Технічні науки

УДК 621.1.016:621.184

Фіалко Наталія Михайлівна

доктор технічнфх 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

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

Кліщ Андрій Володимирович

молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Klishch Andrii
Junior Senior 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

Юрчук Володимир Леонідович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Yurchuk Volodymyr
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Місюра Тимофій Олексійович
доктор філософії, науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Tymofii Misiura
PhD, Scientific Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Абдулін Михайло Загретдинович
доктор технічних наук, професор,
старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України
Abdulin Michael
Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ЗОНИ ГОРІННЯ МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКІВ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИ ЗМІННИХ ЗНАЧЕННЯХ КОЕФІЦІЄНТА НАДЛИШКУ ПОВІТРЯ

FEATURES OF THE THERMAL STATE OF THE COMBUSTION ZONE OF MICRO- JET BURNERS FOR OPERATION AT VARIABLE VALUES OF THE EXCESS AIR COEFFICIENT

Анотація. *Наведено результати CFD моделювання теплового стану зони горіння мікрофакельних пальників з трирядною струменевою паливоподачею. Представлено результати аналізу основних характеристик температурного режиму даної зони.*

Ключові слова: *мікрофакельні пальники, CFD моделювання, температурні поля, трирядна струменева паливоподача.*

Summary *The results of CFD modeling of the thermal state of the combustion zone of microflare burners with three-row jet fuel supply are given. The results of the analysis of the main characteristics of the temperature regime of this zone are presented.*

Key words: *microjet burners, CFD modeling, temperature fields, three-row jet fuel supply.*

Висока ефективність мікрофакельних пальникових пристроїв зумовлена низкою їх відомих достоїнств [1-13]. Поява нових модифікацій таких пальників, обґрунтування відповідних технологій спалювання потребує всебічних досліджень їх робочих процесів. При цьому значний інтерес становлять дослідження теплового стану зони активного горіння таких пальників.

Дана робота присвячена CFD моделюванню теплового стану зони горіння нових пальникових пристрої з трирядною паливоподачею,

орієнтованих на експлуатацію при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря ($1{,}1 \le \alpha \le 1{,}5$).

На рисунку 1 наведена схема досліджуваного в роботі модуля пальникового пристрою. Модуль складається з стабілізатора 2, розташованого в каналі 1. Підведення паливного газу до стабілізатора модуля здійснюється через одну з трьох секцій I, II, III при заданому значенні коефіцієнта надлишку повітря. Через трирядну систему круглих отворів на бічних поверхнях стабілізаторів полум'я паливний газ подається безпосередньо на спалювання в потік окиснювача, що зносить.

Дослідження проводилися на основі математичного моделювання на основі DES-підходу.

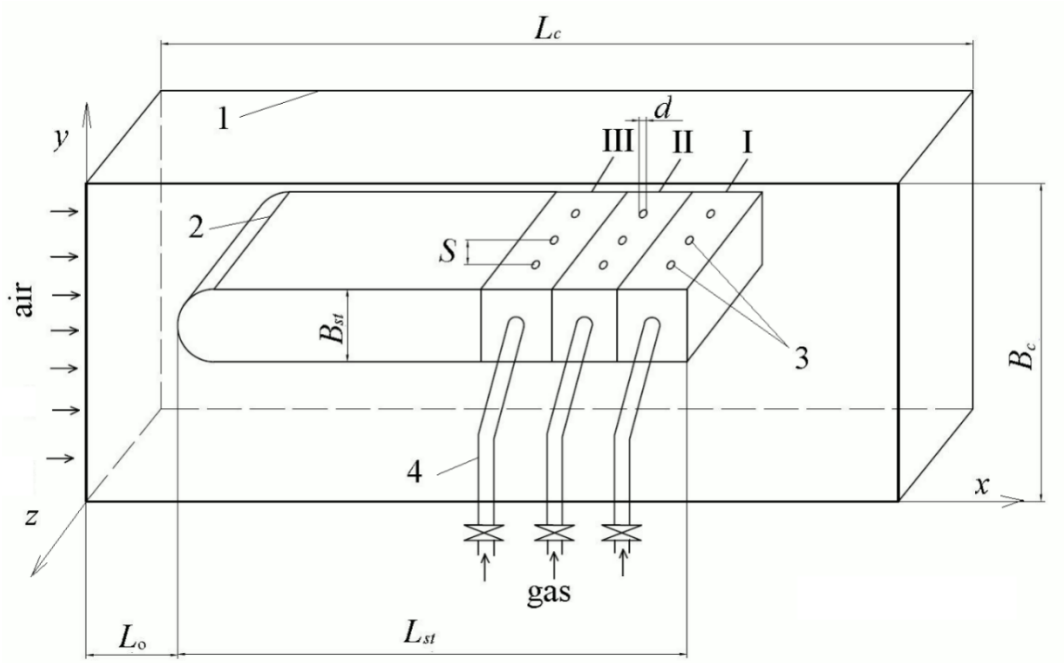


Рис. 1. Схема модуля мікрофакельного пальника стабілізаторного типу з трирядною системою подачі палива:

