

Технічні науки

УДК 536.24:533

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*

Рокитько Костянтин Володимирович

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

Rokytko Kostiantyn

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

Кутняк Ольга Миколаївна

науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Kutnyak Olha

Scientific Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Чехаровська Марина Ігорівна

старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Chekharovska Marina

Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Федосенко Леонід Петрович

доктор технічних наук, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Fedosenko Leonid

Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЧІЇ В МІКРОФАКЕЛЬНИХ
ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЯХ ПРИ ЗМІЩЕННІ СТАБІЛІЗАТОРІВ
ПОЛУМ'Я ЗА ПОТОКОМ**

**FLOW CHARACTERISTICS IN MICRO-JET BURNERS WITH
DISPLACEMENT OF FLAME STABILIZERS ALONG THE FLOW**

Анотація. Наведено результати математичного моделювання структури течії в пальникових пристроях при підковоподібному ешелонуванні стабілізаторів полум'я. Проведено порівняльний аналіз

основних характеристик течії палива та окиснювача при ешелонованому і неешелонованому розташуванні стабілізаторів.

Ключові слова: пальниковий пристрій, стабілізатор полум'я, ешелонування, аеродинамічні характеристики.

Summary. The results of mathematical modeling of the flow structure in burner devices with horseshoe-shaped echeloning of flame stabilizers are presented. A comparative analysis of the main characteristics of the flow of fuel and oxidizer with echeloned and non-echeloned arrangement of stabilizers was carried out.

Key words: burner device, flame stabilizer, echeloning, aerodynamic characteristics.

Вступ. Спалювання природного газу в умовах ешелонування стабілізаторів полум'я – один із ефективних способів організації процесу горіння [1-8]. Серед різних варіантів зазначеного ешелонування виділяється підковоподібне розташування стабілізаторів. Даний тип ешелонування відповідає ситуації, коли потрібно досягти зниження теплового навантаження на стінки амбразури котла.

Представлена робота присвячена дослідженню характеристик течії в пальниках при підковоподібному ешелонуванні стабілізаторів полум'я. На рис. 1, до прикладу, розглядається ситуація для решітки, що складається з трьох стабілізаторів полум'я. Решітка стабілізаторів розташовується у прямокутному каналі пальника. На вхід каналу подається повітря, що омиває зовнішні поверхні стінок стабілізаторів. Підведення газу реалізується через систему газоподавальних отворів у бічних стінках стабілізатора. Ешелонування решітки здійснюється шляхом зміщення середнього стабілізатора відносно інших на деяку постійну величину – крок зміщення $L_{зм}$ (рис. 1).

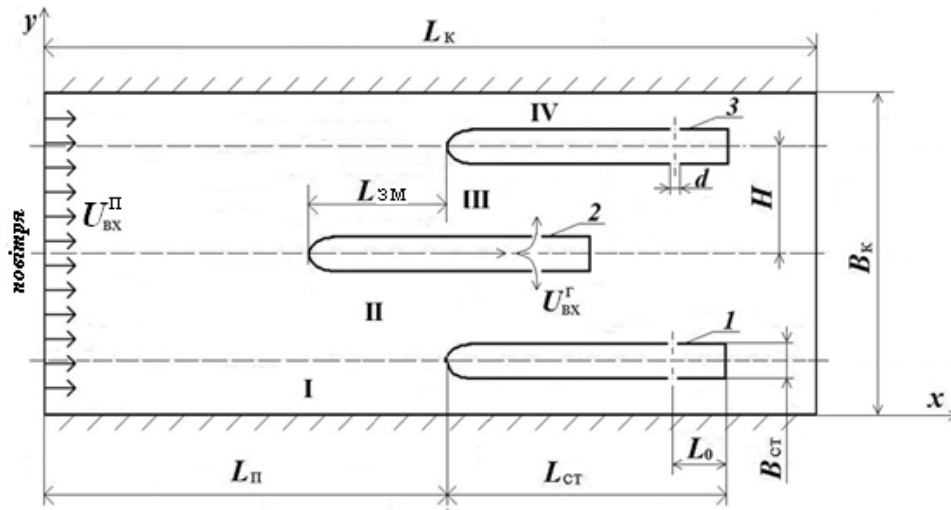


Рис. 1. До постановки задачі для підковоподібно ешелонованих решіток стабілізаторів:

1, 2, 3 – перший, другий та третій стабілізатори полум'я; I, IV – пристінкові канали; II, III – міжстабілізаторні канали

Як метод дослідження застосовувався метод комп'ютерного моделювання. Реалізація розв'язку поставленої задачі здійснювалося на основі програмного пакету FLUENT. Для замикання системи рівнянь, що розглядалась, використовувалася k - ϵ RNG модель турбулентного переносу.

