

УДК 536.24:533

## СТРУКТУРА ТЕЧІЇ В ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЯХ З АСИМЕТРИЧНИМ ПАЛИВОРОЗПОДІЛЕННЯМ ДЛЯ РЕАГУЮЧИХ ПОТОКІВ ТА ІЗОТЕРМІЧНИХ УМОВ

Фіалко Н.М., член-кореспондент НАН України, Прокопов В.Г., докт.техн.наук,  
Шеренковський Ю.В., канд. техн. наук, Альошко С.О., канд. техн. наук,  
Меранова Н.О., канд. техн. наук, Рокитько К.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, 03057, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.2>

Наведено результати порівняльного аналізу особливостей течії в пальниках стабілізаторного типу з асиметричною подачею паливного газу за ізотермічних умов та при горінні. Виявлено закономірності впливу неізотермічності потоку на миттєві, осереднені та пульсаційні значення швидкості, характеристики течії в циркуляційних зонах за стабілізатором полум'я тощо.

Приведены результаты сравнительного анализа особенностей течения в горелках стабилизаторного типа с асимметричной подачей топливного газа в изотермических условиях и при горении. Выявлены закономерности влияния неизомеричности потока на мгновенные, усредненные и пульсационные значения скорости, характеристики течения в циркуляционных зонах за стабилизатором пламени и т.п.

The results of a comparative analysis of the flow characteristics in stabilizer-type burners with an asymmetric supply of fuel gas in isothermal conditions and during combustion are presented. The regularities of the influence of nonisothermal flow on instantaneous, averaged and pulsating velocity values, the flow characteristics in the circulation zones behind the flame stabilizer and other.

Бібл. 15, рис. 4.

**Ключові слова:** пальникові пристрої, асиметрична подача палива, CFD моделювання.

$d$  – діаметр газоподавальних отворів;

$k_f$  – коефіцієнт загромадження прохідного перерізу каналу;

$L_0$  – відстань від входу в канал до стабілізатора полум'я;

$L_1$  – довжина стабілізатора полум'я;

$L_2$  – відстань від газоподавальних отворів до зривної кромки стабілізатора полум'я;

$S$  – крок розташування газоподавальних отворів;

$V_x^n$  – швидкість повітря на вході в канал;

$V_x^{6x}$ ,  $V_x^A$  – осереднене в часі та миттєве значення осьової складової швидкості;

$V_x^R$  – середньоквадратичні пульсації швидкості;

$x$  – поздовжня координата, що відраховується від торця стабілізатора полум'я за потоком;

$y^*$  – поперечна координата, що відраховується від закрilка вздовж торця стабілізатора полум'я;

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

### Вступ

Пальникові пристрої стабілізаторного типу характеризуються такими достоїнствами, як широкий діапазон стійкості горіння, високий ступінь рівномірності поля температур у топковому просторі, низькі значення втрат тиску за трактами палива та окиснювача, підвищена довговічність пальників завдяки застосуванню спеціальних систем їх охолодження тощо [1-7]. Необхідність експлуатації стабілізаторних пальників за різних умов застосування потребує розроблення їх модифікацій, які б відповідали цим умовам. Так, для багатьох вогнетехнічних об'єктів експлуатаційні умови передбачають роботу при відносно високих надлишках окиснювача. В даній роботі розглядається нова конструкція пальників стабілізаторного типу, орієнтована на вказані вимоги експлуатації.

Розвиток технологій спалювання палива із застосуванням пальників нових конструкцій потребує всебічного дослідження їх робочих процесів. При цьому на особливу увагу заслуговують дослідження структури течії у даних пальниках, оскільки вона значною мірою визначає перебіг інших складових робочого процесу і в решті решт ефективність спалювання паливного газу.

