

УДК 662.61:621

Технічні науки

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
чл.-кор. НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Шеренковський Юлій Владиславович

*кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Прокопов Віктор Григорович

*доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Prokopov Viktor

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Меранова Наталія Олегівна

*кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Meranova Nataliia

*Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Альошко Сергій Олександрович

*кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Aleshko Sergey

*Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Полозенко Ніна Петрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Polozenko Nina

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Кліщ Андрій Володимирович

*молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Klishch Andrii

*Junior Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Хміль Дмитро Петрович

*доктор філософії, молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Khmil Dmytro

PhD, Junior Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Бетін Юрій Олексійович

кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Betin Yurii

PhD, Junior Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Місюра Тимофій Олексійович

доктор філософії, науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Misiura Tymofii

PhD, Research

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine,

**ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ КОТЛОАГРЕГАТА НА
АЕРОДИНАМІЧНІ І ТЕПЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ
ОХОЛОДЖЕННЯ ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЇВ
THE INFLUENCE OF BOILER UNIT LOAD ON THE AERODYNAMIC
AND THERMAL CHARACTERISTICS OF COOLING SYSTEMS OF
THE BURNER DEVICES**

Анотація. Виконано комплекс досліджень теплообміну і аеродинаміки для мікрофакельних пальникових пристроїв із спеціальними системами охолодження. Аналізується картина течії в системі охолодження та теплові характеристики пальникового пристрою

стабілізаторного типу при варіюванні навантаження котлоагрегату в широкому діапазоні.

Ключові слова: системи охолодження, пальниковий пристрій, комп'ютерне моделювання, навантаження котлоагрегату, газоподавальні отвори.

Summary. A complex of heat transfer and aerodynamics studies for microjet burner devices with special cooling systems has been completed. The flow pattern in the cooling system and the thermal characteristics of the stabilizer type burner device are analyzed when the load of the boiler unit is varied in a wide range.

Key words: cooling systems, burner device, computer simulation, boiler load, gas supply holes.

До актуальних проблем енергетики України належить проблема підвищення довговічності та надійності вогнетехнічних об'єктів різного призначення. Важливим елементом даних об'єктів є пальникові пристрої. Особливості їх експлуатації свідчать про те, що до основного фактору зниження їх ресурсу належить недосконалість систем охолодження [1-14].

Метою даної роботи є вирішення проблем підвищення довговічності стабілізаторних пальникових пристроїв шляхом застосування технічних рішень щодо вдосконалення їх систем охолодження. Пропоновані технічні рішення полягають в охолодженні найбільш теплонапружених ділянок стабілізатора природним газом, який спеціальним чином подається у внутрішню порожнину стабілізатора і далі, після виконання функції охолоджувального агента, надходить у газоподавальні отвори і використовується як паливо. Ефективність даних систем охолодження пальникових пристроїв стабілізаторного типу великою мірою визначається навантаженням котлоагрегату N ($N = Q_{\text{п}} / Q_{\text{н}} \cdot 100\%$, де $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{н}}$ – поточне та

номінальне навантаження). При визначенні ефективності досліджуваної системи охолодження пального пристрою бралися до уваги такі основні вимоги до таких систем: по-перше, застосування систем охолодження має забезпечувати такий тепловий стан стінок стабілізатора, при якому їх температура не перевищує допустиму величину; по-друге, температура охолоджуючого агента – природного газу, на виході із системи охолодження має бути нижчою за температуру початку його розкладання.

Досліджувався модуль пального пристрою стабілізаторного типу з системою охолодження, який розміщений в плоскому каналі (рис.1). Результати отримані за допомогою чисельних експериментів, яким відповідали такі основні вихідні параметри: коефіцієнт загромадження прохідного перерізу каналу $k_f = 0,4$; висота стабілізатора $B_{ст} = 0,03$ м.; діаметр газоподавальних отворів $d_r = 4,3 \cdot 10^{-3}$ м.; коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,2$; температура газу на вході до системи охолодження $t_r = 15$ °С; температура повітря на вході в паликовий пристрій $t_{п} = 20$ °С; матеріал стінки стабілізатора – сталь 12Х18Н9Т; навантаження котлоагрегату N змінювалося в діапазоні від 100% до 20%.