На рис. 2 та в табл. 1 наведено характерні результати виконаних досліджень, які відповідають таким значенням вихідних параметрів:

$$U_{\text{вх}}^{\text{п}} = 6,8 \text{ м/с}; U_{\text{вх}}^{\text{г}} = 24 \text{ м/с}; L_{\text{п}} = 0,2 \text{ м}; L_{\text{ст}} = 0,215 \text{ м}; L_{\text{к}} = 1,5 \text{ м}; H = 0,075 \text{ м};$$

$$B_{\text{к}} = 0,225 \text{ м}; B_{\text{ст}} = 0,03 \text{ м}; L_{\text{зм}} = 0,06 \text{ м}; L_0 = 0,02 \text{ м}; d = 0,0045 \text{ м}; S/d = 3,55,$$

де S , d – крок розташування газоподавальних отворів та їх діаметр; паливо – природний газ, окиснювач – повітря.

У таблиці 1 наведено середні значення поздовжньої складової вектора швидкості в каналах ешелонованої та неешелонованої стабілізаторних решіток. Як видно, швидкості у міжстабілізаторних каналах у разі ешелонованого розташування стабілізаторів є вищими, ніж швидкості ж у пристінкових каналах. Тобто в каналах підковоподібно

ешелонованої решітки відбувається певний перерозподіл витрат у порівнянні з умовами, коли таке ешелонування відсутнє.

Таблиця 1

Середні значення поздовжньої складової вектора швидкості в каналах неешелонованої та підковоподібно ешелонованої решіток стабілізаторів полум'я

Тип решітки	Швидкість $\bar{U}_x$ в каналах, м/с			
	I	II	III	IV
неешелонована	11,0	11,5	11,5	11,0
підковоподібно ешелонована	10,09	11,97	11,97	10,9

Отримані дані свідчать про те, що у разі підковоподібного розташування стабілізаторів найбільша довжина зони зворотних токів має місце за центральним стабілізатором полум'я $L_{zt} = 65,6$ мм. Для периферійних стабілізаторів вона є дещо меншою і становить 55,7 мм. Центральному стабілізатору відповідають і більші за абсолютною величиною значення максимальної швидкості в зоні зворотних токів $U_{max} = 3,7$ м/с. Величина цієї швидкості для периферійних стабілізаторів дорівнює лише 3,17 м/с.

Щодо втрат тиску в пальниковому пристрої з підковоподібно ешелонованою решіткою, то вони є незначними і становлять 39,5 Па. Ці втрати дещо менші порівняно з ситуацією, що відповідає неешелонованій решітці. Тут дані втрати дорівнюють 43,0 Па. Останнє зумовлено, зокрема, більшою турбулізацією потоку в закормових областях стабілізаторів при розташуванні їх торців в одній площині.

