

УДК 536.24:533

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕЧІЇ І СУМІШОУТВОРЕННЯ В МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЯХ З АСИМЕТРИЧНИМ ПАЛИВОРОЗПОДІЛЕННЯМ

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

*Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна*

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2019.2>

Представлено результати CFD аналізу структури течії і закономірностей змішування паливного газу і окиснювача в пальниках з асиметричною паливоподачею, орієнтованих на застосування за умов підвищених значень коефіцієнта надлишку повітря. Виявлено ефекти впливу величини даного коефіцієнта на характеристики течії і сумішоутворення.

Представлены результаты CFD анализа структуры течения и закономерностей смешивания топливного газа и окислителя в горелках с асимметричной топливоподачей, ориентированных на применение в условиях повышенных значений коэффициента избытка воздуха. Выявлены эффекты влияния величины данного коэффициента на характеристики течения и смесеобразования.

The results of CFD analysis of the flow structure and the patterns of mixing fuel gas and oxidizing agent in with asymmetric fuel supply burners, oriented for application in conditions of elevated values of the excess air ratio are presented. Influence of the value of this coefficient on the characteristics of flow and mixture formation are revealed.

Бібл. 13, рис. 5, табл. 1.

**Ключові слова:** мікрофакельні пальникові пристрої, коефіцієнт надлишку повітря, структура течії, сумішоутворення, CFD моделювання.

$C_{CH_4}$  – масова концентрація метану;  
 $C_K$  – масова концентрація  $K$ -го компонента;  
 $D_K, R_K$  – коефіцієнт дифузії і швидкість утворення  $K$ -го компонента;  
 $k$  – кінетична енергія турбулентних пульсацій;  
 $N$  – число компонентів суміші;  
 $L_{зт}$  – довжина зони зворотних токів;  
 $P$  – статичний тиск;  
 $Sc_K$  – число Шмідта  $K$ -го компонента,  $Sc_K = \frac{\nu}{D_K}$ ;  
 $Sc_T$  – турбулентне число Шмідта;  
 $S_{ij}$  – компоненти тензора швидкостей деформацій;  
 $U_j$  – компоненти вектору швидкості в напрямку  $x_j$ ;  
 $U'_x$  – середньоквадратичне значення пульсацій поздовжньої компоненти;

$x_j$  – декартова координата,  $j = 1, 2, 3$ ;  
 $x^*, y^*$  – поздовжня і поперечна координата, що відраховується відповідно від торця стабілізатора полум'я та закрилка;  
 $x_c^*, y_c^*$  – координати центру основного вихору в закормовій зоні стабілізатора полум'я;  
 $\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря;  
 $\delta_{ij}$  – символ Кронекера;  
 $\mu, \mu_T$  – молекулярна і турбулентна динамічна в'язкість;  
 $\nu_T$  – турбулентна кінематична в'язкість;  
 $\rho$  – густина середовища;  
 $\rho_K$  – парціальна масова густина  $K$ -го компонента,  
 $\rho_K = \rho \cdot C_K$ ;  
 $\tau_{ij}$  – компоненти тензора напруги.

### Вступ

Закономірності течії та сумішоутворення палива та окиснювача в мікрофакельних пальникових пристроях визначають значною мірою основні характеристики їх ефективності [1 - 10]. Це зумовлює актуальність досліджень структури течії та особливостей змішування паливного газу та повітря в пальниках даного типу.

Одним із важливих напрямів застосування мікрофакельних пальників є їх експлуатація в ситуаціях, що відповідають відносно високим значенням коефіцієнта надлишку повітря (промислові печі, сушарки тощо). За цих умов доцільно використовувати такі модифікації мікрофакельних пальників, в яких подача паливного газу здійснюється лише з однієї з бічних поверхонь

стабілізаторів полум'я і крім того на торцях стабілізаторів встановлюються плоскі закрилки [11 - 13]. Останні мають сприяти утворенню стійких зон зворотних токів у закормових областях стабілізаторів полум'я, а також формуванню потоку повітря, покликаного знижувати температуру в центральній частині зони активного горіння. Вказане зниження температури пов'язано із забезпеченням високої екологічної ефективності даного пальникового пристрою.

### Мета роботи і постановка завдань досліджень

Метароботи полягає у встановленні закономірностей ізотермічної течії і сумішоутворення паливного газу та окиснювача в мікрофакельних пальникових пристроях з асиметричним паливорозподілом. Значна увага в роботі

приділяється аналізу особливостей впливу величини коефіцієнта надлишку повітря на структуру потоку та особливості змішування палива та окиснювача.

Схему модуля досліджуваного паливкового пристрою ілюструє рис. 1. Даний модуль складається з двох стабілізаторів полум'я, розміщених в каналі на певній відстані один від одного. Струменева подача палива в кожному із стабілізаторів здійснюється через систему круглих отворів на одній з його бічних поверхонь. Стабілізатори полум'я обладнані плоскими закрилками, функції яких описано вище.

Як метод дослідження процесів ізотермічної течії і сумішоутворення палива і окиснювача застосовувався метод комп'ютерного моделювання.

