

Технічні науки

УДК 536.24:533

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
Член-кореспондент НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Фиалко Наталия Михайловна

*доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент НАН Украины, заведующая отделом
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member NAS of Ukraine, Head Department
Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine*

Шеренковський Юлій Владиславович

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

Шеренковский Юлий Владиславович

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Sherenkovskiy Julii

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

Меранова Наталія Олегівна

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

Меранова Наталья Олеговна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Meranova Nataliia

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

Альошко Сергій Олександрович

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

Алеша Сергей Александрович

*кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Aloshko Serhii

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

Юрчук Володимир Леонідович

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

Юрчук Владимир Леонидович

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Yurchuk Volodymyr

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

Полозенко Ніна Петрівна

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

Полозенко Нина Петровна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Polozenko Nina

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

Рокитько Константин Владимирович

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

Рокитько Константин Владимирович

*кандидат технических наук, младший научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Rokytko Konstantyn

*Candidate of Technical Sciences, Junior Research
Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine*

Дашковська Ірина Леонідівна

*молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Дашковская Ирина Леонидовна

*младший научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Dashkovska Iryna

Junior Research

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

Ганжа Марк Володимирович

молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Ганжа Марк Владимирович

младший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Hanzha Mark

Junior Research

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

Сороковий Родіон Ярославович

молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Сороковий Родион Ярославович

младший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Sorokovyi Rodion

Junior Research

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕЧІЇ І ТЕПЛООБМІНУ У ВНУТРІШНІЙ
ПОРОЖНИНІ СТАБІЛІЗАТОРА ПОЛУМ'Я ЗА НАЯВНОСТІ ТА
ВІДСУТНОСТІ НИШ НА ЙОГО БІЧНИХ ПОВЕРХНЯХ
ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА ВО ВНУТРЕННЕЙ
ПОЛОСТИ СТАБИЛИЗАТОРА ПЛАМЕНИ ПРИ НАЛИЧИИ И
ОТСУТСТВИИ НИШ НА ЕГО БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ**

FEATURES OF FLOW AND HEAT TRANSFER IN THE INNER CAVITY OF THE FLAME STABILIZER IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF NICHEs ON ITS SIDE SURFACES

Анотація. Для мікрофакельних пальникових пристроїв стабілізаторного типу виконано дослідження закономірностей течії природного газу у внутрішній порожнині стабілізатора полум'я. Проведено порівняльний аналіз особливостей тепловіддачі від внутрішніх поверхонь стінок стабілізатора для двох варіантів його конфігурації: плоскої і при наявності трапецевидних ніш на його бічних поверхнях.

Ключові слова: мікрофакельні пальники, стабілізатори полум'я, самоохолодження, вихрові структури, коефіцієнт тепловіддачі.

Аннотация. Для микрофакельных горелочных устройств стабилизаторного типа выполнено исследование закономерностей течения природного газа во внутренней полости стабилизатора пламени. Проведен сравнительный анализ особенностей теплоотдачи от внутренних поверхностей стен стабилизатора для двух вариантов его конфигурации: плоской и при наличии трапецевидных ниш на его боковых поверхностях.

Ключевые слова: микрофакельные горелки, стабилизаторы пламени, самоохлаждение, вихревые структуры, коэффициент теплоотдачи.

Summary. For microjet burners of the stabilizer type, a study of the regularities of the natural gas flow in the inner cavity of the flame stabilizer has been carried out. A comparative analysis of the features of heat transfer from the inner surfaces of the stabilizer walls is carried out for two variants of its configuration: flat and in the presence of trapezoidal niches on its lateral surfaces.

Key words: microjet burners, flame stabilizers, self-cooling, vortex structures, heat transfer coefficient.

Вступ. Важливою проблемою, що виникає при проектуванні пальникових пристроїв різного типу є організація необхідних умов охолодження елементів пальників з метою забезпечення їх працездатності і довговічності. Один з ефективних шляхів реалізації такого охолодження пов'язаний з використанням як охолоджувального агента паливного газу перед його подачею безпосередньо на горіння [1-6].

В даній роботі вказаний спосіб охолодження (в подальшому - самоохолодження) застосовується безпосередньо до мікрофакельних пальників стабілізаторного типу, що мають відомі переваги [7-15]. При цьому розглядається два варіанти конструктивного виконання стабілізаторів пальникового пристрою, які відрізняються наявністю і відсутністю нішових порожнин на їхніх бокових поверхнях (рис. 1).

