

ОГЛЯД СТРУМЕНЕВО-НИШЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВА

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

На базі розробок КПІ ім. Ігоря Сікорського створена універсальна технологія спалювання палива, яка відрізняється високою ефективністю організації процесу горіння. Проведено огляд струменево-нішевої системи спалювання палива.

Визначено основні принципи, що покладені в основу технології. При впровадженні струменево-нішевої технології у промисловість виявлено, що існує можливість забезпечення зниження оксидів азоту технологічними методами.

Ключові слова: струменево-нішева технологія, колектор-пілон, паливна суміш, стале горіння, стабілізація факелу.

Abstract

Based on the developments of KPI named after Ihor Sikorsky created a universal technology of burning fuel, which is characterized by high efficiency in the organization of the combustion process. An inspection of the jet-niche fuel combustion system was carried out.

The main principles underlying the technology are defined. When introducing jet-niche technology into the industry, it was found that there is an opportunity to ensure the reduction of nitrogen oxides by technological methods.

Key words: jet-niche technology, collector-pylon, fuel mixture, steady combustion, flame stabilization.

Вступ

Ефективність топкових процесів, як відомо, залежить від організації робочого процесу паливних пристроїв, який складається з: роздачі горючого у потоці окиснювача, сумішоутворення паливної суміші, займання паливної суміші, стабілізації горіння, умов вигорання паливної суміші, формування полів швидкостей, температури та концентрації продуктів горіння у топковому просторі. Багато уваги в поточному часі приділяється удосконаленню всіх елементів робочого процесу: про це свідчить велика кількість публікацій [1].

Комплексний підхід до підвищення енергоефективності спалювання палива дозволяє досягти не тільки значної економії енергоресурсів, але й забезпечити надійність та екологічну безпеку.

Мета роботи: провести аналіз спалювання палива з використанням струменево-нішевої технології.

Результати дослідження

В даному аспекті найбільш ефективною паливоспалюючою вітчизняною технологією, яка дозволяє надійно та ефективно працювати в широкому діапазоні робочих навантажень вогнетехнічного обладнання (ВО) є струменево-нішева технологія (СНТ) [1].

На сьогоднішній день на основі СНТ проведено модернізацію більш ніж 1000 ВО України та зарубіжжя. Основні принципи, що покладені в основу технології, наступні [2]:

- раціональний розподіл палива в потоці окисника;
- стійка регульована структура течії палива, окисника та продуктів згорання;
- саморегульованість складу паливної суміші в зоні стабілізації факелу;
- самоохолодження пальника;
- термічна підготовка пального;
- модульність.

Особливістю нішевого вихроутворювача є генерування високочастотних пульсацій швидкості, що призводять до інтенсифікації сумішоутворення. Струменево-нішева система (рис.1) має стійку вихрову структуру зі змінним обсягом стійкої циркуляційної зони і постійним складом паливної суміші в області стабілізації факела [1].

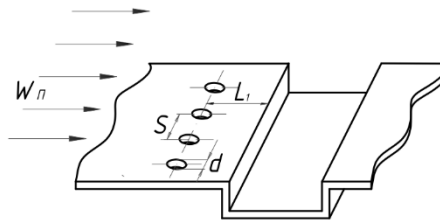


Рис. 1 – Струменево-нішева система, W_n – швидкість потоку повітря в каналі пальника, L_1 – відстань паливних отворів від зривної кромки ніші, S – крок розташування отворів, d – діаметри отворів

Всі принципи, зазначені вище, досягаються за рахунок вдалого конструктивного розміщення струменево-нішевої системи (СНС) [2-3] на автономному колекторі-пілоні, з яких складається пальник (рис.2).

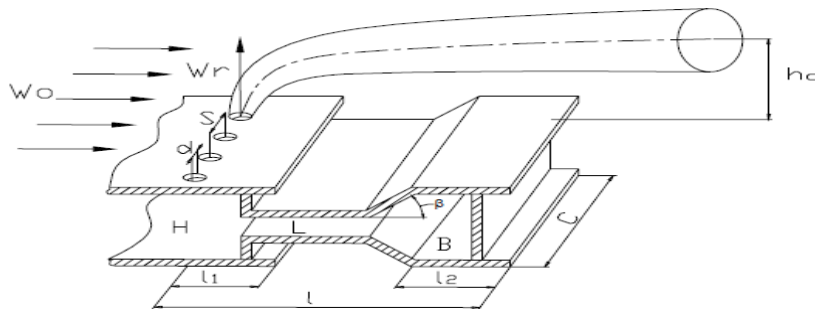


Рис. 2 – Струменево-нішевий модуль

В роботі [4] під час експериментального дослідження визначено вплив геометричних параметрів паливоподачі струйно-нішевої системи на розподіл температур у факелі при горінні газоподібних палив, що має слугувати основою при розробці практичних рекомендацій для проектування та впровадження у промисловість газопальникового обладнання на основі струйно-нішевої технології спалювання палива (рис. 3). В ході досліджень виконувались вимірювання температури факелу та продуктів згоряння в різних перетинах вогнетривкої футерованої ділянки.

