

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*

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*

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*

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

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

Чехаровська Марина Ігорівна

старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Chekharovska Marina

Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Малецька Ольга Євгенівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Maletska Olha

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Мельниченко Тарас Олексійович

аспірант

Інституту технічної теплофізики НАН України

Melnychenko Taras

Postgraduate of the

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕЧІЇ ЗА
ІЗОТЕРМІЧНИХ ТА НЕІЗОТЕРМІЧНИХ УМОВ ДЛЯ
ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЇВ ІЗ ЗМІЩЕННЯМ СТАБІЛІЗАТОРІВ
ПОЛУМ'Я ОДИН ВІДНОСНО ОДНОГО
COMPARATIVE ANALYSIS OF FLOW CHARACTERISTICS UNDER
ISOTHERMAL AND NON-ISOTHERMAL CONDITIONS FOR
BURNER DEVICES WITH FLAME STABILIZERS SHIFTED
RELATIVE TO EACH OTHER**

Анотація. В даній статті розглядаються особливості течії в пальникових пристроях з гребінчато ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я за умов холодного потоку та горіння. Виконано

математичне моделювання аеродинаміки в досліджуваних пальникових пристроях.

Ключові слова: пальникові пристрої, гребінчате розташування стабілізаторів полум'я, ешелонування, холодний потік, горіння.

Summary. This article studies the flow characteristics in burner devices with a comb-echelon arrangement of flame stabilizers during cold flow and combustion. Mathematical simulation of aerodynamics in the burner devices under study is performed.

Key words: burner devices, comb arrangement of flame stabilizers, echeloning, cold flow, combustion.

В останній період набувають розвитку дослідження процесів переносу в пальникових пристроях стабілізаторного типу. В роботі розглядаються особливості організації спалювання палива в одному із видів ешелонованих решіток плоских стабілізаторів полум'я [1-8]. До одного із видів такого ешелонування відноситься гребінчате розташування стабілізаторів полум'я. Застосування пальникових пристроїв з гребінчато ешелонованими решітками стабілізаторів орієнтовано, головним чином, на умови, коли необхідно усунути спонтанне порушення симетрії течії або знизити втрати тиску в стабілізаторному пальниковому пристрої [9].

Досліджувані стабілізаторні решітки складаються з періодично зміщених вниз за потоком пар стабілізаторів полум'я рис. 1. При математичному моделюванні розгляду підлягав періодичний елемент зазначеної решітки, що включає два зміщених один відносно одного за течією плоских стабілізатора полум'я (заштрихована зона на рис. 1). У кожному із стабілізаторів газ, що підлягає спалюванню, подається через систему отворів на його бічних поверхнях в зносячий потік повітря.

Математична модель досліджуваних процесів включала рівняння руху, нерозривності, енергії, рівняння збереження маси компонентів суміші

та рівняння стану багатокомпонентної суміші. Розв'язання задачі здійснювалося з використанням методу від'єднаних вихорів (DES). Замикання системи рівнянь реалізувалося із застосуванням k - ε realizable моделі турбулентності.

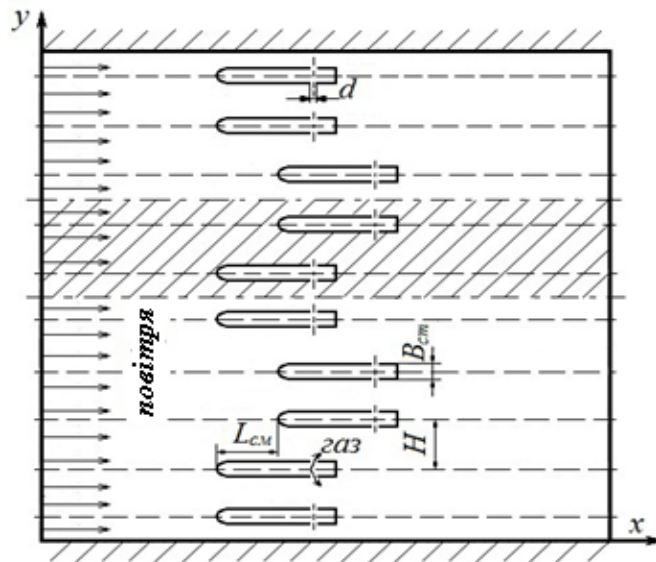


Рис. 1. Схема гребінчасто ешелонованої стабілізуючої решітки з періодично зміщеними вниз за потоком парами стабілізаторів

Наведені результати комп'ютерного моделювання відповідають наступним вихідним параметрам: витрата газу $G_T = 1,1873 \cdot 10^{-4}$ кг/с; коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,2$; ширина стабілізатора $B_{ст} = 30 \cdot 10^{-3}$ м; діаметр газоподавальних отворів $d = 4,3 \cdot 10^{-3}$ м; відносний крок розташування даних отворів $S/d = 3,72$; коефіцієнт загромодження стабілізаторами прохідного перерізу каналу $k_f = 0,4$; крок зміщення стабілізаторів один відносно одного $L_{зм} = 60 \cdot 10^{-3}$ м; відстань від зривної кромки стабілізатора до газоподавальних отворів $L_0 = 50 \cdot 10^{-3}$ м; довжина стабілізатора $L_{ст} = 0,25$ м.

