту (NO_x) і твердих частинок від великих спалюючих установок. Ця директива вводить обмежувальні рівні емісії для спалюючих установок понад 50 МВт теплової енергії на твердому, рідкому та газоподібному паливі з урахуванням передових технологій спалювання та зменшення викидів.

У Директиві 2001/80/ЄС як існуючі спалюючі установки визначено ті, які побудовано до 1 липня 1987 року. Установки, які було введено в експлуатацію з 1 липня 1987 року, з метою застосування різних нормативів на викиди забруднюючих речовин поділено на ті, що введено в експлуатацію до 27 листопада 2003 року, і ті, що введено в експлуатацію після цієї дати.

Для існуючих спалюючих установок Директива 2001/80/ЄС надає два варіанти істотного скорочення до 1 січня 2008 року емісій забруднюючих речовин: або застосування нормативів викидів, або включення до національного плану скорочення емісій, який було складено кожною країною-членом ЄС до 27 листопада 2003 року. В плані визначено цільовий рівень емісій діоксиду сірки, оксидів азоту та пилу за умови застосування директивних нормативів викидів до всіх установок, які працювали у 2000 році. Від таких

заходів звільняються установки з обмеженням терміну експлуатації до 31 грудня 2015 року з обмеженням строку роботи в період з 1 січня 2008 року по 31 грудня 2015 року у 20 тис. годин. Також менш жорстке обмеження на викиди діоксиду сірки (800 мг/нм^3) передбачене для установок пікового навантаження з номінальною тепловою потужністю від 400 МВт, які будуть працювати менше ніж 2000 годин щорічно до 2015 року і менше ніж 1500 годин щорічно з 2016 року. Виняток становлять установки, що вводяться в експлуатацію з 27 листопада 2003 року.

Для установок із номінальною тепловою потужністю 500 МВт, які з 2008 року до кінця 2015 року працюватимуть не більше ніж 2000 годин на рік, на цей період встановлюється норматив викидів оксидів азоту 600 мг/нм^3 . Роботу таких установок з 1 січня 2016 року обмежено 1500 годинами на рік і нормативом викидів оксидів азоту 450 мг/нм^3 . Для нових установок, що вводяться в експлуатацію після 27 листопада 2003 року, на яких неможливо досягти нормативу емісії діоксиду сірки через характеристики палива, передбачено послаблені вимоги: для установок із номінальною тепловою потужністю меншою за 300 МВт застосовується або норматив $300 \text{ мг SO}_2/\text{м}^3$, або ступінь десульфуризації щонайменше 92%; для більш потужних установок застосовується норматив у $400 \text{ мг SO}_2/\text{м}^3$ або ступінь десульфуризації 95%.

Директива 2001/80/ЄС заохочує комбіноване виробництво тепла і енергії та встановлює спеціальні обмежуючі рівні емісії при використанні біомаси як палива. Також у контексті регулювання емісії NO_x включено газові турбіни.

Основним нормативно-правовим документом щодо захисту атмосферного повітря в Україні є Закон України "Про охорону атмосферного повітря" від 21.06.01 №2556-111. Цей Закон спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря; створення сприятливих умов для життєдіяльності; забезпе-

чення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей і довкілля. Цим Законом визначаються правові та організаційні основи, а також екологічні вимоги в галузі охорони атмосферного повітря.

До об'єктів моніторингу атмосферного повітря, що є складовою державної системи моніторингу довкілля України, постановою Кабінету Міністрів України від 09.03.99 №343 "Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря" віднесено викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

До переліку найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, викиди яких в атмосферне повітря підлягають регулюванню, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 29.11.01 №1598 входять викиди оксидів азоту, діоксиду сірки і твердих частинок, значний внесок в обсяги яких роблять потужні теплові електростанції України на органічному паливі.