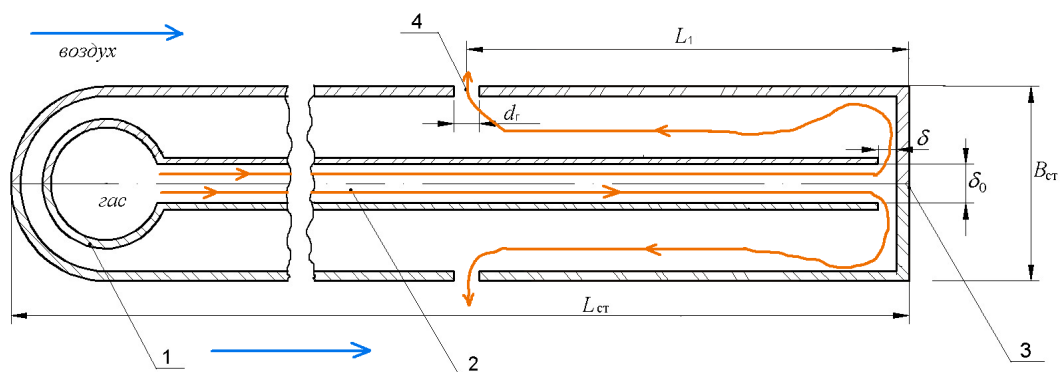


Рис. 1. Поздовжній переріз модуля пального пристрою стабілізаторного типу з системою охолодження:

- 1 – газоподавальний колектор; 2 – плоский канал для охолоджуючого газу;
3 – торцева стінка модуля; 4 – газоподавальні отвори

На рисунку 2 представлено картину течії охолоджуючого газу у внутрішній порожнині стабілізатора. Як показано на рис. 2, потік газу із плоского каналу, вдаряючись в торцеву поверхню стабілізатора, розтікається вздовж неї і далі надходить безпосередньо в газоподавальні отвори. При цьому в приторцевій зоні стабілізатора утворюється великий вихор, розміри якого істотно залежать від навантаження котлоагрегату N . Так, при зміні N від 100% до 20% вихор зменшується на 33% і 5% по x та y компоненті відповідно. На рис. 3 представлено розподіл коефіцієнта тепловіддачі α вздовж внутрішньої поверхні стабілізатора в перерізі, що проходить через вісь газоподавального отвору, при різному навантаженні котлоагрегату N .

Відповідно до зіставлення даних, наведених на рис. 2 та 3, екстремуми на кривій α відповідають відповідно зонам відриву, приєднання потоку, кутовим вихровим зонам і т.д. Так, у зоні удару плоского імпульсного струменя в торець стабілізатора досягаються максимальні значення як швидкості природного газу, так і коефіцієнта тепловіддачі. Другий максимум відповідає прискоренню потоку в каналі між великим приторцевим вихором і стінкою стабілізатора.

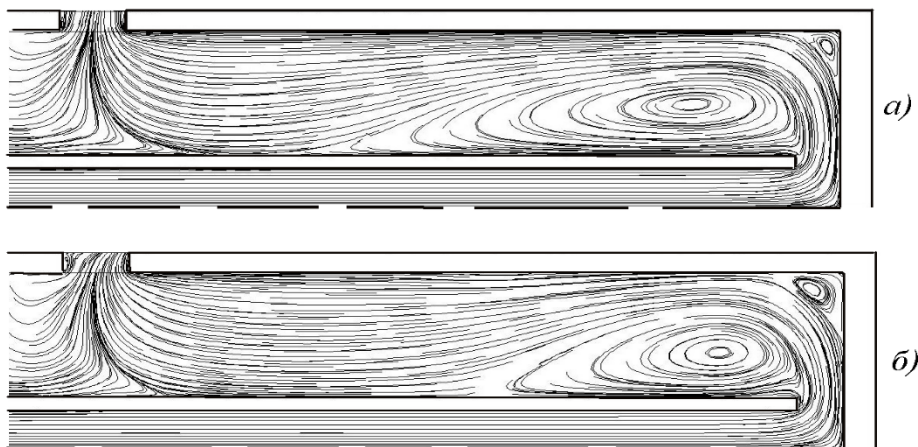


Рис. 2. Картина ліній току охолоджуючого агента в поздовжньому перерізі, що проходить через вісь газоподавального отвору, для різного навантаження котлоагрегату N : а) $N = 100\%$; б) $N = 20\%$