Математична постановка задачі, що розглядається, може бути представлена в такому вигляді:

$$\frac{\partial(\rho U_j U_i)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial(\tau_{ij})}{\partial x_j}, \quad i=1,2,3, \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho U_j)}{\partial x_j} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho_K U_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \frac{v}{Sc_K} + \frac{v_T}{Sc_T} \right) \frac{\partial \rho_K}{\partial x_j}, \quad (3)$$

$K = 1, 2, \dots, N-1,$

$$\text{де } \tau_{ij} = 2(\mu + \mu_T) S_{ij} - \frac{2}{3} \left[ (\mu + \mu_T) \frac{\partial U_n}{\partial x_n} + \rho \cdot k \right] \delta_{ij},$$

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right).$$

В наведених рівняннях підсумування відбувається за індексом, що повторюється.

Числова реалізація розв'язку задачі, що розглядається, здійснювалась з використанням програмного пакету FLUENT. При цьому застосовувався метод DES (Detached Eddy Simulation – метод моделювання відокремлених вихорів).

Результати комп'ютерного моделювання, що наводяться нижче, відповідають таким вихідним даним:  $S = 0,012$  м;  $S/d = 3,33$ ;  $B_{cm} = 0,015$  м;  $B_1 = 0,02$  м;  $B_K = 0,1$  м;  $L_0 = 0,1$  м;  $L_{cm} = 0,2$  м;  $L_3 = 0,045$  м;  $L_K = 0,7$  м;  $L_1 = 0,02$  м;  $U_{вх}^n = 10,0$  м/с; коефіцієнт надлишку повітря варіювався в межах 1,5...4,0 шляхом зміни витрати паливного газу.

#### Результати досліджень та їх аналіз

Характерні результати виконаних досліджень наведено на рис. 2 – 5 та в табл.1. Як свідчать одержані дані, величина коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$  суттєво впливає як на характеристики течії, так і на особливості сумішоутворення в паливниках, що розглядаються. Збільшення  $\alpha$  в досліджуваних межах призводить до

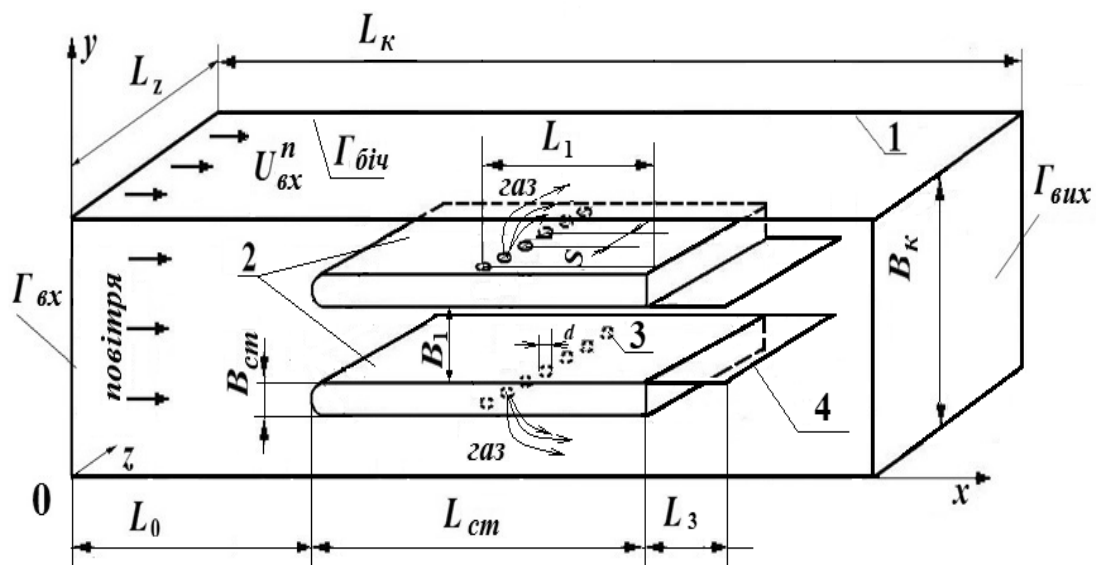


Рис. 1. Схема мікрофакельного паливкового пристрою стабілізаторного типу з однібічною подачею палива: 1 – плоский канал; 2 – стабілізатор полум'я; 3 – газоподавальні отвори; 4 – закрилки.

значного зниження далекобійності струменів палива. Згідно з даними, наведеними в табл. 1, при  $\alpha = 1,5$  далекобійність струменів становить 0,0103 м, а при  $\alpha = 4,0$  зменшується до 0,0038 м. Зі зростанням величини коефіцієнта надлишку повітря помітно збільшується довжина  $L_{зт}$  зони зворотних токів у закормовій області стабілізаторів полум'я. Вона дорівнює 0,0523 м і 0,0705 м

відповідно для  $\alpha = 1,5$  і 4,0. При цьому вказана довжина перевищує довжину закріпка в усьому досліджуваному діапазоні зміни  $\alpha$ . Дане перевищення є тим значнішим, чим більша величина  $\alpha$ .