1 – плоский канал; 2 – стабілізатор полум'я; 3 – газоподавальні отвори; 4 – газопідвідні патрубки; I, II, III – секції паливоподачі з різними значеннями відносного кроку розташування газоподавальних отворів, що відповідають різним значенням коефіцієнта надлишку повітря

Виконані дослідження відповідають таким вихідним параметрам: B_{st}=0,03 м; B_c=0,075 м; L_c=1,3 м; L_0=0,1 м; L_{st}=0,2 м (рис. 1) коефіцієнт загромадження прохідного перерізу каналу k_f =0,4 (k_f=B_{st}/B_c). Значення

коефіцієнта надлишку повітря α_Σ, відстань L_1 між зривною кромкою стабілізатора і відповідними газоподавальними отворами, відносний крок розташування газоподавальних отворів *S/d* та швидкість повітря на вході канал $U^a in$ для подачі палива у різні секції наведено в таблиці 1. Інтенсивність турбулентності *Tu* у вхідному перерізі каналу *Tu*=3 %. Як паливо використовувався природний газ, як окиснювач – повітря.

Нижче для прикладу наведено дані, що відповідають умовам подачі паливного газу у другу секцію паливоподачі.

Таблиця 1

Конструктивні параметри системи трирядної струменевої подачі палива та довжина зони зворотних токів $L_{ззт}$ і значення мінімальної швидкості в цій зоні при постійній теплопродуктивності устаткування

N_R	α_Σ	L_1, 10^{-3}·м	d, 10^{-3}·м	S/d	U^a_{in}, м/с
1	1,1	40	3,8	4,21	5,00
2	1,3	55	3,5	4,57	5,91
3	1,5	70	3,3	4,85	6,82

Рисунок 2 ілюструє поле температур у поперечному перерізі стабілізатора, що проходить через вісь газоподавальних отворів. Як видно, в закормовій області стабілізатора має місце зона високих температур. Вниз за течією температура потоку поступово зростає і, починаючи з деякої відстані від торця стабілізатора, підобласть високих температур охоплює весь поперечний переріз каналу. При цьому нижче за потоком розподіл температури по висоті каналу стає все більш рівномірним.

На рисунку 3 представлено відповідне поле середньоквадратичних пульсацій температури. Згідно з одержаними даними, в закормовій області стабілізатора, що відповідає зоні зворотних токів, спостерігається низький рівень даних пульсацій. Вниз за течією він дещо зростає і далі має місце його падіння. Звертає на себе увагу наявність підобластей з підвищеним рівнем пульсацій температури в зонах, що відповідають

міжстабілізаторному каналу, безпосередньо за зоною зворотних токів. Рівень вказаних пульсацій у цих підобластях досягає 630 °С.

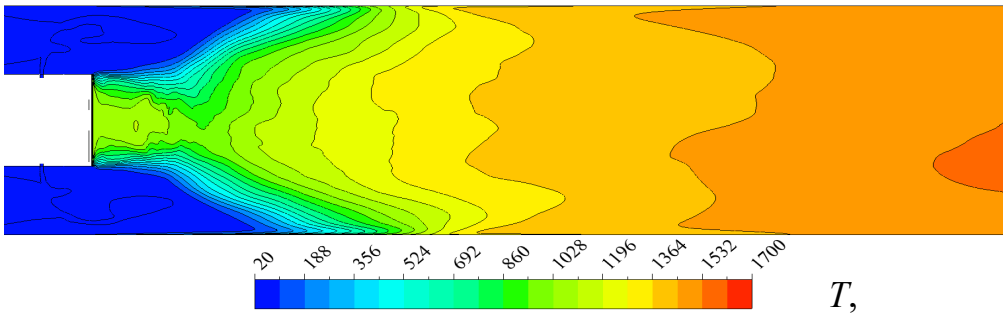


Рис. 2. Поле температури *T* у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у другу секцію (α=1,3).

