

ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПО ЗМЕНШЕННЮ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізовано ефективність режимно-технологічних заходів по скороченню викидів оксидів азоту. Проаналізовано ефективність таких заходів: застосування малотоксичних пальників; ступенева подача повітря в топку; рециркуляція димових газів; застосування малотоксичних пальників і ступеневої подачі повітря; застосування малотоксичних пальників та рециркуляції димових газів; застосування малотоксичних пальників разом з ступеневою подачею повітря і рециркуляцією димових газів; використання трьохступеневої подачі повітря та палива.

Ключові слова: оксиди азоту; рециркуляція димових газів; низькоемісійні пальники; ступенева подача повітря.

Abstract

The paper analyzes the effectiveness of regulatory and technological measures to reduce nitrogen oxide emissions. The effectiveness of the following measures is analyzed: the use of low-toxic burners; staged air supply to the furnace; flue gas recirculation; the use of low-toxic burners and staged air supply; the use of low-toxic burners and flue gas recirculation; the use of low-toxic burners together with staged air supply and flue gas recirculation; the use of three-stage air and fuel supply.

Keywords: nitrogen oxides; flue gas recirculation; low-emission burners; staged air supply; air and fuel supply.

Вступ

Зниження викидів шкідливих речовин від енергетичних установок є однією з актуальних задач сьогодення. Оксиди азоту найбільше утворюються у високотемпературній зоні газового факела, тому стримування їх емісії пов'язано з інтенсивним охолодженням зони горіння чи зменшенням температури в ній за рахунок рециркуляції баластових мас (димових газів) [1]. Для забезпечення умов стримування утворення оксидів азоту розроблено ряд заходів. Первинні (режимно-технологічні) заходи спрямовано на зменшення утворення оксидів азоту в топці або камері згоряння енергетичної установки. До цих заходів належать: використання малотоксичних пальників, ступенева подача повітря та палива, рециркуляція димових газів, поєднання зазначених способів, тощо [2-6]. Зазначені методи мають різну ефективність, але дозволяють зменшити викиди оксидів азоту.

Мета роботи — дослідження ефективності режимно-технологічних заходів по скороченню викидів оксидів азоту.

Основна частина

Для складання державної та галузевої звітності, а також для прогнозного оцінювання обсягів викидів забруднювальних речовин, в Україні використовується галузевий керівний документ [6].

Для розрахунку показника емісії оксидів азоту k_{NO_x} , г/ГДж, з урахуванням заходів скорочення викиду використовується формула [6]

$$k_{\text{NO}_x} = (k_{\text{NO}_x})_0 f_n (1 - \eta_I) (1 - \eta_{II} \beta), \quad (1)$$

де $(k_{\text{NO}_x})_0$ — показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду, г/ГДж;

f_n — ступінь зменшення викиду NO_x під час роботи на низькому навантаженні;

η_I — ефективність первинних (режимно-технологічних) заходів скорочення викиду;

η_{II} — ефективність вторинних заходів (азотоочисної установки);

β — коефіцієнт роботи азотоочисної установки.

Слід зазначити, що в Україні навіть на великих енергетичних об'єктах азотоочисні установки не використовуються (селективне каталітичне відновлення СКВ, селективне некаталітичне відновлення СНКВ).

Орієнтовні значення ефективності первинних заходів зменшення викиду оксидів азоту наведено в таблиці Д.7 [6]. Значення ефективності застосування первинних заходів η_1 , окремих та їх комбінацій, визначаються за результатами випробувань енергетичної установки після їх впровадження і затверджуються відповідними актами.

Для енергетичної установки, що за звітний період спожила 100 тис. м³ природного газу (газопровід Уренгой-Ужгород) проаналізовано вплив режимно-технологічних заходів по зменшенню викидів оксидів азоту.

На рисунку 1 наведено отримані результати.