Зіставлення картини течії на рис. 2 показує, що вихрова структура в закормовій області стабілізаторів полум'я якісно схожа при різних значеннях  $\alpha$ . А саме,

Таблиця 1. Далекобійність струменів  $H$ , довжина зони зворотних токів  $L_{зт}$ , середнє значення концентрації метану  $\bar{C}_{CH_4}$  та координати центра основного вихору  $x_{ц}^*$ ,  $y_{ц}^*$  в даній зоні при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$ .

Характеристики течії та сумішоутворення	Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha$			
	1,5	2,0	3,0	4,0
$H$ , м	0,0103	0,0089	0,0063	0,0038
$L_{зт}$ , м	0,0523	0,058	0,0637	0,0705
$x_{ц}^*$ , м	0,0315	0,0423	0,05	0,0541
$y_{ц}^*$ , м	0,0195	0,0192	0,0205	0,0206
$\bar{C}_{CH_4}$ , кг/кг	0,081	0,0535	0,0465	0,0499

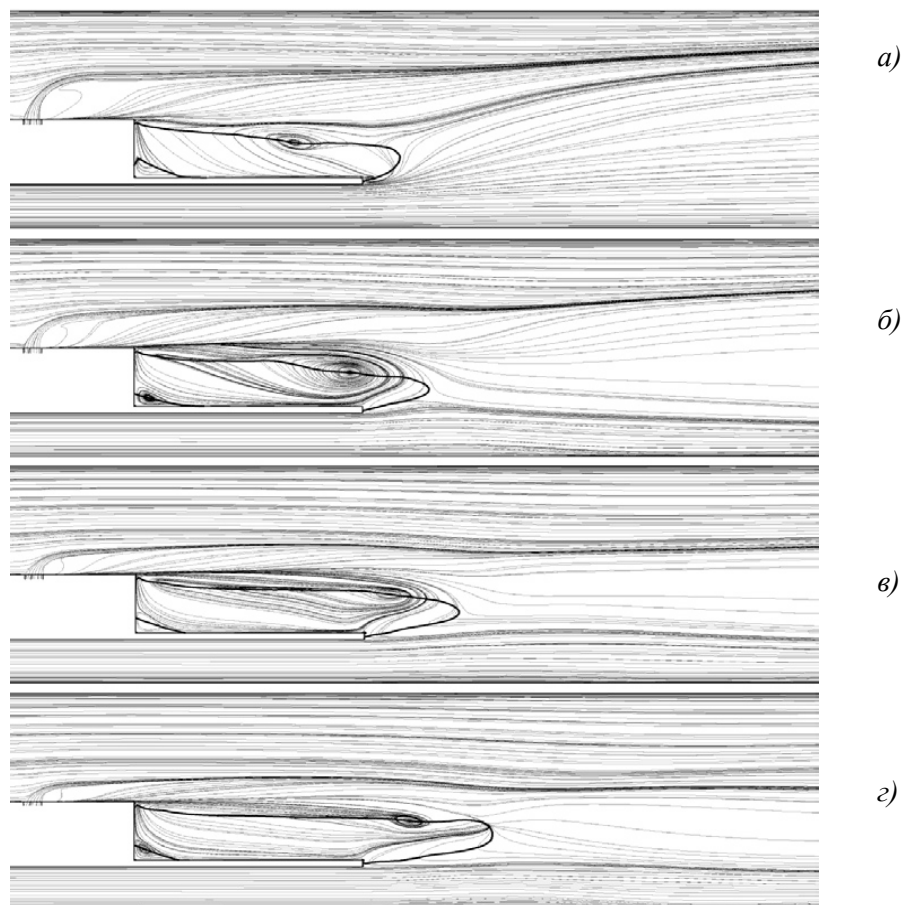


Рис. 2. Картина ліній току в поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$ : а)  $\alpha=1,5$ ; б)  $\alpha=2,0$ ; в)  $\alpha=3,0$ ; з)  $\alpha=4,0$ ; жирна лінія в закормовій області стабілізатора позначає границю зони зворотних токів.