Характерною особливістю досліджень закономірностей течії у пальниках різних типів є їх двоетапність, коли на першому етапі вказані закономірності вивчаються за ізотермічних умов, а на другому – для реагуючих потоків (див., наприклад [9]). Доцільність застосування такого підходу полягає у можливості виявлення на першому етапі певних загальних особливостей течії, які зберігаються і для реагуючих потоків. Відмінності характеристик течії, встановлених на першому і дру-

гому етапах, досліджуються зазвичай за результатами відповідного порівняльного аналізу. Дана стаття присвячена такому порівняльному аналізу стосовно досліджуваних стабілізаторних пальників, орієнтованих на експлуатацію при відносно високих надлишках окиснювача.

Зростаюча роль комп'ютерного моделювання при дослідженні різних складових робочих процесів пальникових пристроїв зумовлена, насамперед, застосуванням все більш досконалих моделей, що враховують велику кількість ускладнюючих факторів [9-14]. Крім того моделювання дозволяє одержувати докладну польову інформацію щодо перебігу цих процесів. Застосування комп'ютерного моделювання, як методу досліджень в даній роботі, покликано забезпечити можливість детального зіставлення різних характеристик течії у досліджуваних пальниках для реагуючих потоків та ізотермічних умов.

#### **Мета роботи і постановка завдань досліджень**

Мета роботи полягає в порівняльному аналізі закономірностей течії у пальниках з асиметричною паливоподачею для ізотермічних умов та при горінні.

У пальникових пристроях, що розглядаються, реалізується схема двостадійного спалювання палива (рис. 1). При цьому первинне повітря подається у пристіночні канали, а вторинне – у міжстабілізаторний канал і далі в зону горіння за закрилками. Останні встановлюються на торцевій поверхні стабілізаторів полум'я з метою сприяння формуванню циркуляційних

течій в їх закормових областях та забезпечення вказаної двостадійної схеми. Паливний газ подається через систему отворів, розташованих на одній з бічних поверхонь стабілізатора полум'я, оберненій до стінки каналу.

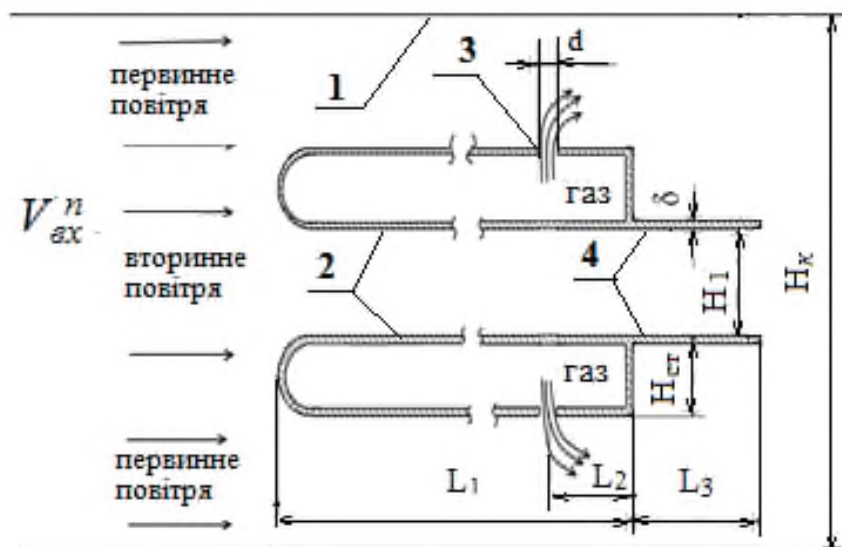
Математична модель досліджуваного процесу наводиться в [15]. Для розв'язування задачі застосовувався програмний комплекс FLUENT. Комп'ютерне моделювання здійснювалося з використанням DES підходу. При цьому як базова використовувалася realizable k-ε модель турбулентності.

Дискретизація розрахункової області здійснювалася неструктурованими нерівномірними сітками при кількості комірок близько мільйона, з детальним розрізненням пристіночної зони (з мінімальним розміром пристіночної комірки  $5 \cdot 10^{-5}$  м). В області активного горіння розмір комірки становив  $4 \cdot 10^{-4}$  м. Часовий крок при розв'язуванні задач змінювався в межах  $(1-5) \cdot 10^{-5}$  с.