Для оцінки стану забруднення атмосферного повітря в Україні прийнято нормативи граничнодопустимих викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, розміри яких встановлено наказом Міністерства охорони навко-

лишнього природного середовища України від 27.06.06 №309 "Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел". Ці нормативи застосовуються як для діючих стаціонарних джерел, так і для тих, що проектуються, будуються чи модернізуються, і обмежують масову концентрацію забруднюючих речовин в організованих викидах стаціонарних джерел. У галузі енергетики нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин відповідно до наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 16.08.04 №317 "Про затвердження переліку типів устаткування, для яких розробляються нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел" застосовуються для теплоенергетичних установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт. При цьому градація нормативів за потужністю та віком теплоенергетичних установок, як це прийнято в Європейському Союзі, відсутня (табл. 1).

Дані таблиці показують, що в Україні нормативні вимоги до концентрації забруднюючих речовин у димових газах теплоенергетичних установок майже так само суворі, як і в країнах Євро-союзу. Проте філософія введення та застосування

Таблиця 1. Прийняті в Україні та Європейському Союзі нормативи викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що застосовуються для теплових електростанцій на твердому паливі

	Граничнодопустимі концентрації викидів для великих спалюючих установок за Директивою 2001/80/ЄС, мг/м ³		Граничнодопустимі концентрації викидів за наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27.06.06 №309, мг/м ³
	Номінальна теплова потужність установки, МВт		
	100-500	понад 500	
SO₂			
Існуючі установки та нові установки, введені в експлуатацію до 27 листопада 2003 року	2000-400 (лінійне зниження)	400	500
Нові установки, введені в експлуатацію після 27 листопада 2003 року	200	200	
NO_x			
Існуючі установки та нові установки, введені в експлуатацію до 27 листопада 2003 року	600	500 (до 01.01.2016) 200 (з 01.01.2016)	500
Нові установки, введені в експлуатацію після 27 листопада 2003 року	200	200	
Тверді частинки (пил)			
Існуючі установки та нові установки, введені в експлуатацію до 27 листопада 2003 року	100	50	50
Нові установки, введені в експлуатацію після 27 листопада 2003 року	30	30	

таких нормативів на практиці в Україні та ЄС суттєво різняться.

В ЄС виконання екологічних обмежень є обов'язковою передумовою можливості експлуатації електростанцій. Такий підхід зафіксований Директивою Ради 96/61/ЄС "Щодо всеохоплюючого запобігання та контролю забруднень" від 24.09.96 [2]. Тому при їх введенні враховується велика кількість чинників, зокрема, наявність реальних технічних рішень і часових можливостей забезпечити їх виконання, соціально-економічна прийнятність їх впровадження з точки зору забезпечення балансу виробництва-споживання електроенергії при збере-

женні прийнятних цін на електроенергію як для виробників, так і споживачів, вид та якість палива, що використовується на ТЕС. Цим зумовлюється значна диференціація вимог до викидів забруднювачів в атмосферу залежно від потужності ТЕС, терміну введення її в роботу, потужності обладнання, часу його роботи в перспективі тощо.

Значна увага в ЄС приділяється також економічним важелям державного впливу на рівні викидів забруднювачів у повітря шляхом впровадження механізмів сплати за викиди та штрафів за їх перевищення. При цьому кожна країна самостійно визначає рівні та механізми сплати (табл. 2).

Таблиця 2. Платежі за емісії в повітря забруднюючих речовин у різних країнах-членах ЄС та в Україні