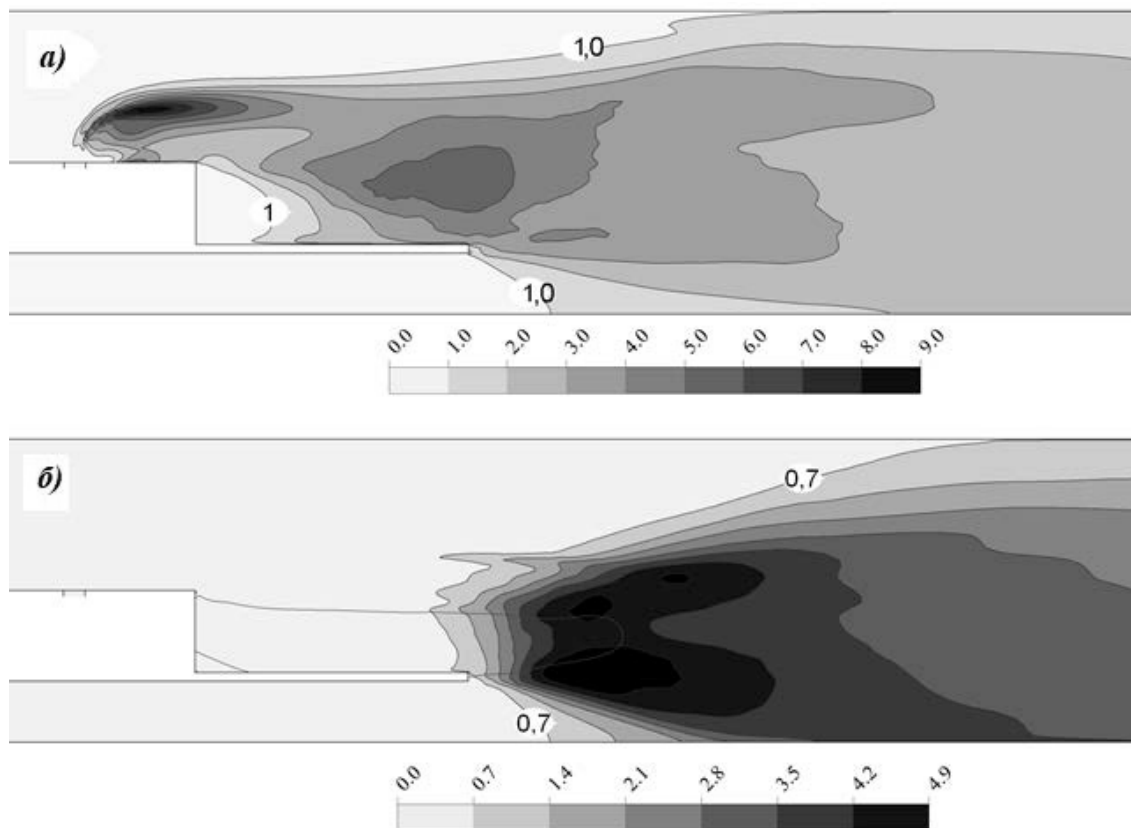
в даній області має місце основний вихор значних розмірів і невеликий вторинний вихор у кутовій зоні за стабілізатором. Однак величина  $\alpha$  помітно впливає на положення центра вказаного основного вихору та його розміри. Так, зі зростанням коефіцієнту надлишку повітря центр основного вихору зміщується вниз за потоком, віддаляючись від торця стабілізатора полум'я. При  $\alpha = 1,5$  вказаний центр розташовується на відстані 0,0315 м від торцевої поверхні стабілізатора, а при  $\alpha = 4,0$  – на відстані 0,0541 м. Звертає на себе увагу також той факт, що при  $\alpha = 3,0$  і  $4,0$  центр основного вихору розміщується за закрилком нижче по течії.

Результати комп'ютерного моделювання свідчать також про те, що величина коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$  суттєво впливає на турбулентні характеристики течії в умовах, що розглядаються. Зокрема, від величини  $\alpha$  залежить така характеристика турбулентного потоку, як середнє квадратичне значення пульсацій  $U'_x$  поздовжньої компоненти швидкості. На рис. 3 для прикладу наведено поля  $U'_x$  при  $\alpha = 1,5$  і  $4,0$ . Як видно, при  $\alpha = 1,5$  найбільші пульсації швидкості  $U'_x$  спостерігаються в зоні паливного струменя. Щодо зони зворотних токів

за стабілізатором полум'я, то поблизу його торцевої поверхні пульсації  $U'_x$  незначні. Їх рівень зростає з віддаленням від цієї поверхні і досягає максимальних значень в області поблизу границі зони зворотних токів при  $x \approx L_3$ .

Зі зростанням коефіцієнта надлишку повітря картина просторового розподілу пульсацій  $U'_x$  значно змінюється (див. рис. 3). По-перше, рівень пульсацій швидкості  $U'_x$  в зоні паливного струменя суттєво зменшується і стає нижчим від їх максимального значення за стабілізатором полум'я. Вказане, очевидно, зумовлене зниженням витрат палива при підвищенні величини  $\alpha$ . По-друге, збільшення  $\alpha$  призводить до зростання розмірів області в зоні зворотних токів, що прилягає до торця стабілізатора полум'я, в якій мають місце гранично низькі значення пульсацій швидкості  $U'_x$ . Крім того зі зростанням  $\alpha$  область підвищених рівнів пульсацій за зоною зворотних токів розповсюджується нижче по потоку.