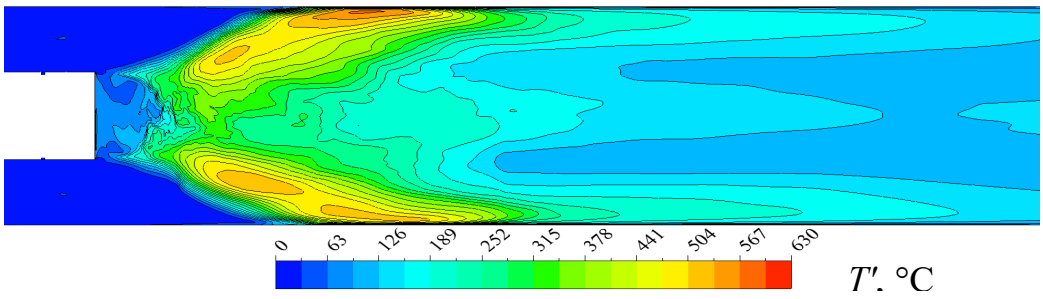
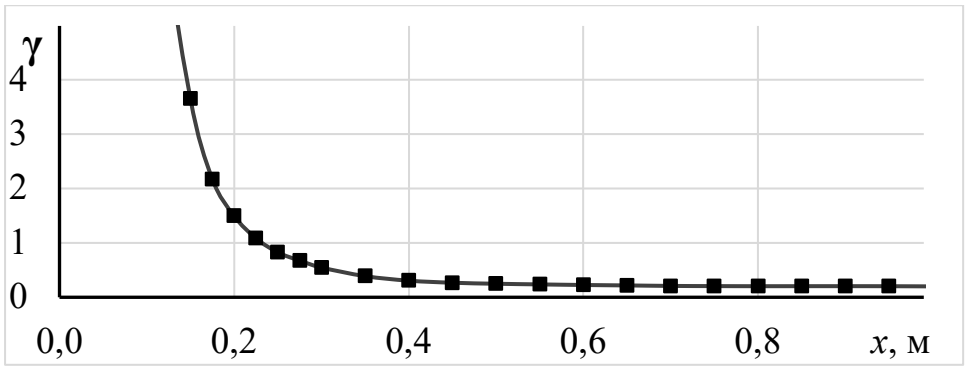


Рис. 3. Поле середньоквадратичних пульсацій температури *T′* у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при подачі палива у другу секцію (α=1,3).

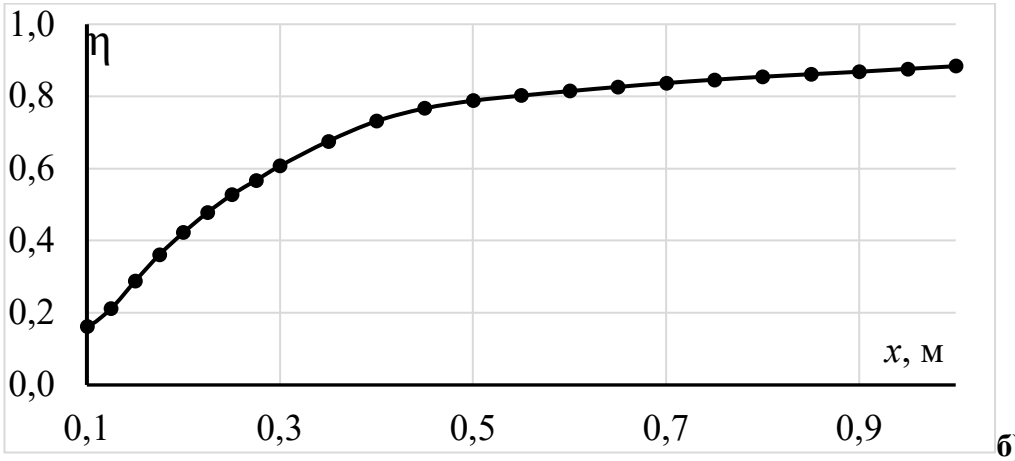
Рисунок 4, а ілюструє зміну по довжині каналу коефіцієнта відносної нерівномірності поля температури γ, що є інтегральною характеристикою нерівномірності розподілу температури у поперечних перерізах каналу

$$\gamma = \frac{T_{\max} - \overline{T}}{\overline{T} - T_{вх}},$$

де $T_{\max}, \overline{T}$ - максимальна і середньомасова температура в даному поперечному перерізі каналу x = const; $T_{вх}$ – температура повітря на вході в канал.