В завдання досліджень входило, насамперед, зіставлення для порівнюваних ситуацій (реагуючих потоків та ізотермічних умов) загальних закономірностей течії. Поряд з цим порівняльному аналізу підлягали окремі характеристики течії в різних областях потоку тощо.

#### **Результати досліджень та їх аналіз**

Характерні результати виконаних досліджень для ізотермічних та неізотермічних умов наведено на рис. 2 – 4. Представлені дані відповідають таких вихідним параметрам:  $H_{cr} = 0,015$  м;  $H_1 = 0,018$  м;  $H_k = 0,075$  м;



**Рис. 1.** Схема мікрофакельного пальникового пристрою стабілізаторного типу з асиметричною подачею палива: 1 – плоский канал; 2 – стабілізатори полум'я; 3 – газоподавальні отвори; 4 – закрилки.

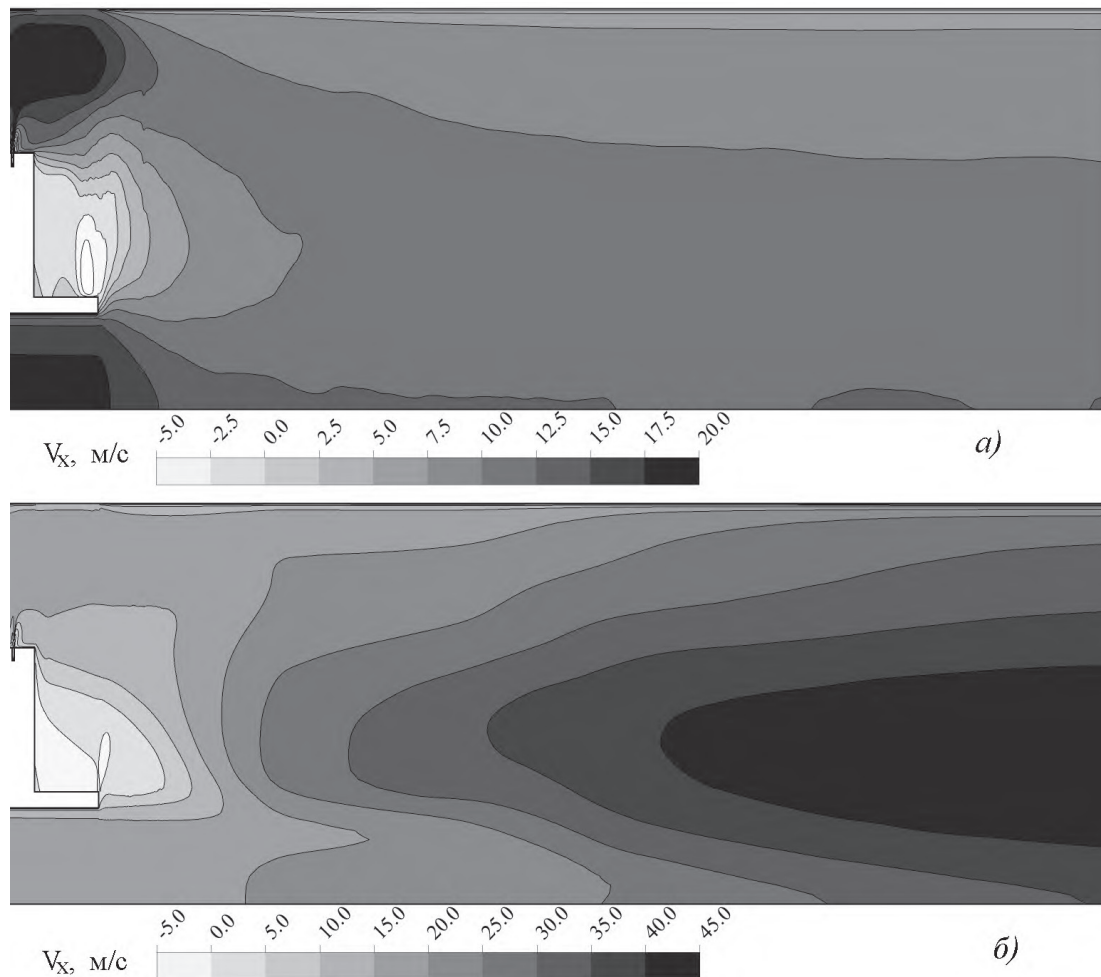
довжина каналу  $L_k = 1,3$  м; відстань від входу в канал до стабілізатора  $L_0 = 0,1$  м;  $L_1 = 0,2$  м;  $L_2 = 0,02$  м;  $L_3 = 0,06$  м;  $d = 0,002$  м;  $S/d = 3,5$ ; коефіцієнт загромодження прохідного перерізу каналу  $k_f = 0,4$ ; швидкість повітря на вході в канал  $V_{ex}^n = 10,0$  м/с; коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha = 3,0$ .