Україна грн./тонну	Вид платежів за емісії забруднюючих речовин у країнах Євросоюзу	Розміри платежів
Викиди SO₂		
80 грн./тонну (приблизно 12 ₴)	Податок на вміст сірки у викопному паливі Данія	1,34 ₴ за кг SO ₂ , викинутого в повітря
	Податок за SO ₂ емісії Італія	53,20 ₴ за тонну на рік
	Податок на повітряну емісію для стаціонарних джерел Литва	83,41 ₴ за тонну
	Податок на повітряне забруднення Польща	0,10 ₴ за кг
	Виміряні або розраховані SO ₂ емісії Республіка Словаччина	51,81 ₴ за тонну
	Податок на повітряне забруднення Естонія	6,07 ₴ за тонну
	Внески за невідповідність повітряного забруднення Естонія	60,71 ₴ за тонну
Викиди окислів азоту		
80 грн./тонну (приблизно 12 ₴)	Плата за NO _x емісії енергетичних станцій Швеція	4,31 ₴ на кг емісії
	Податок за NO _x емісії Італія	104,84 ₴ за тонну на рік
	Податок за NO _x емісії Франція	45,73 ₴ за тонну
	Податок на повітряну емісію для стаціонарних джерел Литва	138,73 ₴ за тонну
	Податок на повітряне забруднення Польща	0,10 ₴ за кг
	Виміряні або розраховані NO _x емісії Республіка Словаччина	38,86 ₴ за тонну
	Податок на повітряне забруднення Естонія	13,93 ₴ за тонну
	Внески за невідповідність повітряного забруднення Естонія	139,30 ₴ за тонну
Викиди твердих частинок		
3 грн./тонну (приблизно 0,5 ₴)	Податок на повітряну емісію для стаціонарних джерел Литва	53,29 ₴ за тонну
	Виміряні або розраховані емісії твердих забруднюючих субстанцій Республіка Словаччина	129,54 ₴ за тонну
	Податок на повітряне забруднення Естонія	6,07 ₴ за тонну
	Внески за невідповідність повітряного забруднення Естонія	30,35 ₴ за тонну

Як видно з таблиці, рівні платежів в Україні суттєво нижчі, ніж у країнах ЄС. Проте необхідно зважати і на суттєву різницю в купівельній спроможності української гривні та євро.

На відміну від ЄС, в Україні введення обмежень на забруднення довкілля, жорсткіших за існуючі, на практиці не розглядається як щось обов'язкове до виконання.

Зрозуміло, що миттєво забезпечити виконання прийнятих у 2006 році нормативів на викиди забруднювачів у повітря на ТЕС України неможливо, оскільки на них майже відсутні ефективні засоби зниження викидів пилу з ККД на рівні 99,5-99,9% і повністю відсутнє устаткування зі зниження викидів окислів сірки та азоту. Це пояснюється тим, що майже всі проекти теплових електростанцій України, які споруджувалися переважно в 60-70-х роках ХХ сторіччя, не передбачали комплексного захисту довкілля від викидів і скидів твердих, рідких і газоподібних забруднюючих речовин у довкілля. Передбачено лише очищення від пилу: мокрі золовловлювачі, батарейні циклони та електрофільтри. При цьому їх ефективність низька і не забезпечує виконання нормативів з викидів пилу (коефіцієнт очищення становить 90-95%). Через відсутність коштів роботи з упровадження сучасного газоочисного устаткування майже не ведуться.

Проведені розрахунки свідчать, що для забезпечення дотримання нормативів викидів забруднювачів в атмосферу як національних, так і ЄС, необхідна реалізація високоефективних заходів зі зниження цих викидів на ТЕС України.

За повної відсутності очистки димових газів від твердих частинок концентрація пилу при спалюванні палива, що використовується на ТЕС України, перевищує норматив Директиви 2001/80/ЄС 100 кг/м^3 для установок з тепловою потужністю 100-500 МВт – у 300-100 разів відповідно. Для досягнення нормативного значення необхідне пилоочисне устаткування з ефективністю не менше ніж 99-99,7%, а для нормативу 50 мг/м^3 для установок із тепловою потужністю понад 500 МВт ефективність пилоочислення має становити 99,4-99,84%.

Розрахунки необхідного для досягнення нормативної концентрації оксиду сірки ступеня десульфуризації, зроблені для різних варіантів палива, використовуваного на ТЕС України, свідчать, що рівень десульфуризації викидів залежить від сірчистості та зольності. Так, для забезпечення нормативу концентрації оксиду сірки в димових газах 400 мг/м^3 за Директивою

2001/80/ЄС, що застосовується для існуючих установок потужністю понад 500 МВт, для палива із зольністю 12% і сірчистістю 0,5% потрібний ступінь десульфуризації на рівні 57-67%, а для нормативу $200 \text{ мг SO}_2/\text{м}^3$, що застосовується до нових установок потужністю понад 100 МВт, ефективність десульфуризації має становити 78-83%. Зі збільшенням сірчистості та зольності палива необхідна ефективність десульфуризації зростає і досягає значення при вмісті сірки в паливі 3,5% та зольності 25% для нормативу 400 мг/м^3 – 94,8-96%, а для нормативу 200 мг/м^3 ефективність очищення димових газів від оксидів сірки має бути на рівні 97-98%.