Рис. 4 ілюструє поля масової концентрації метану  $C_{CH_4}$  при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$ . На рисунку зони I та II відповідають



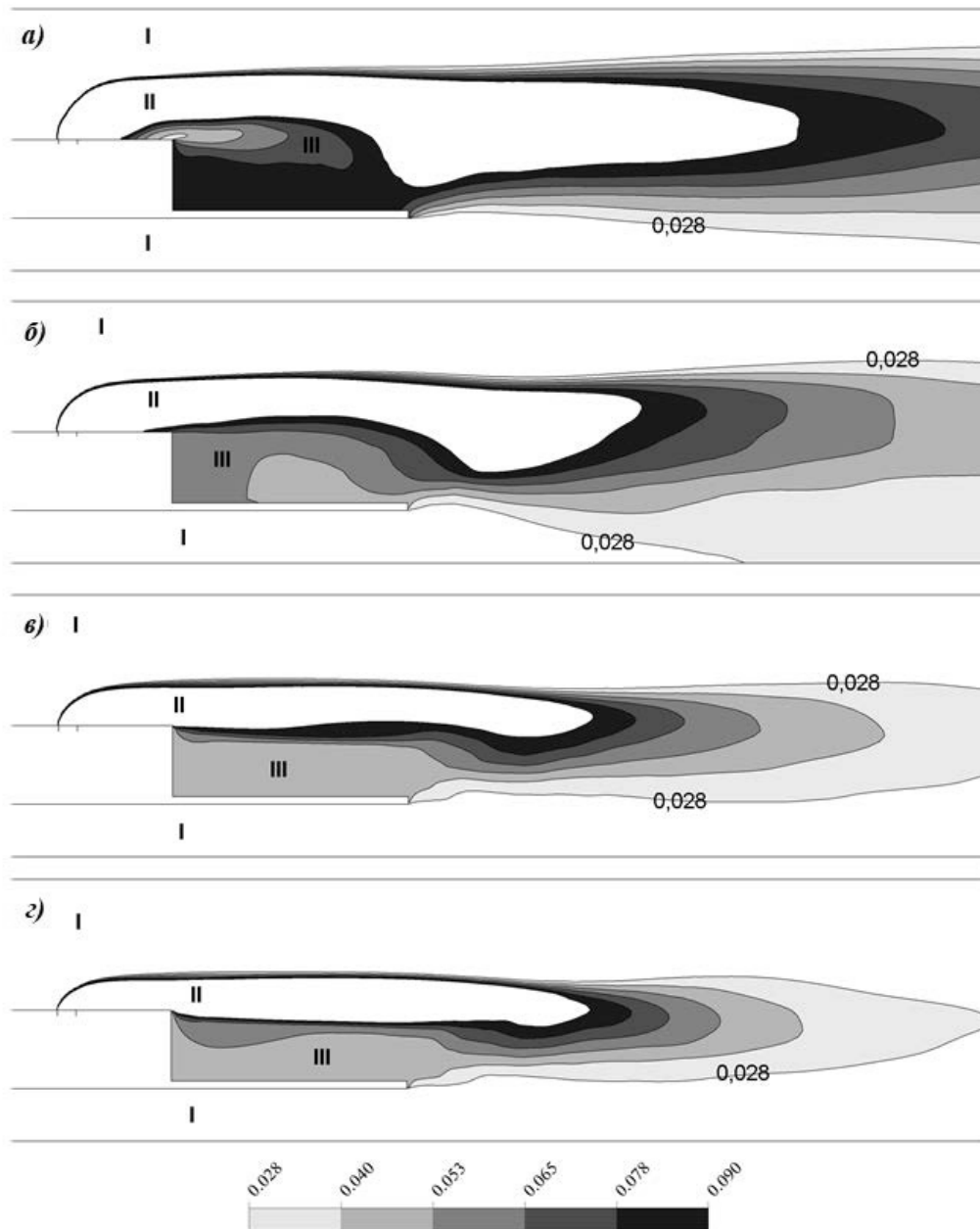
**Рис. 3.** Поля середньоквадратичних пульсацій швидкості  $U'_x$  в поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$ : а)  $\alpha=1,5$ ; б)  $\alpha=4,0$ . На рис. (а) ізолінії проведено з кроком 1,0 м/с, починаючи з  $U'_x = 1,0$  м/с; на рис. (б) – з кроком 0,7 м/с, починаючи з  $U'_x = 0,7$  м/с.

підобластям з підвищеним вмістом повітря і паливного газу відповідно. В зоні I концентрація метану  $C_{CH_4}$  є меншою нижньої концентраційної межі запалення,  $C_{CH_4} < 0,028$ , в зоні II - перевищує верхню концентраційну межу,  $C_{CH_4} > 0,089$ . Щодо зони III, то тут значення  $C_{CH_4}$  відповідають концентраційним межам запалення.

Згідно з даними, наведеними на рис. 4, картини змішування паливного газу і окиснювача для різних значень  $\alpha$  є в цілому якісно схожими. А саме, області

розвивання паливних струменів відповідають зонам II з підвищеним вмістом паливного газу. Поблизу стінки каналу та в міжстабілізаторному просторі мають місце підобласті I з підвищеним вмістом повітря. В закормових областях стабілізатора і далі вниз за течією забезпечуються необхідні концентрації горючої суміші.

Поряд з відміченими для різних значень коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$  загальними закономірностями сумішоутворення спостерігаються також і певні особли-



**Рис. 4.** Поля масової концентрації метану в поздовжньому перерізі стабілізатора полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, при різних значеннях коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$ : а)  $\alpha = 1,5$ ; б)  $\alpha = 2,0$ ; в)  $\alpha = 3,0$ ; з)  $\alpha = 4,0$ . Ізолнії проведено з кроком  $0,0124$ , починаючи з  $0,028$ .