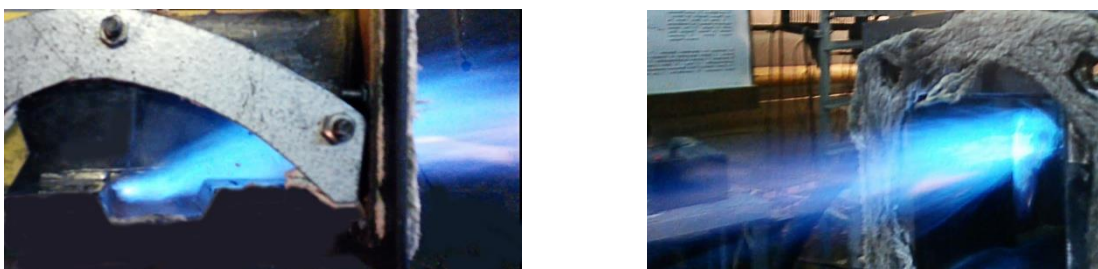


Рис. 3 – Горіння одиночного струменя в СНС при: $L/H=40/10$, $L_1=10$ мм, висота повітряного каналу $H_k=72$ мм, $d=6$ мм

В результаті проведених вимірювань встановлено, що розподіл температур відповідає загальним уявленням щодо фізичних характеристик факела залежно від реалізованого механізму спалювання. Зі збільшенням гомогенізації паливної суміші процес горіння зміщується в бік кінетичного, що досягається за рахунок відповідного вибору параметрів паливо розподілу.

Авторами [5] виконані дослідження режимів стабілізації полум'я одиночним струменем, розміщеним перед нішевою порожниною. Результати приведені на рис. 4.

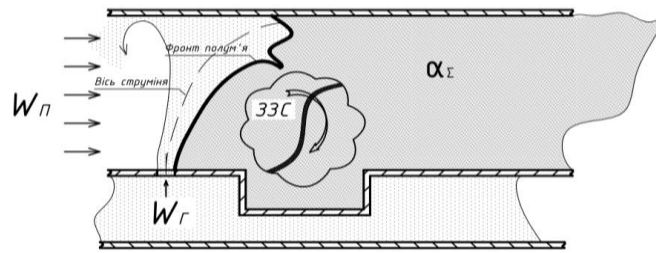


Рис. 4 – Схема процесу стабілізації полум'я в СНС, W_p , W_r – швидкість повітря та палива відповідно, м/с

Результати експерименту показали розширення меж сталого горіння в СНС з одним струменем при збільшенні його діаметру. Значення коефіцієнту α в даному випадку далекі від стехіометричних, оскільки значна частина повітря проходить транзитом у каналі не приймаючи участь у процесі горіння, тому в досліджуваних умовах максимум характеристики зміщений із області стехіометрії в сторону збідненої суміші і дещо зміщується при зменшенні діаметру газового сопла. Слід зазначити, що зі збільшенням діаметру діапазон сталого горіння розширюється (площа під кривими запалення та згасання), що може бути пояснено збільшенням фізичного розміру зони циркуляції в затіненій частині струменя. Визначено, що перехід від поодинокого струменя до системи струмин дозволяє розширити робочий діапазон СНС і максимально наближує область сталого горіння до області стехіометричних сумішей ($\alpha \rightarrow 1,0$); близькою за можливостями регулювання робочих навантажень розглядається система, що складається з 4-ох і більше струменів палива.

Слід зазначити, що в Україні діє «Національний план скорочення викидів від великих паливо-спалювальних установок» [6]. Серед первинних заходів зниження оксидів азоту одним із найефективніших може розглядатися застосування рециркуляції продуктів спалювання у топковий простір вогнетехнічного об'єкта на базі високоефективної енергоекологічної технології спалювання СНТ [7].

Відомо, що NO_x , утворені у процесі згоряння, зазвичай виникають через термічну фіксацію атмосферного азоту в повітрі для спалювання, що призводить до утворення «термічних NO_x ». Вважається, що на утворення термічних NO_x впливають такі фактори, як наявність вільного кисню в зоні згоряння (O_2), температура, тиск і час перебування у високотемпературній зоні (рис. 5). Що стосується паливних NO_x , то їх утворення залежить від таких факторів, як вміст азоту у паливі, загальна кількість надлишкового повітря й відносний розподіл первинного і вторинного повітря для згоряння [8].