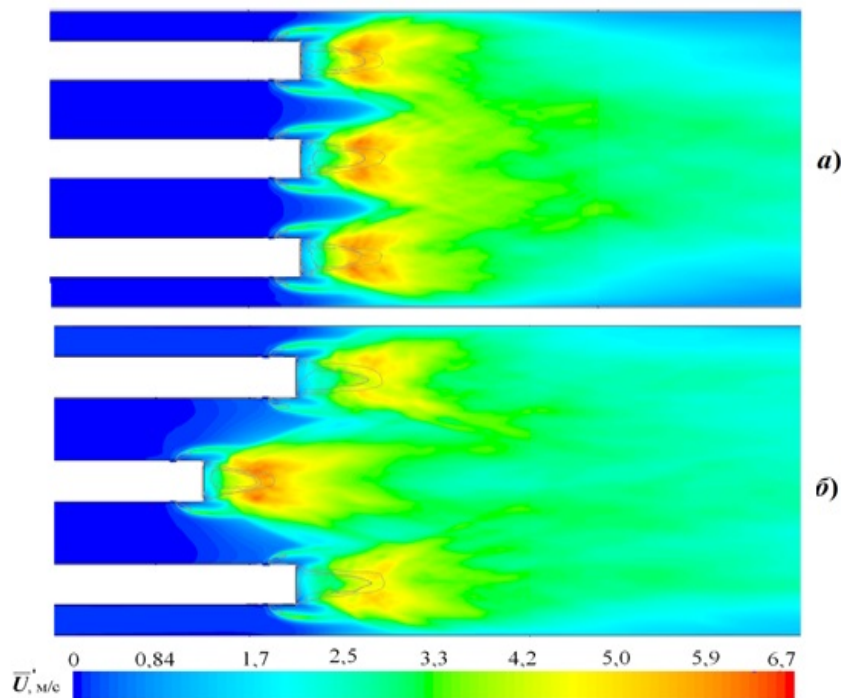


Рис. 2. Поля середньоквадратичних значень пульсацій швидкості в перерізі, що проходить через центри газоподавальних отворів, для неешелонованих (а) та підковоподібно ешелонованих (б) решіток стабілізаторів

На рис. 2 представлено поля середньоквадратичних пульсацій швидкості в перерізі, що проходить через центри газоподавальних отворів. Зіставлення даних на рис. 2 а, і 2б вказує на те, що при підковоподібному розташуванні стабілізаторів, а також при встановленні їхніх торців в одній площині, найбільші значення пульсацій швидкості спостерігаються за зривною кромкою кожного стабілізатора. Однак, при цьому поля пульсацій для ешелонованих і неешелонованих решіток відрізняються суттєво в якісному і кількісному відношенні. Так, у разі неешелонованої решітки картини поля пульсацій близькі за всіма стабілізаторами, а при їх ешелонованому розташуванні суттєво різні для різних стабілізаторів. А саме, у разі підковоподібно ешелонованої решітки за першим за потоком стабілізатором рівні пульсацій швидкості значно вищі, ніж за іншими стабілізаторами. При цьому дані рівні за вказаним першим стабілізатором близькі до рівнів за умов відсутності ешелонування. Тобто турбулізація

поток за решіткою стабілізаторів є суттєвою у разі розташування торців стабілізаторів в одній площині.

Висновки. На основі виконаних досліджень встановлено основні закономірності течії палива та окиснювача в підковоподібно ешелонованій решітці стабілізаторів полум'я. Проведено зіставлення основних характеристик течії для ешелонованого та неешелонованого розташування стабілізаторів полум'я. Показано, що ешелонування стабілізаторів полум'я суттєво впливає на аеродинамічні характеристики пальникового пристрою.

Література

1. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Бутовский Л.С., Абдулин М.З. и др. Закономерности смесеобразования в эшелонированных решетках плоских стабилизаторов пламени. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.7. С. 187–191.

2. Фіалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Прокопов В.Г., Полозенко Н.П., Меранова Н.О., Алешко С.А., Милко Е.И., Озеров А.А., Кутняк О.Н., Швецова Л.А., Абдулин М.З. Влияние на характеристики течения степени загромождения эшелонированными стабилизаторами каналов горелочных устройств. *Науковий вісник НУБіП України*. 2015. 209, Ч. 2. С. 45-53.

3. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Бутовский Л.С., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.О., Полозенко Н.П. Особенности течения топлива и окислителя при эшелонированном расположении стабилизаторов пламени. *Промышленная теплотехника*. 2011. № 2. С. 59-64.

4. 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>.

5. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Іваненко Г.В., Абдулін М.З., Кутняк О.М., Озеров А.А., Бутовський Л.С. Структура течения в микрофакельных горелках с эшелонированными решетками стабилизаторов пламени. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК»*. 2014. 194/3. С. 107-113.

6. Фиялко Н. М., Прокопов В. Г., Шеренковский Ю. В., Меранова Н. О., Алешко С. А., Майсон Н. В., Полозенко Н. П., Степанова А. И. CFD моделирование температурных полей в горелочных устройствах с эшелонированным расположением стабилизаторов пламени. *Технологические системы*. 2016. № 75/2. С. 92-99.

7. Фиялко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.М., Полозенко Н.П., Абдулин М.З., Бутовский Л.С., Мельник П.М. Влияние количества стабилизаторов пламени на особенности течения в эшелонированных стабилизаторных решетках *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: сборник трудов Института промышленной экологии*. К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2014. С. 125-128

8. Фиялко Н.М., Шеренковский Ю.В, Прокопов В.Г., Полозенко Н.П., Меранова Н.О., Алешко С.А., Иваненко Г.В., Юрчук В.Л., Милко Е.И., Ольховская Н.Н. Моделирование структуры течения в эшелонированных решетках стабилизаторов при варьировании шага их смещения. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2015. Т. 2, № 8(74). С. 29-34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.39193>.