вості, характерні для кожного з цих значень. Як видно з рис. 4, при зростанні величини  $\alpha$  скорочується протяжність за потоком зон II з підвищеним вмістом паливного газу та збільшуються розміри зон I з підвищеним вмістом повітря.

Щодо середніх значень масової концентрації метану  $\overline{C}_{CH_4}$  в зоні зворотних токів, то з підвищенням  $\alpha$  від 1,5 до 3,0 ці значення помітно зменшуються. При подальшому збільшенні  $\alpha$  спостерігається зворотна картина – вказане середнє значення  $\overline{C}_{CH_4}$  зростає (див. табл. 1).

Такий характер поведінки величини  $\overline{C}_{CH_4}$  можна пояснити дією двох конкуруючих факторів. А саме, з одного боку збільшення  $\alpha$  призводить до зниження далекобійності паливних струменів, а відтак має забезпечувати підвищення концентрації метану в зоні зворотних токів. Однак, з іншого боку, підвищення  $\alpha$  пов'язано зі зменшенням витрат паливного газу, що навпаки слугує зниженню концентрації метану в даній зоні. Згідно з одержаними даними, при збільшенні  $\alpha$  від 1,5 до 3,0 домінуючою є друга з вказаних тенденцій. Подальше ж підвищення  $\alpha$  пов'язане з домінуванням першої з них.

На рис. 5 наведено дані, що ілюструють характер зміни масової концентрації метану в двох поздовжніх перерізах паливкового пристрою для різних значень  $\alpha$  при  $y = 0,0075$  м (дана координата відповідає середині висоти стабілізатора полум'я). Як видно, у перерізі, що проходить через вісь газоподавальних отворів, концентрація метану з віддаленням від торцевої поверхні стабілізатора полум'я зростає, досягає максимуму і далі

знижується. Щодо вказаного максимуму, то при  $\alpha = 1,5$  і  $\alpha = 4,0$  його положення приблизно відповідає довжині зони зворотних токів.

Відмінності в значеннях  $C_{CH_4}$  в перерізах, що проходять через вісь газоподавальних отворів та посередині між ними, суттєво змінюються в поздовжньому напрямку. Вони виявляються відносно невеликими при  $x > 0,1$  м для  $\alpha = 1,5$ , а для  $\alpha = 4,0$  – поблизу торця стабілізатора полум'я при  $x < 0,05$  м і на віддаленні від нього при  $x > 0,2$  м.

### Висновки

1. Із застосуванням FLUENT коду досліджено основні закономірності ізотермічної течії і сумішотворення палива і окиснювача в мікрофакельних пальниках з асиметричним паливорозподілом, призначених для експлуатації в умовах високих значень коефіцієнта надлишку повітря.

2. У відносно широкому діапазоні зміни коефіцієнта надлишку повітря ( $1,5 \leq \alpha \leq 4,0$ ) встановлено закономірності впливу його величини на характеристики течії в пальниках, що розглядаються. Зокрема, показано, що зростання  $\alpha$  призводить до збільшення протяжності зони зворотних токів за стабілізатором полум'я, відповідальною за стійкість процесу горіння. Встановлено також, що при цьому спостерігається тенденція до зміщення положення центру основного вихору у даній зоні нижче по потоку за межі закрилки.

3. Одержано дані щодо характеристик сумішотворення палива і окиснювача при варіюванні величини коефіцієнта надлишку повітря в досліджуваних паль-