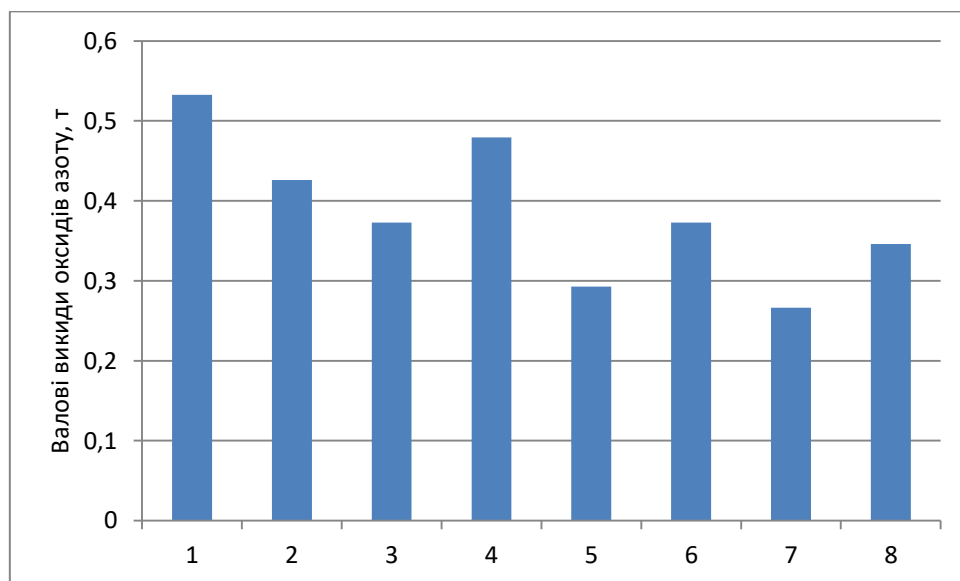


Рисунок 1 – Валові викиди оксидів азоту. 1 – викиди оксидів азоту без заходів по скороченню; 2 – застосування малотоксичних пальників, $\eta_1=0,2$; 3 – ступенева подача повітря $\eta_1=0,3$; 4 – рециркуляція димових газів $\eta_1=0,1$; 5 – малотоксичні пальники+ступенева подача повітря $\eta_1=0,45$; 6 – малотоксичні пальники+рециркуляція димових газів $\eta_1=0,3$; 7 – малотоксичні пальники+ступенева подача повітря+рециркуляція димових газів $\eta_1=0,5$; 8 – трьохступенева подача повітря та палива $\eta_1=0,35$.

Отримані дані свідчать про ефективність режимно-технологічних заходів по скороченню викидів оксидів азоту. Залежно від заходу по скороченню викидів оксидів азоту, зменшення викидів становить 10...50 %. Найменше зменшення викидів, згідно методики, дає рециркуляція продуктів згорання (на 53 кг порівняно з базовим варіантом). В методиці [6], коефіцієнт, що враховує ефективність методу становить $\eta_1=0,1$. Тут слід зазначити, що є різні способи організації рециркуляції димових газів. Зменшення викидів залежить від способу організації рециркуляції. Один із способів полягає в тому, що димові гази з температурою 300 – 400 °С відбираються перед повітропідігрівником і спеціальним рециркуляційним насосом подаються в топку, при цьому температура факела знижується на 120 – 130 °С. Для водогрійних котлів без хвостових поверхонь нагріву димові гази забирають з димоходу і подають до спеціального пальника. Найбільше поширення отримало введення димових газів рециркуляції в суміші з дуттьовим повітрям [7]. подача рециркуляційних газів з паливом більш ефективно знижує вихід оксидів азоту, ніж підмішування їх у дуттьове повітря. При однаковій мірі рециркуляції, наприклад при спалюванні газу, в першому випадку вихід NO_x знижується на 45,4%, а у другому – на 22,7% [7]. В роботі [3] зазначено, що підмішування газів рециркуляції в повітря перед пальником у кількості 20...25% вдається знизити вміст оксидів азоту на 40...50%.

Згідно ГКД 34.02.305–2002, найбільш ефективно комбінувати методи, зокрема використання малотоксичних пальників в поєднанні з ступеневою подачею повітря зменшує викиди на 45 %, а застосування малотоксичних пальників в поєднанні зі ступеневою подачею повітря і рециркуляцією димових газів зменшує викиди на 50 %.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано літературну інформацію по методах зменшення викидів оксидів азоту. В роботі досліджено ефективність режимно-технологічних заходів по скороченню викидів оксидів азоту. Проаналізовано ефективність таких заходів: застосування малотоксичних пальників; ступенева подача повітря в топку; рециркуляція димових газів; застосування малотоксичних пальників і ступеневої подачі повітря; застосування малотоксичних пальників та рециркуляції димових газів; застосування малотоксичних пальників разом з ступеневою подачею повітря і рециркуляцією димових газів; використання трьохступеневої подачі повітря та палива. Отримані в роботі результати свідчать про ефективність режимно-технологічних заходів по скороченню викидів оксидів азоту. Залежно від заходу по скороченню викидів оксидів азоту, зменшення викидів становить 10...50 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й., Боднар Л. А. Екологічні аспекти виробництва енергії. Вінниця: ВНТУ, 2017. 83 с.
2. Сігал О. І., Бикоріз Є. Й., Плашихін С.В. Застосування пальників з низькою емісією оксидів азоту при спалюванні природного газу та рідкого палива. Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики. Збірник праць. Під редакцією О.І. Сігала. Київ. ІВЦАЛКОН. 2022. С. 111-115.
3. Єфімов О. В., Тютюник Л. І., Касілов В. Й., Іванова Л.А. Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів оксидів азоту при роботі котлів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнологічні процеси й устаткування. , . 2018 р. №11. С. 36– 39.
4. Natural gas boiler flue gas recirculation to reduce NOx emissions. URL: <https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2016-12-nox/>
5. Тесленко О. І. Техніко-економічні показники технологій зменшення викидів оксидів азоту від потужних опалювальних котлів. Проблеми загальної енергетики. 2019. Вип. 3. С. 30-36. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2019_3_7.
6. ГКД 34.02.305–2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. 40 с.
7. Енергетика. Історія, сучасність, майбутнє. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-1/part-2/section-8/97-entsiklopediya/elektroenergetika-ta-okhorona-navkolishnogo-seredovishcha-funktsionuvannya-energetiki-u-suchasnomu-sviti/chastina-3-elektroenergetika-ta-okhorona-navkolishnogo-seredovishcha/rozdil-2-vpliv-teploenergetiki-na-navkolishne-seredovishche/271-2-3-metodi-znizhennya-vikidiv-toksichnikh-rechovin-v-atmosferu>

Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: Bodnar06@ukr.net
Гусар Сергій Васильович, студент гр. ТЕ-22 б, ФБЦЕІ, gysarsergeite22b@gmail.com

Bodnar Lilia, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bodnar06@ukr.net.

Husar Serhii, student, gysarsergeite22b@gmail.com