Згідно з одержаними даними, картина течії у порівнюваних ситуаціях суттєво відрізняється як у кількісному, так і у якісному відношенні (рис. 2). А саме, за ізотермічних умов зони найбільших швидкостей мають місце поблизу виходу з пристіночного та міжстабілізаторного каналів. Це зумовлено, як очевидно, звуженням основного каналу, пов'язаним із загромодженням його поперечного перерізу власне стабілізатором полум'я. З віддаленням від торцевої поверхні стабілізатора полум'я відбувається вирівнювання поля швидкості.

Щодо неізотермічних умов (рис. 2 б), то тут, насамперед, звертає на себе увагу факт прискорення потоку вниз за течією, яке спричиняється розширенням газу внаслідок горіння. Область високих швидкостей, що формується за зоною зворотних токів, з віддаленням від стабілізатора полум'я охоплює все більшу частину перерізу каналу. При цьому максимальні швидкості в даній області збільшуються вниз за потоком.

Як видно з рис. 2 а, б рівні швидкостей за стабілізатором полум'я за умов реагуючих потоків в цілому суттєво перевищують дані рівні у разі ізотермічної течії. Ці швидкості досягають 45 м/с при горінні і лише 20 м/с за умов ізотермічного потоку.

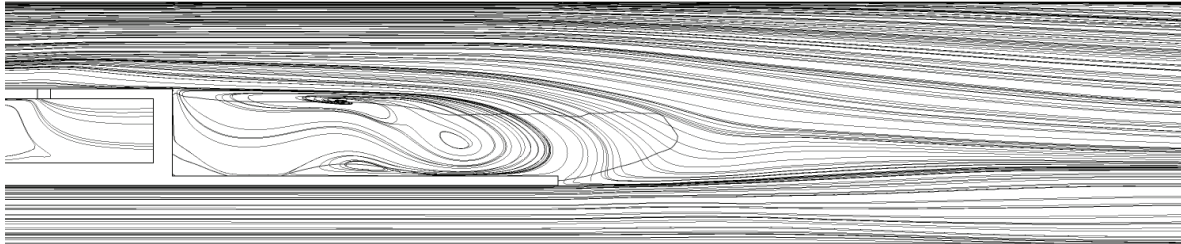
Стосовно зони зворотних токів за стабілізатором полум'я, то як свідчать результати математичного моделювання, при ізотермічній течії вона має більш яскраво виражений тривимірний характер (рис. 3 а, б). При



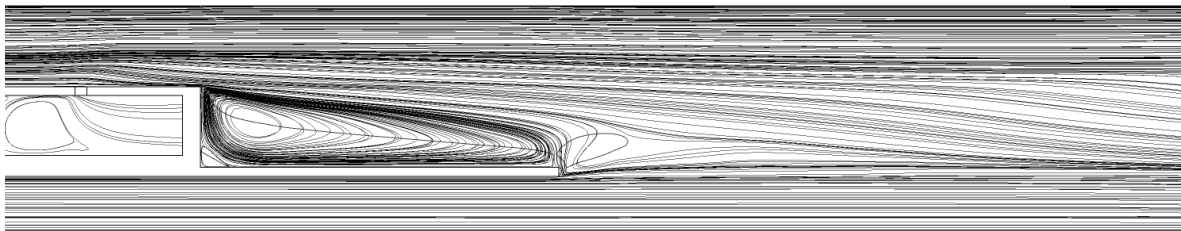
**Рис. 2.** Поля швидкостей у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоспоживальних отворів, для ізотермічних умов (а) та реагуючих потоків (б).