а)



б)

Рис. 4. Розподіл коефіцієнта відносної нерівномірності температури γ (а) та вигорання палива η (б) по довжині каналу за стабілізатором полум'я при подачі паливного газу у другу секцію

Згідно з одержаними даними, різке зниження нерівномірності розподілу температури спостерігається до значень $x < 0{,}2$ м. При $x > 0{,}4$ м ця нерівномірність асимптотично зменшується.

На рисунку 4, б наведено зміну коефіцієнта повноти вигорання палива η по довжині каналу. Як видно, інтенсивне горіння має місце при $x < 0{,}4$ м. Далі, ця інтенсивність асимптотично зменшується.

Висновки. На основі CFD моделювання встановлено основні закономірності температурних режимів зони активного горіння нової модифікації мікрофакельних пальників, призначених для експлуатації при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря. Особливу увагу приділено розгляду таких характеристик температурних режимів як рівень пульсацій температури, нерівномірність її розподілу в поперечних перерізах каналу тощо.

Література

1. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskyi Yu. V., Aleshko S.A., Meranova N.O., Yurchuk V.L., HanzhaM.V. Modeling of heat transfer processes in stabilizer burners with heat-resistant coatings The development of technical sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27-28, 2018. Brno: Baltija Publishing. P. 189-192.

2. Fialko N.M., Aleshko S.A., Rokitko K.V., Maletskaya O.E., and other. Regularities of mixture formation in the burners of the stabilizer type with one-sided fuel supply. *Технологические системы*. 2018. 3(38). С. 37-43.

3. Фіалко Н. М., Прокопов В. Г., Шеренковський Ю. В., Меранова Н. О., Алешко С. А. та ін. Комп'ютерне моделювання процесів теплопереносу в мікрофакельних пальникових пристроях з термобар'єрними покриттями. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2017. Т. 27, № 5. С. 130-133.

4. Фиалко Н.М., Алешко С.А., Юрчук В.Л., Малецкая О.Е., Ганжа М.В., Температурные режимы стабилизаторных горелок при нанесени и др. термобарьерных покрытий на различные участки их поверхности. *Journal of New Technologies in Environmental Science*. 2018. (3). P. 121-124.

5. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovsky Yu.V., Aleshko S.A., Hanzha M.V., Polozenko N.P., Maletskaya O.E. and other. Mathematical modeling of temperature regimes of burners of stabilizer type with thermo-barrier coatings. *Технологические системы*. 2018. 2(38). С. 41-47.

6. Фиалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Алешко С.О., Тимощенко О.Б., Полозенко Н.П., Стрижеус С.Н. Сравнительный анализ характеристик течения в горелках с эшелонированным расположением стабилизаторов пламени в изотермических условиях и при горении топлива. *Науковий вісник НУБіП.* 2016. Вип. 242. С. 33-40.

7. 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.

8. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитько К.В. CFD моделювання температурних режимів зони горіння пальників стабілізаторного типу з асиметричною подачею палива. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2019. Т. 41, № 4. С. 13-18.

9. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Рокитько К.В. Особливості течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових пристроях з асиметричним паливорозподіленням *Теплофізика та теплоенергетика.* 2019. 41, № 1. С. 11-19.

10. Fialko N., Meranova N., Shrenkovskii Ju., Aleshko S., Rokytko K. Flow structure in a stabilizer burner with one-sided fuel supply. *International Multidisciplinary Conference Science and technology of the presents time: priority development directions of Ukraine and Poland.* Volomin. 19-20 October, 2018 P. 112-115.

11. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Ганжа М.В., Юрчук В.Л., Швецова Л.А.Температурные режимы стенок стабилизаторов пламени с защитными покрытиями. *Промышленная теплотехника.* 2017. № 7. С. 31.

12. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Майсон М.В., Шеренковський Ю.В., Іваненко Г.В., Абдулін М.З., Ольховська Н.М., Швецова Л.А., Дончак М.І., Бутовський Л.С. Особенности течения и смесеобразования в микрофакельных цилиндрических горелочных устройствах различной мощности. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК».* 2014. 194/3. С. 94-101.

13. 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 характеристки течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових

пристроях. *МНЖ "Інтернаука"*. 2023. № 6(140). С. 65-70. https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-6-8767.