Результати розрахунків ефективності азотоочищення для дотримання нормативної концентрації оксидів азоту в димових газах установок тепловою потужністю 200 та 300 МВт для різних варіантів палива, використовуваного на ТЕС України, показують, що на рівні необхідної ефективності очищення димових газів від оксидів азоту здебільшого впливає потужність установки.

Так, для установки 200 МВт, що працює на номінальній потужності, для забезпечення нормативної концентрації оксидів азоту 500 мг/м^3 максимальне азотоочищення необхідне на рівні 20%, для установки 300 МВт ефективність азотоочищення сягає майже 70%. Для виконання нормативних вимог концентрації оксидів азоту 200 мг/м^3 , що застосовуватиметься для існуючих станцій з 2016 року, для установки 200 МВт потрібна ефективність азотоочищення досягає 69%, а для установки 300 МВт – 81%.

Як свідчить аналіз сучасних технологічних можливостей зі зниження забруднювачів в атмосферу, виконання таких вимог потребує значних інвестицій. В свою чергу, їх упровадження буде економічно виправданим лише за умов високих платежів за забруднення повітряного басейну і застосування штрафних санкцій за перевищення граничних обсягів викидів шкідливих речовин.

Для умов України використання подібних механізмів має бути дуже виваженим з огляду на стан економіки та теплової енергетики, високу вартість очисного обладнання, оскільки навіть країнам ЄС за короткий проміжок часу важко перейти на нові нормативи викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Перехідний період тут становить до 15 років. Для української енергетики зробити такий перехід буде ще важче.

Впровадження майже на всіх енергоблоках сучасного газоочисного обладнання, що є не-

одмінною умовою виконання європейських норм, приведе до необхідності значних додаткових інвестицій в генеруючі потужності. Це, в свою чергу, спричинить зростання амортизаційних відрахувань та експлуатаційних витрат, власних потреб ТЕС в електроенергії, тобто до зростання її собівартості. Тому заходи з використання таких механізмів у тепловій енергетиці України повинні передбачати індивідуальний підхід до існуючих ТЕС, визначення для кожної з них доцільних планів їх реконструкції, впровадження більш досконалого котельного та очисного обладнання для досягнення нормативних рівнів викидів. Для періоду, протягом якого ці заходи реалізуватимуться, повинні бути розроблені обов'язкові до виконання тимчасові нормативи викидів забруднювачів у повітря та рівні платежів за них. Насамкінець цього періоду для ТЕС вводяться загальні нормативи, які відповідають вимогам ЄС.

З урахуванням означеного, для забезпечення приведення викидів забруднювачів в атмосферу в тепловій енергетиці до вимог ЄС необхідно реалізувати низку заходів, основними з яких є:

1. Гармонізація нормативів викидів забруднювачів в атмосферу в Україні з відповідною базою ЄС та впровадження їх у нормативно-правову базу України.

2. Для нових ТЕС ці нормативи мають набувати чинності з моменту їх затвердження.

3. Збереження платежів за викиди для ТЕС на існуючому рівні щонайменше на період приведення показників викидів забруднювачів в атмосферу до вимог ЄС.

4. Розробка вимог до проектів реконструкції існуючих та будівництва нових ТЕС, які повинні для нових та діючих станцій, термін роботи яких продовжується за період 2015 року, містити вимогу щодо створення системи інструментального моніторингу викидів забруднювачів в атмосферу. Це повинно бути відображено в нормативній базі з надання дозволу на експлуатацію.

5. Забезпечення гарантованої якості вітчизняного енергетичного вугілля для конкретних ТЕС з метою визначення доцільних і достатніх технічних рішень зі зниження викидів забруднювачів у повітря відповідно до вимог ЄС.