цьому центр основного вихору розташовується віддалік від торцевої поверхні стабілізатора полум'я на відстані дещо меншій, ніж довжина закрилка. У разі ж реагуючих потоків центр основного вихору наближений до торцевої поверхні стабілізатора. Довжина зон зворотних токів для ізотермічних і неізотермічних умов становить 0,078 м і 0,059 м відповідно.

Як свідчать одержані дані, у порівнюваних ситуаціях суттєво відрізняються також просторові розподіли середньоквадратичних пульсацій швидкості. В цілому рівні даних пульсацій є суттєво більшими у разі реагуючих потоків. При цьому області з високими значеннями пульсацій швидкості за ізотермічних і неізотермічних умов розташовуються в різних зонах каналу. А саме, за

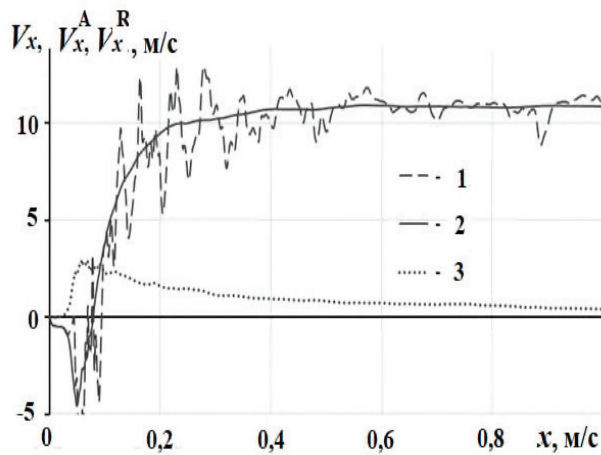


a)

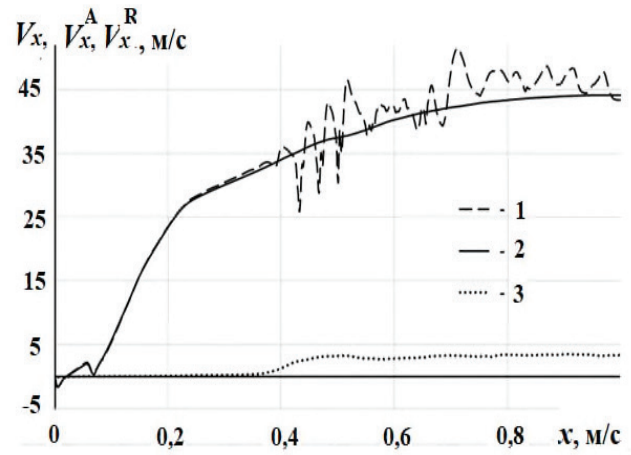


б)

Рис. 3. Картина ліній току у поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить посередині між газоподавельними отворами, для ізотермічних умов (а) та реагуючих потоків (б).



a)



б)

Рис. 4. Зміна миттєвої (1) і осередненої в часі (2) швидкості та її середньоквадратичних пульсацій (3) у поздовжньому перерізі стабілізатора, що проходить через вісь газоподавельних отворів, при  $y^* = 0,0075$  м для ізотермічних умов (а) та реагуючих потоків (б).

ізотермічних умов – безпосередньо за стабілізатором полум'я, за неізотермічних – на значному віддаленні від стабілізатора. До того ж при ізотермічній течії розміри області з високими пульсаціями швидкості порівняно невеликі, а за неізотермічних умов вона охоплює значну частину середньої зони каналу. Тобто область високих значень пульсацій швидкості у разі реагуючих потоків розташовується за зонами стабілізації і первинного горіння у основній зоні горіння. Звертає на себе увагу також той факт, що порівняно високі пульсації швидкості зберігаються також у хвості факелу.