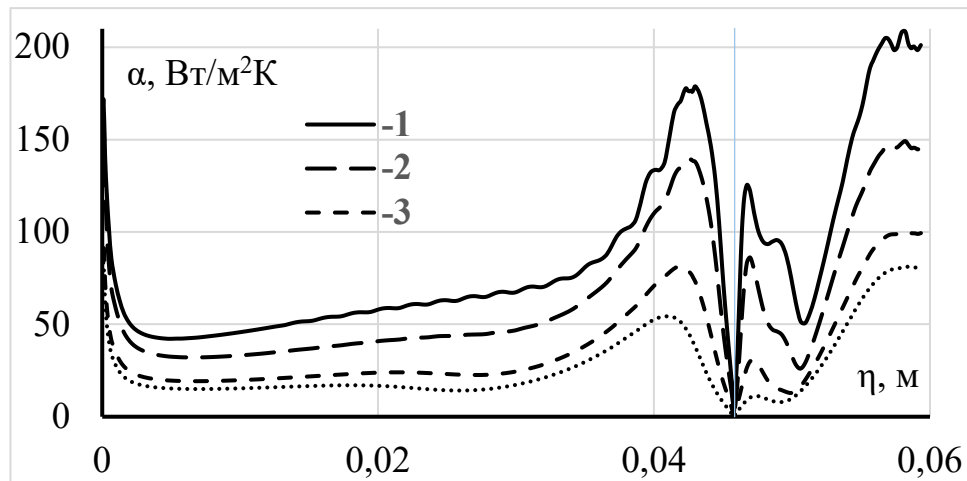


Рис. 3. Коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні стабілізатора в поздовжньому перерізі, що проходить через вісь газоподавального отвору, для різних значень навантаження котлоагрегату N :
1 – $N = 100\%$; 2 – $N = 60\%$; 3 – $N = 30\%$; 4 – $N = 20\%$

Згідно з отриманими даними, має місце суттєвий вплив навантаження котла як на локальні, так і на середні значення коефіцієнтів тепловіддачі. Так, при зменшенні навантаження від 100% до 20% максимальні значення знизилися в 2,5 рази.

Як приклад на рис. 4, представлений відповідний розподіл температури вздовж зовнішньої поверхні стабілізатора і в перерізі, що проходить через вісь газоподавального отвору, при різному навантаженні котлоагрегату N . Як видно, для всіх аналізованих величин навантаження котлоагрегату N максимальні значення температури спостерігаються на торцевій стінці стабілізатора полум'я.

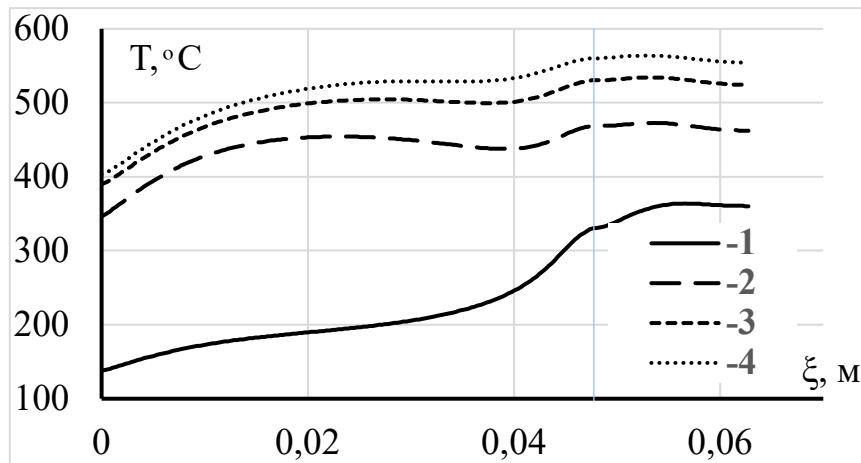


Рис. 4. Температура на зовнішній поверхні стабілізатора в поздовжньому перерізі, що проходить через вісь газоподавального отвору, для різних значень навантаження котлоагрегату N :

1 – $N = 100\%$; 2 – $N = 60\%$; 3 – $N = 30\%$; 4 – $N = 20\%$.

Результати проведених досліджень показали, що допустимий рівень максимальної температури стінки стабілізатора, що дорівнює $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, зберігається при навантаженнях котлоагрегату від 100% до 30% . Однак, при подальшому зменшенні N до 20% максимальна температура в торцевій області стабілізатора перевищує вказаний допустимий рівень і становить $564\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Згідно з даними комп'ютерного моделювання температура газу на виході із системи охолодження становить 60°C та 168°C при номінальному та мінімальному навантаженні відповідно, тобто рівень нагріву газу не перевищує допустиму величину $350\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Що ж до втрат тиску трактом охолоджувача, то вони відносно невеликі і дорівнюють 455 Па при $N = 100\%$. Ці втрати зменшуються у 25 разів за $N = 20\%$.