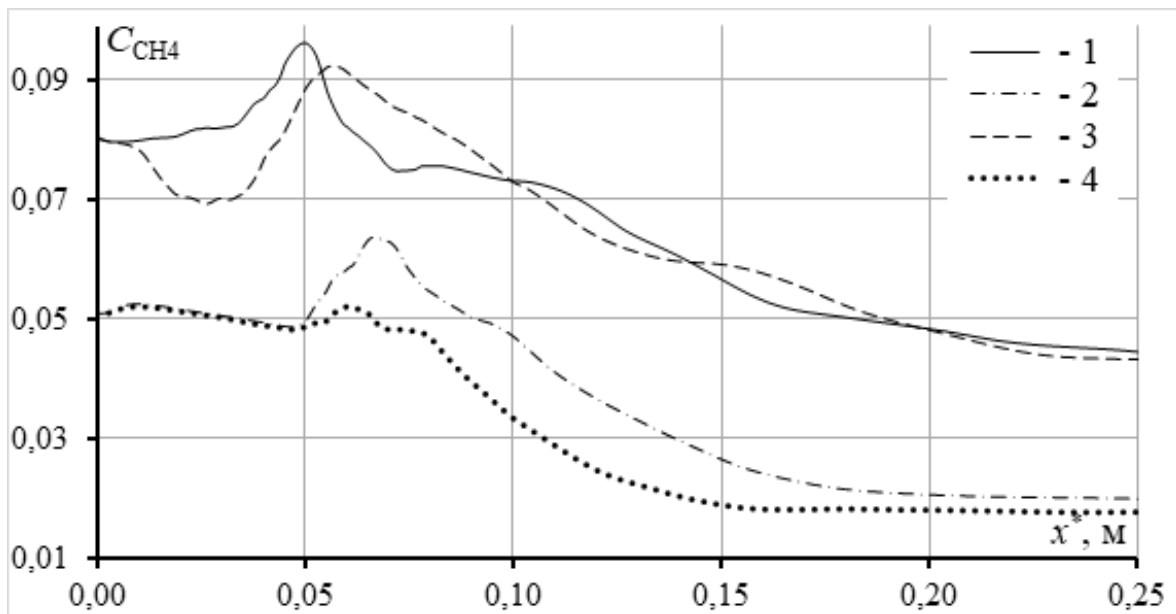


Рис. 5. Зміна масової концентрації метану в поздовжніх перерізах, що проходять через вісь газоподавальних отворів (лінії 1, 2) і посередині між ними (лінії 3, 4), для значень коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha = 1,5$  (лінії 1, 3) та  $\alpha = 4,0$  (лінії 2, 4),  $Y^* = 0,0075$  м.

никових пристроях. Показано, зокрема, що залежність середньої концентрації метану в зоні зворотних токів за стабілізатором від величини  $\alpha$  має немонотонний характер. Наводиться інтерпретація даного факту, виходячи з дії ряду конкуруючих тенденцій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *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. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.39193>.
2. *Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О. Бутовский Л.С., Абдулин 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 (5). С. 136-142. ISBN 5-7763-2435-1.
3. *Фиалко 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. № 1. С. 72-76. ISSN 0204-3602.
4. *Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р.* Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. М.: Физматлит. 2003. 352 с. ISBN 5-9221-0438-1
5. *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. ISSN 0204-3602.
6. *Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Бутовский Л.С., Абдулин М.З., 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. Т.3. №8(69). С. 40-44. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24895>.
7. *Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Ганжа М.В., Юрчук В.Л., Швецова Л.А.* Тепловое состояние стабилизаторных горелок с защитными покрытиями. Сборник трудов «Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики». Институт промышленной экологии. К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины. 2017. С. 102-105. ISBN 978-966-8449-62-8.
8. *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. ISSN 0204-3602
9. *Фиалко Н.М., Бутовский Л.С., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Полозенко Н.П.* Компьютерное моделирование процесса смесеобразования в горелочных устройствах стабилизаторного типа с подачей газа внедрением в сносящий поток воздуха. Промышленная теплотехника. 2011. №1. С.51-56. ISSN 0204-3602.
10. *Фиалко Н.М., Бутовский Л.С., Прокопов В.Г., Грановская Е.А. Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Коханенко П.С.* Особенности обтекания плоских стабилизаторов ограниченным потоком. Промышленная теплотехника, 2010. №5. С. 28-36. ISSN 0204-3602.
11. *Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Абдулин М.З., Рокитко К.В., Малецкая О.Е., Милко Е.И., Ольховская Н.Н., Реграги А., Евтушенко А.А.* Компьютерное моделирование течения в микрофакельных горелочных устройствах с асимметричной подачей топлива. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28. № 8. С 117-121. DOI:<https://doi.org/10.15421/40280823>
12. *Fialko N.M., Aleshko S.A., Rokitko K.V., Maletskaya O.E., Milko E.I., Kutnyak O.N., Olkhovskaya N.N., Regragui A., Donchak M.I., Evtushenko A.A.* Regularities of mixture formation in the burners of the stabilizer type with one-sided fuel supply. Технологические системы. 2018. 3(38). С. 37-43. dx.doi.org/10.29019/084.3
13. *Fialko N.M., Meranova N.O., Shrenkovskii Ju.V., Aleshko S.A., Rokytko K.V.* Flow structure in a stabilizer burner with one-sided fuel supply. International Multi-disciplinary Conference Science and technology of the presents time: priority development directions of Ukraine and Poland. 19-20 October. 2018. P. 116-120. ISBN 978-9934-571-55-8.

**PECULIARITIES OF FLOW AND MIXTURE  
FORMATION IN MICROJET BURNER DEVICES  
WITH ASYMMETRIC FUEL DISTRIBUTION**

**Fialko N.M., Sherenkovsky Ju.V., Meranova N.O.,  
Alioshko S.A., Rokytko K.V.**

*Institute of Engineering Thermophysics of the National  
Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv,  
03680, Ukraine*

<https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2019.2>

The purpose of the work is to establish the regularities of the isothermal flow and the mixture formation of the fuel gas and oxidant in the microjet burner devices with an asymmetric fuel supply. The main tasks of the work are the analysis of the effects of the influence of the value of excess air factor on the flow structure and the features of the mixing of fuel and oxidant. As a method of research, the CFD modeling method using the FLUENT code was used. According to the results of the studies carried out in the relatively wide limits of the change in the excess air factor ( $1.5 \leq \alpha \leq 4.0$ ), the regularities of the effect of the value of this factor on such flow characteristics in the burners studied as the length of the reverse current zone behind the flame stabilizer, which is responsible for the combustion stability, the location of main vortex in this zone, the values of the mean-square velocity pulsations, and so on. The features of the mixture formation in the variation of the  $\alpha$  value in the burner devices under investigation are revealed. The dependence on the mean  $\alpha$  of the methane concentration in the reciprocal zone is established and given its interpretation, taking into account a number of competing factors.