Рисунок 4 ілюструє картину зміни миттєвої  $V_x^A$ , осередненої в часі  $V_x$  швидкості та її середньоквадратичних пульсацій  $V_x^R$  для порівнювальних ситуацій. Як видно, значні коливання миттєвої швидкості за ізотермічних умов спостерігаються в зоні  $0 \leq x < 0,4$  м, а при горінні – в області  $x > 0,4$  м. Зміна величини середньоквадратичних пульсацій швидкості  $V_x^R$  по довжині каналу має екстремальний характер з максимумом поблизу стабілізатора полум'я ( $x = 0,06$  м) для так званої холодної продувки. При горінні вказані пульсації є незначними за величиною для  $0 < x < 0,4$  м і далі зростають, дещо змінюючись до виходу з каналу. Слід зазначити, що просторовий розподіл середньоквадратичних пульсацій швидкості корелюється зі зміною пульсацій температури.

Згідно з одержаними даними при горінні втрати тиску у пальниковому пристрої більш ніж у 4 рази перевищують відповідні втрати за ізотермічних умов.

#### **Висновки.**

Для стабілізаторних пальникових пристроїв з асиметричною подачею палива, орієнтованих на застосування при відносно високих значеннях коефіцієнта надлишку повітря ( $2,0 \leq \alpha \leq 4,0$ ), на основі CFD моделювання виконано порівняльний аналіз характеристик течії за ізотермічних умов та при горінні. При цьому:

- виявлено основні відмінності в характері полів швидкості у досліджуваних пальниках;

- встановлено, що при горінні має місце суттєва зміна структури течії в зоні зворотних потоків в закормовій області стабілізатора полум'я та зменшення її довжини в 1,3 рази;

- показано, що просторові розподіли середньоквадратичних пульсацій швидкості в порівнюваних ситуаціях суттєво відмінні та характеризуються, зокрема, розташуванням зон їх підвищених значень у різних областях каналу;

- встановлено, що втрати тиску у пальнику підвищуються при горінні більш ніж у 4 рази.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Бутовський Л.С., Абдулін М.З., Полозенко Н.П., Клищ А.В., Стрижеус С.Н., Тимощенко А.Б. Интенсификация процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. 24. С.136-142. ISBN 5-7763-2435-1.

2. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Абдулін М.З., Бутовський Л.С., Полозенко Н.П., Клищ А.В., Стрижеус С.Н., Тимощенко А.Б. Математическое моделирование процессов течения и смесеобразования в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве. Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2014. №3. С.40-44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.39193>.

3. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон Н.В., Абдулін М.З., Хомук С.В., Єніна А.О., Новицький В.С., Тимощенко О.Б. Підвищення інтенсивності процесів переносу в циліндричному стабілізаторному пальнику шляхом застосування прямокутних кільцевих ніш. Сб. трудов «Проблеми екології експлуатації об'єктів енергетики». Київ: ИПЦ АЛКОН НАН України. 2014. С.122-125.

4. Слиш М.Я., Грановская Е.А. Об акустической неустойчивости процесса горения в системе стабилизаторов. XI Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні технології в тепловій енергетиці», 16 – 19 квітня, 2013, Київ, НТУУ «КПІ». С. 101.

5. 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. 64-71. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/59056>

6. Фіалко Н.М., Алешко С.А., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Тимощенко А.Б., Абдулін М.З., Бутовський Л.С. Эффективность систем охлаждения горелочных устройств струйно-стабилизаторного типа. Технологические системы. 2012. 58/1. С.52-57.

7. Abdulin M.Z., Siryi O.A. Research of hydro dynamic flame stabilizer with cross fuel feed characteristic. Scientific Journal of Riga Technical University. Series: Power and Electrical Engineering. 2014, №32. P.12-18.

8. Фіалко Н.М., Шеренковський 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, №2/8. С.29-34. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.39193

9. Фіалко 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 Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. вип. 242. С. 33-40.