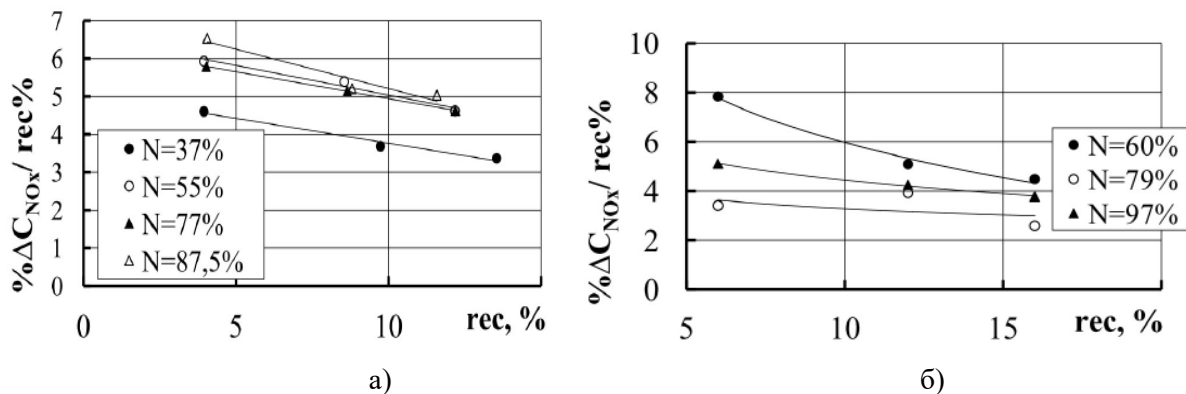


Рис. 5 – Залежність зменшення відсотка концентрації оксидів азоту на відсоток газів рециркуляції від об'єму баластних газів у топковий простір для котлів: а – КВ-Г-6,5; б – ДКВР-10

Аналіз отриманих результатів промислового впровадження пальників показує, що локальні емісійні характеристики у вигляді залежностей NO_x від експлуатаційних факторів мають суто індивідуальний характер, тобто відображають різний ступінь впливу на рівень емісії оксидів азоту [7].

В результаті широкого впровадження досліджуваної технології у промисловість виявлено, що існує можливість забезпечення зниження оксидів азоту технологічними методами. Встановлено, що

найбільш простим і ефективним із них слід визнати введення газів рециркуляції у топковий простір. Ефективність введення газів рециркуляції залежить від потужності агрегату і від їх загального об'єму при баластуванні окисника [7].

Висновки

1. Визначено основні принципи, що покладені в основу струменево-нішевої технології, які досягаються за рахунок вдалого конструктивного розміщення струменево-нішевої системи на автономному колекторі-пілоні, з яких складається пальник.

2. Поряд з енергетичною ефективністю струменево-нішевої технології на перший план виходять вимоги щодо забезпечення екологічних показників модернізованого вогнетехнічного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абдулін, М. З. Применение струйно-нишевой технологии сжигания топлива в энергетических установках. Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. науч. трудов. – 2005. – № 6. – С. 130-144.
2. Абдулін, М. З. Струйно-нишевая система стабилизации и сжигания топлива [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.04.01 / Абдулін Михайл Загретдинович; КПИ. – Киев, 1986. – 18 с.
3. Абдулін М.З., Джамал І. Тепловий режим мікродифузійного газогорілочного пристрою. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 1997. С. 111–113.
4. Сірий О. А., Абдулін М. З. Дослідження енергетичних показників струменево-нішевої системи спалювання палива. Вісник "ХПІ", серія «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування», Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – № 12 (1288). – С. 89-94. DOI 10.20998/2078-774X.2018.12.16
5. Абдулін М. З., Сірий О. А. Дослідження сталості процесу горіння у струменево-нішевій системі спалювання палива. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки, 2018, Т. 29(68), № 1(2). - С. 55-60. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sntuts_2018_29_1\(2\)_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sntuts_2018_29_1(2)_13).
6. Про Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок: розпорядження Кабінету міністрів України від 08.11.2017 No796-р. Київ, 2017. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-2017-%D1%80>
7. Абдулін М. З., Сірий О. А., Кобилянська О. О. Енергоекологічна оцінка котельного устаткування, модернізованого на базі струменево-нішевої технології. *Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia*, 2022, vol. 25, no. 3.
8. Parra D., Valverde L., Pino F. J., Patel M. K. A review on the role, cost and value of hydrogen energy systems for deep decarbonisation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 101. P. 279–294. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.010>.
9. Wang H., Yuan B., Hao R., Zhao Y., Wang X. A critical review on the method of simultaneous removal of multi-air-pollutant in flue gas. *Chemical Engineering Journal*. 2019. Vol. 378. P. 122–155. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122155>

Абдулін Михайло Загретдинович, доктор технічних наук, професор, кафедра теплової та альтернативної енергетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, e-mail: MZAbdulin@gmail.com.

Власенко Ольга Володимирівна, доктор філософії, кафедра теплової та альтернативної енергетики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, e-mail: olgakysak7@gmail.com.

Сірий Олександр Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра теплової та альтернативної енергетики, Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, e-mail: Seruy_Alex@i.ua.

Abdulin Mykhailo Z., Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Thermal and Alternative Energy, National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, e-mail: MZAbdulin@gmail.com.

Vlasenko Olha V., Doctor of Philosophy, Department of Thermal and Alternative Energy, National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, e-mail: olgakysak7@gmail.com.

Siriy Oleksandr A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Thermal and Alternative Energy, National Technical University "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, e-mail: Seruy_Alex@i.ua.