Згідно з отриманими даними характер поля швидкостей в умовах холодного та реагуючих потоків виявляється суттєво різним. А саме, якщо в першому випадку найвищі рівні швидкості мають місце в каналах ешелонованих решіток, то при горінні максимальні швидкості

спостерігаються за ешелонованими решітками на деякому віддаленні від неї. Це зумовлено тим, що у разі горіння через теплове розширення газів у закормових областях стабілізаторів полум'я потік суттєво прискорюється. Так, у ситуації максимальні швидкості для реагують потоків перевищують відповідні значення швидкості для холодного потоку більш ніж в 2,5 рази.

Проведені дослідження показали, що в періодичному елементі, який розглядається, спостерігається певна несиметричність течії щодо його центральної площини і відповідно має місце помітний перерозподіл витрат повітря в каналах решітки. При цьому характер даного перерозподілу є різним в ізотермічних умовах та при горінні. В умовах горіння витрата повітря в першому міжстабілізаторному каналі виявляється дещо меншою, ніж у другому і третьому каналах, де він практично однаковий. У ізотермічній ситуації навпаки, великі й однакові витрати повітря мають місце у першому і другому міжстабілізаторних каналах і менші – у третьому.

На рис. 2 наведені поля середньоквадратичних пульсацій швидкості для двох зіставних ситуацій. Як бачимо при горінні має місце значно вищий рівень пульсацій швидкості в закормових областях стабілізаторів. Так, у холодному потоці вони досягають 7,6 м/с, а за умов горіння – 10,5 м/с. Важливо відмітити, що при горінні більш високий рівень пульсації швидкості спостерігається за другим за потоком стабілізатором, а в ізотермічних умовах – за першим. Це пов'язано з описаними вище закономірностями перерозподілу витрат повітря в міжстабілізаторних каналах в холодному потоці та при горінні.

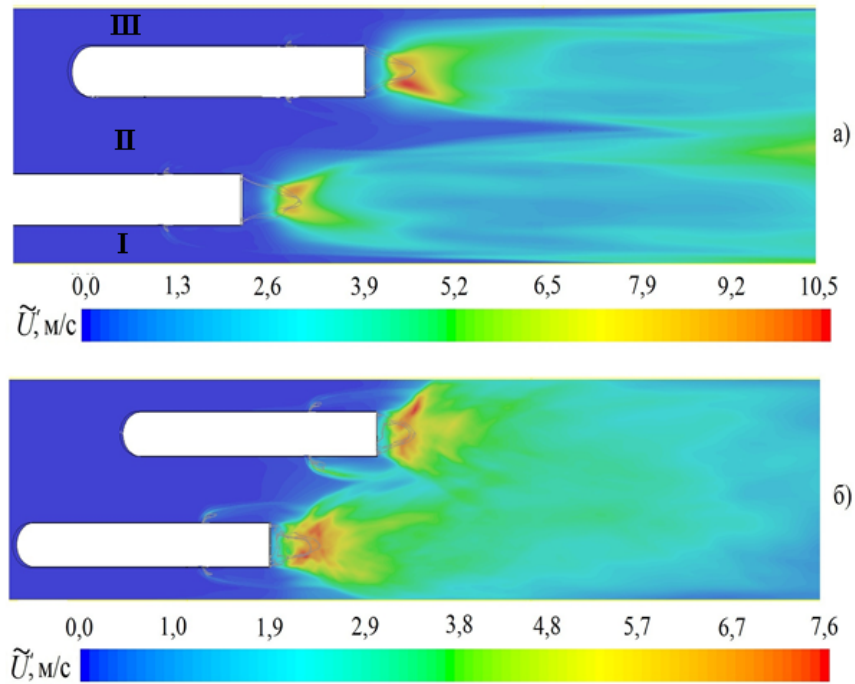


Рис. 2. Поля середньоквадратичних пульсацій швидкості в перерізі, що проходить через центр газоподавальних отворів, для гребінчато ешелонованої решітки стабілізаторів при горінні (а) та в умовах ізотермічної течії (б); I, II, III – номери міжстабілізаторних каналів

На основі проведених досліджень встановлено також, що при використанні гребінчато ешелонованих стабілізаторних решіток спостерігається помітне зниження втрат тиску в пальниковому пристрої в порівнянні з ситуацією, коли торці стабілізаторів знаходяться в одній площині. Так, у цьому випадку це зниження становило 23 % при ізотермічному перебігу, і 8,6 % – за умов горіння.

Таким чином, в результаті виконаних досліджень встановлені основні закономірності течії в гребінчато ешелонованих стабілізаторних решітках для ситуацій, що відповідають холодному та реагуючому потоку. Показано, що характеристики течії для порівняних умов можуть суттєво відрізнятись як у якісному, так і кількісному відношенні.

Література

1. Фиалко 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.
2. 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.
3. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Бутовский Л.С., Абдулин М.З., Клищ А.В. Новицкий В.С., Евтушенко А.А. Закономерности смесеобразования в эшелонированных решетках плоских стабилизаторов пламени. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.7. С. 187-191.
4. Фиалко 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>.
5. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Прокопов В.Г., Полозенко Н.П., Алешко С.А., Малецкая О.Е., Милко Е.И., Озеров А.А., Кутняк О.Н., Бутовский Л.С. Особенности течения в микрофакельных горелках с подковообразным расположением стабилизаторов пламени. *Науковий вісник НУБіП України*. 2015. 209, Ч.1. С. 191-199.
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 України*. 2016. Вип. 242. С. 33-40.

7. Фиалко 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.

8. 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>.

9. Шеренковский Ю.В., Фиалко Н.М., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Алешко С.А., Малецкая О.Е. Закономерности течения и смесеобразования в горелочных устройствах с гребенчатоэшелонированными стабилизаторными решетками. *Промышленная телотехника*. 2015. № 7. С. 31–32.