10. Gelan Yang, Huixia Jin, Na Bai. A numerical study on premixed bluff body flame of different bluff apex angle. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering. 2013. Article ID 272567.9 p.

11. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Тимощенко А.Б., Абдулин М.З., Малецкая О.Е., Ночовный А.В. Анализ влияния геометрической формы нишевой полости на аэродинамическое сопротивление канала. Промышленная теплотехника. 2012. 34, №1. 72-76.

12. Полежаев Ю.В., Мостинский И.Л., Горяинов Д.А., Габбасова Г.В., Коршунов А.В. К моделированию турбулентного режима горения газовых струй. Теплофизика высоких температур. 2007.45. №4. С.552-556.

13. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Абдулин М.З., Бутовский Л.С., Полозенко Н.П., Клищ А.В., Стрижеус С.Н., Тимощенко А.Б. Влияние пластинчатых турбулизаторов потока на характеристики течения и смесеобразования топлива и окислителя в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. 6(24). С.114-121. ISBN 5-7763-2435-1.

14. Мержанов А.Г., Быков В.И. Об адекватности экспериментальных и теоретических моделей процессов горения. Физика горения и взрыва. 2010. 46. № 5. С. 65-70.

15. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитько К.В. CFD моделювання температурних режимів зони горіння пальників стабілізаторного типу з асиметричною подачею палива. Теплофізика та теплотехніка. 2019. 41. №4. С.13-18. <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2019>.

## FLOW STRUCTURE IN BURNERS WITH ASYMMETRIC FUEL DISTRIBUTION FOR RESPONSIBLE FLOWS AND ISOTHERMAL CONDITIONS

**Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskiy Ju.V., Alioshko S.O., Meranova N.O., Rokytrko K.V.**

*Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2a, Marii Kapnist Str., Kyiv, 03680, Ukraine*

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2020.2>

The results of a comparative analysis of the flow characteristics in stabilizer-type burners with an asymmetric supply of fuel gas in isothermal conditions and during combustion are presented. The regularities of the influence of nonisothermal flow on the flow characteristics in the circulation zones behind the flame stabilizer - instantaneous, averaged and pulsating velocity values and other. It has been established that the fields of velocity and their RMS pulsations significantly differ in the compared situations in quantitative and qualitative terms. It is shown that under the conditions of reacting flows, the flow structure in the zones of reverse currents behind the flame stabilizer is characterized by a number of features, in particular, a significantly smaller length of the zone of reverse currents than under isothermal conditions.

References 15, figures 4.

**Key words:** burners, asymmetric fuel supply, CFD simulation.

1. *Fialko, N.M., Sherenkovskiy Ju.V., Mayson N.V., Meranova N.O., Butovsky L.S., Abdulin M.Z., Polozenko N.P., Klishch A.V., Strizheus S.N., Timoshchenko A.B.* [Intensification of transport processes in a burner device with a cylindrical flame stabilizer]. [Scientific Bulletin of UNFU]. 2014. 24 (5). P. 136–142. ISBN 5-7763-2435-1. (Rus).

2. *Fialko, N.M., Sherenkovskiy Ju.V., Prokopov V.G., Polozenko N.P., Meranova N.O., Aleshko S.A., Ivanenko G.V., Yurchuk V.L., Milko E.I., Olkhovskaya N.N.* [Modeling of the flow structure in the echelonized gratings of stabilizers with a different step of their displacement]. [Eastern European Journal of Advanced Technology]. 2015. V.2. № 8 (74). P.29-34. ISSN 1729-3774. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.39193>. (Rus).

3. *Fialko, N.M., Sherenkovskiy Ju.V., Maison M.V., Abdulin M.Z., Khomuk S.V., Enina A.O., Novitsky V.S., Tymoshchenko O.B.* [Increasing the intensity of transfer processes in a cylindrical stabilizer burner by using rectangular annular niches]. [Collection of works «Ecology problems of the operation of energy facilities»]. Kiev: CPI ALKON NAS of Ukraine. 2014. P.122-125. (Ukr).