В результаті проведених досліджень отримані дані про основні характеристики течії та теплообміну для аналізованої системи самоохолодження пального пристрою в широкому діапазоні зміни навантаження котлоагрегату N . Встановлено, що застосування даної

системи дозволяє забезпечити як отримання ефекту охолодження стінок пілону до температур, що не перевищують їх граничне значення, і допустимі рівні нагрівання охолоджуючого агента – природного газу, при відносних навантаженнях котлоагрегата, перевищують 30%.

Література

1. Fialko N. M., Prokopov V. G., Sherenkovsky Ju. V., Aleshko S. A., Hanzha M. V., Polozenko N. P., Maletskaya O. E., Kutniak O. N., Regragui A., Donchak M. I. Mathematical modeling of temperature regimes of burners of stabilizing type with thermo-barrier coatings. *Технологические системы*. 2018. № 83/2. С. 41-47. <https://doi.org/dx.doi.org/10.29010/083.4>.
2. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.О., Абдулин М.З. Системы охлаждения микрофакельных горелочных устройств с плоскими стабилизаторами пламени. Киев: изд-во «София-А». 2016. 200 с.
3. Fialko N., Meranova N., Sherenkovskii Ju., Aleshko S., Prokopov V., Abdulin M., Babak V., Korzhyk V., Zhelykh V., Khaskin V. Establishment of regularities of isothermal flow and mixture formation in microjet burners with three-row jet fuel supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 6(8(120), P.65-72. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267891>.
4. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.О., Абдулин М.З., Бутовский Л.С., Полозенко Н.П., Мартюк О.В. Исследование эффективности систем охлаждения микрофакельных горелочных устройств. *Промышленная теплотехника*. 2013. № 1. С. 36-41.
5. Прокопов В.Г., Фіалко Н.М., Альошко С.О., Полозенко Н.П., Кутняк О.Н., Дашковська І.Л., Кліщ А.В., Реграгі А., Ганжа М.В. Системи охолодження пальників струменево-нішового типу. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2020. № 12 (92). С. 36-42.

6. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О. Аеродинаміка і сумішоутворення в пальниках з багаторядною струменевою системою паливоподачі. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2023. № 2. С. 34-44. <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.4>.

7. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Полозенко Н.П., Чехаровська М.І., Дашковська І.Л., Хміль Д.П., Кліщ А.В., Попружук І.О. Ефекти впливу номеру ряду струменевої подачі палива на характеристики течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових пристроях. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. 2023. № 6(140), С.65-70. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-6-8767>.

8. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.О., Абдулин М.З., Озеров А.А. Системи охолодження мікрофакельних горелочних пристроїв. *Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики: мат. XXI міжд. конф. (7-11 червня 2011 г.)*. Ялта. Київ, 2011. С. 190-193.

8. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Тимощенко А.Б., Абдулин М.З., Малецька О.Е., Ночовний А.В. Аналіз впливу геометричної форми нишевої порожнини на аеродинамічне опір каналу. *Промислова теплотехніка*. 2012. Т. 34, № 1. С. 72-76.

9. Фіалко Н. М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Голубінський П.К., Ольховська Н.М., Озеров А.А., Мартюк О.В. Комп'ютерне моделювання течії та теплообміну в системах охолодження з дефлекторними конструкціями для мікрофакельних пальників. *Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики: мат. XXII міжд. конф. (8-12 червня 2012 г.)*. Ялта. Київ, 2012. С. 150-152.

10. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskiy Yu. V., Aleshko S.A., Meranova N.O., Yurchuk V.L. Hanzha M.V. Modeling of heat transfer processes

in stabilizer burners with heat-resistant coatings. The development of technical sciences: problems and solutions. Brno: Baltija Publishing, 2018. С. 189-192.

11. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Альошко С.О., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Тимощенко О.Б., Абдулін М.З., Бутовський Л.С. Аналіз ефективності систем охолодження стабілізаторних пальникових пристроїв з направляючими дефлекторами. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація*. 2013. 758. С. 46-51.

12. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Альошко С.О., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Малецька О.Є. Вплив ширини стабілізатора на аеродинамічні та теплові характеристики систем охолодження мікрофакельних пальникових пристроїв. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. 23.7. С. 83-87.

13. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Юрчук В.Л., Полозенко Н.П., Малецька О.Є., Рокитько К.В., Ганжа М.В., Сороковий Р.Я. Тепловий стан стінок стабілізаторів полум'я з нішовими порожнинами. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. 2021. № 17. С. 30-36. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-17-7657>.

14. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.О., Абдулін М.З., Бутовський Л.С., Миргородський А.Н. Компьютерное моделирование процессов переноса в системах охлаждения горелочных устройств стабилизаторного типа. *Промышленная теплотехника*. 2012. № 1. С. 64-72.