6. Забезпечення для існуючих ТЕС:

– розробки довгострокових планів реконструкції (модернізації, продовження терміну роботи) на підставі системних досліджень щодо визначення найбільш ефективного плану дій зі зниження викидів на ТЕС України з урахуванням рі-

шень, закладених в Енергетичній стратегії України на період до 2030 року;

– розробки для існуючих станцій градації проектів реконструкції з огляду на застосування нормативів викидів забруднювачів в атмосферу;

– розробки методики визначення нормативів викидів забруднювачів в атмосферу для реконструйованих ТЕС залежно від обсягів і змісту такої реконструкції, терміну подальшої роботи тощо;

– на основі планів реконструкції та очікуваної зміни обсягів викидів у перспективі розробки обов'язкових до виконання індивідуальних тимчасових нормативів викидів забруднювачів в атмосферу окремими ТЕС; їх перевищення має сплачуватися за штрафними розцінками.

7. Упровадження технологій зниження викидів забруднювачів в атмосферу при реконструкції існуючих ТЕС з урахуванням таких чинників:

– якість вугілля у перспективі;

– на ТЕС, виведення яких з експлуатації передбачається в період до 2016 року, забезпечення вимог зі зниження викидів доцільно передбачити за рахунок пріоритетних поставок якісного вугілля, реалізації технологічних заходів зі зниження викидів окислів азоту та підвищення ефективності зололовлювання; реалізація додаткових заходів має розглядатися як виключні випадки;

– оснащення станцій, термін роботи яких перевищує 15 років, засобами інструментального моніторингу викидів забруднювачів в атмосферу.

8. При проведенні робіт з реконструкції існуючих станцій, термін роботи яких після реконструкції перевищує десять років, а час роботи 1500 годин на рік у період з 2016 року, та будівництві нових на базі використання паротурбінних технологій на вітчизняному вугіллі, необхідно забезпечити зниження викидів:

– пилу на 99,5%-99,8%;

– оксидів сірки на 90-95%;

– оксидів азоту для енергоблоків на параметри пари 13 МПа на 40-60%;

– оксидів азоту для енергоблоків на параметри пари 24 МПа на 60-80%.

Для досягнення означених вище цілей обов'язковим є встановлення ефективних електрофільтрів (при цьому слід передбачити можливість використання спроектованих Українським фінансово-промисловим концерном електрофільтрів з ефективністю 99,75-99,85%).

Для енергоблоків на параметри пари 13 МПа зниження викидів окислів азоту можливо забез-

печити за рахунок реалізації комплексу технологічних заходів – пальники, багатоступінчате спалювання тощо, тому для них необхідним є лише встановлення обладнання для зниження викидів сірки, при цьому особливу увагу необхідно приділити оцінці доцільності встановлення технологій типу мокрою золовловлювача-емульгатора.

Для енергоблоків на параметри пари 24 МПа необхідною є комплексна очистка від оксидів сірки та азоту. При цьому потрібно максимально використовувати технологічні можливості зі зниження викидів азоту для забезпечення можливості використання більш дешевих технологій з меншим рівнем зменшення викидів оксидів азоту. В якості такої технології доцільно розглядати

процес із застосуванням активованого коксу, який має високий рівень очистки по оксидах сірки 90-99%, відносно невисокий щодо зменшення від оксидів азоту – 50-80% за помірною обсягу необхідних капіталовкладень близько 230 дол. США на кВт.

9. Оптимізація структури та режимів роботи генеруючих потужностей енергосистеми України

Реалізація означених заходів повинна забезпечити можливість поступового приведення показників вітчизняних ТЕС до вимог ЄС. Доцільно впровадити в національну статистику звітність стосовно обсягів та концентрації викидів забруднювачів в атмосферу по ТЕС (для блочних ТЕС і по енергоблоках).

1. Directive 2001/80/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants //Official Journal of the European Communities. L 309/1. – 27.11.01.

2. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control //Official Journal L 257/26. – 10.10.96.