4. *Slis M.Ya., Granovskaya E.A.* [On the acoustic instability of the combustion process in the system of stabilizers]. [XI International Scientific and Practical Conference of Aspiration Students, Magistrants, Students “Advanced Technologies in Thermal Energy”], 16–19 Quarter, 2013, Kyiv, NTUU “KPI”. P. 101. (Ukr).

5. *Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskiy Ju.V., Alyoshko, S.A., Meranova N.O., Abdulin M.Z., Butovsky L.S., Mirgorodskiy A.N.* [Computer modeling of transfer processes in cooling systems of stabilizer type burners]. [Industrial Heat Engineering]. 2012. № 1. P. 64-71. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/59056> (Ukr).

6. *Fialko N.M., Aleshko S.A., Sherenkovskiy Ju.V., Meranova N.O., Timoshchenko A.B., Abdulin M.Z., Butovsky L.S.* [Efficiency of cooling systems of jet-stabilizer burner devices]. [Technological systems]. 2012. 58/1. P. 52-57. (Ukr).

7. *Abdulin M.Z., Siryi O.A.* [Research of hydrodynamic flame stabilizer with cross fuel feed characteristic]. [Scientific Journal of Riga Technical University. Series: Power and Electrical Engineering]. 2014. №32. P.12-18. (Rus).

8. *Fialko N.M., Sherenkovskiy Ju.V., Prokopov V.G., Polozenko N.P., Meranova N.O., Alioshko S.A., Ivanenko G.V., Yurchuk V.L., Milko E.I., Olkhovskaya N.N.* [Modeling the flow structure in echelonized stabilizer gratings with varying pitch of their displacement]. [East European Journal of Advanced Technologies]. 2015. No. 2/8. P. 29-34. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.39193. (Ukr).

9. *Fialko N.M., Sherenkovskiy Ju.V., Prokopov V.G., Meranova N.O., Alioshko S.O., Timoshchenko O.B., Polozenko N.P., Strizheus S.N.* [Comparative analysis flow characteristics in burners with echelonized arrangement of flame stabilizers in isothermal conditions and during fuel combustion]. [Scientific Bulletin of UNFU]. 2016. 242. P. 33-40. ISBN 5-7763-2435-1. (Ukr).

10. *Gelan Yang, Huixia Jin, Na Bai.* A numerical study on premixed bluff body flame of different bluff apex angle. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering. 2013. Article ID 272567. 9 p.

11. *Fialko N.M., Prokopov V.G., Alioshko S.A., Polozenko N.P., Timoshchenko A.B., Abdulin M.Z., Maletskaya O.E., Nochovny A.V.* [Analysis of the influence of the geometric shape of the niche cavity on the aerodynamic drag of the channel]. [Industrial heat engineering]. 2012. 34. No. 1. P.72-76. (Ukr).

12. *Polezhaev Yu.V., Mostinsky I.L., Goryainov D.A., Gabbasova G.V., Korshunov A.V.* [Modeling of turbulent combustion of gas jets]. [Thermophysics of high temperatures]. 2007.45. Number 4. P.552-556. (Rus).

13. *Fialko N.M., Sherenkovsky Yu.V., Mayson N.V., Meranova N.O., Abdulin M.Z., Butovsky L.S., Polozenko N.P., Klisch A.V., Strizheus S.N., Timoshchenko A.B.* [The influence of plate flow turbulators on the flow characteristics and mixture formation of fuel and oxidizer in a cylindrical stabilizer burner device]. [Scientific Bulletin of UNFU]. 2014. 6 (24). P.114-121. ISBN 5-7763-2435-1. (Ukr).

14. *Merzhanov A.G., Bykov V.I.* On the adequacy of experimental and theoretical models of combustion processes. The physics of combustion and explosion. 2010. 46. (5). P. 65-70. (Rus).

15. *Fialko N.M., Sherenkovsky Yu.V., Prokopov V.G., Aleshko S.A., Meranova N.A., Rokitko K.V.* [CFD modeling of temperature conditions of the combustion zone of stabilizer-type burners with

*Отримано 15.02.2020*

*Received 15.02.2020*