**Key words:** microjet burner devices, excess air factor, flow structure, mixture formation, CFD modeling.

References 13, figures 5, table 1.

1. *Fialko, N.M., Sherenkovsky 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. (Rus). ISSN 1729-3774. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.39193>.

2. *Fialko, N.M., Sherenkovsky Ju.V., Mayson N.V., Meranova N.O., Butovsky L.S., Abdulin M.Z., Polozenko N.P., Klishch A.V., Stryzheus 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. (Rus). ISBN 5-7763-2435-1.

3. *Fialko N.M., Prokopov V.G., Aleshko S.A., Polozenko N.P., Timoshchenko A.B., Abdulin M.Z., Maletskaya O.E., Nochovny A.V.* [Analysis of the influence geometric shape of the niche cavity on the aerodynamic resistance of the channel]. *Industrial Heat Engineering*. 2012. № 1. P. 72-76. (Rus). ISSN 0204-3602.

4. *Varnatts Yu., Maas U., Dibble R.* [Burning. Physical and chemical aspects, modeling, experiments, formation of pollutants]. Moscow: Fizmatlit. 2003. 352 p. (Rus). ISBN 5-9221-0438-1

5. *Fialko N.M., Prokopov V.G., Butovsky L.S., Sherenkovsky Ju.V., Aleshko S.A., Meranova N.O., Polozenko N.P.* Features of the flow of fuel and oxidizer in the echeloned arrangement of flame stabilizers. *Industrial Heat Engineering*. 2011. № 2. P. 59-64. (Rus). ISSN 0204-3602.

6. *Fialko N.M., Sherenkovsky Ju.V., Mayson N.V., Meranova N.O., Butovskiy L.S., Abdulin M.Z., Polozenko N.P., Klishch A.V., Stryzheus S.N., Timoshchenko A.B.* Mathematical modeling of processes of flow and mixture formation in a cylindrical stabilizer burner device. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. 2014. V.3. № 8 (69). P. 40-44. (Rus). ISSN 1729-3774. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24895>.

7. *Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovsky Ju.V., Meranova N.O., Aleshko S.A., Ganzha M.V., Yurchuk V.L., Shvetsova L.A.* Thermal state of stabilizer burners with protective coatings. Collection of Works "Problems of Ecology and Operation of Energy Facilities". Kiev: IPC ALCON. 2017. P. 102-105. (Rus). ISBN 978-966-8449-62-8.

8. *Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovsky Ju.V., Meranova N.O., Aleshko S.A., Hanzha M.V., Yurchuk V.L., Shvetsova L.A.* Temperature regimes of the flame stabilizers walls with protective coatings. *Industrial Heat Engineering*. 2017. №7. P. 31. (Rus). ISSN 0204-3602

9. *Fialko N.M., Butovsky L.S., Prokopov V.G., Sherenkovsky Ju.V., Meranova N.O., Alyoshko S.A., Polozenko N.P.* Computer simulation of process of mixture formation in burner devices of the stabilizing type with the introduction of gas into the blowing down airflow. *Industrial Heat Engineering*. 2011. № 1. P.51-56. (Rus). ISSN 0204-3602.

10. *Fialko N.M., Butovsky L.S., Prokopov V.G., Granovskaya E.A., Sherenkovsky Ju.V., Aleshko S.A., Kokhanenko P.S.* Features of flow around flat stabilizers by a limited flow *Industrial Heat Engineering*. 2010. №5. P. 28-36. (Rus). ISSN 0204-3602.



11. *Fialko N.M., Prokopov V.G., Alioshko S.A., Abdulin M.Z., Rokitko K.V., Maletska O.E., Milko E.I., Olkhovska N.N., Reragi A., Evtushenko A.A.* Computer simulation of flow in microjet burner devices with asymmetric supply of fuel. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2018. Vol. 28. № 8. С 117-121. (Rus). DOI:<https://doi.org/10.15421/40280823>

12. *Fialko N.M., Aleshko S.A., Rokitko K.V., Maletskaya O.E., Milko E.I., Kutnyak O.N., Olkhovskaya N.N., Reragui A., Donchak M.I., Evtushenko A.A.* Regularities of mixture formation in the burners of the stabilizer type with one-sided fuel supply. *Technological Systems* 2018. 3(38). С. 37-43. (Eng). [dx.doi.org/10.29019/084.3](https://doi.org/10.29019/084.3)

13. *Fialko N.M., Meranova N.O., Shrenkovskii Ju.V., Aleshko S.A., Rokytko K.V.* 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*. 19-20 October. 2018. P. 116-120. (Eng). ISBN 978-9934-571-55-8.

*Отримано 04.03.2019*

*Received 04.03.2019*