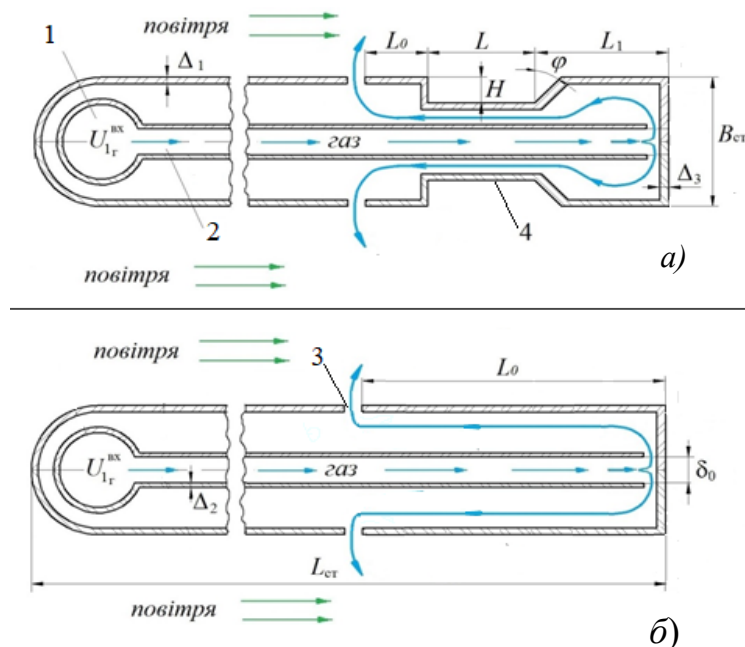


Рис. 1. До постановки задачі:

- а) стабілізатор полум'я з нішовою порожниною; б) стабілізатор полум'я за її

відсутності; 1 – газоподавальний колектор; 2 – канал для охолоджувального газу; 3 – газоподавальні отвори; 4 – нішева порожнина.

Метою роботи є дослідження закономірностей течії охолоджувача всередині стабілізатора полум'я і порівняльний аналіз особливостей

тепловіддачі від стінок стабілізатора до охолоджувача для двох варіантів конструкцій стабілізатора, що розглядається.

Результати досліджень. Комп'ютерне моделювання проведено при таких значеннях вихідних параметрів: витрата природного газу $G = 200$ м³/год, що відповідає 100% навантаженню котлоагрегату; коефіцієнт надлишку повітря дорівнював 1,1; температура газу на вході в систему охолодження $t_e^{ex} = 15$ °С; температура повітря на вході в палиниковий пристрій $t_n^{ex} = 20$ °С; матеріал стінки стабілізатора – нержавіюча сталь 12Х18Н9Т; коефіцієнт захарачення прохідного перетину каналу $k_f = 0,4$; діаметр газоподавальних отворів $d_r = 0,0043$ м; відносний крок розташування отворів $S/d_r = 3,72$; довжина стабілізатора $L_{ст} = 0,225$ м; ширина стабілізатора $B_{ст} = 0,030$ м; $L_0 = 0,012$ м; $L_{0*} = 0,05$ м; $L = 0,024$ м; $L_1 = 0,014$ м; $\Delta_1 = 0,0015$ м; $\Delta_2 = 0,001$ м; $\Delta_3 = 0,002$ м; $\delta_0 = 0,006$ м.

Характерні результати виконаних досліджень наводяться на рис. 2, 3.

Рисунок 2 ілюструє картину ліній току у внутрішній порожнині стабілізатора для двох його конструкцій. Як видно, структура течії для ситуацій, що розглядаються, має певні спільні риси. А саме, в обох випадках у центральній області приторцевої зони стабілізатора утворюється вихрова структура, яка обтікається потоком природного газу. У кутовій зоні, що прилягає до зривної кромки стабілізатора, формується вихор суттєво менших розмірів. Щодо відмінностей структури течії природного газу у досліджуваних ситуаціях, то вони полягають у наступному. По-перше, розміри вихрової структури у приторцевій зоні стабілізатора полум'я у разі відсутності нішової порожнини значно перевищують відповідні розміри за її наявності. При цьому у першій з вказаних ситуацій вихор є суттєво видовженим вздовж напрямку зворотної течії газу. По-друге, у зоні, що відповідає розташуванню нішової порожнини, картина течії газу суттєво відрізняється для двох

порівнюваних конструкцій стабілізатора полум'я. За наявності ніші потік газу обтікає її, прискорюючись з огляду на утворювану поверхню дна ніші і газоподавального каналу пласку щілину незначної ширини. У ситуації відсутності ніші вказане прискорення відсутнє.

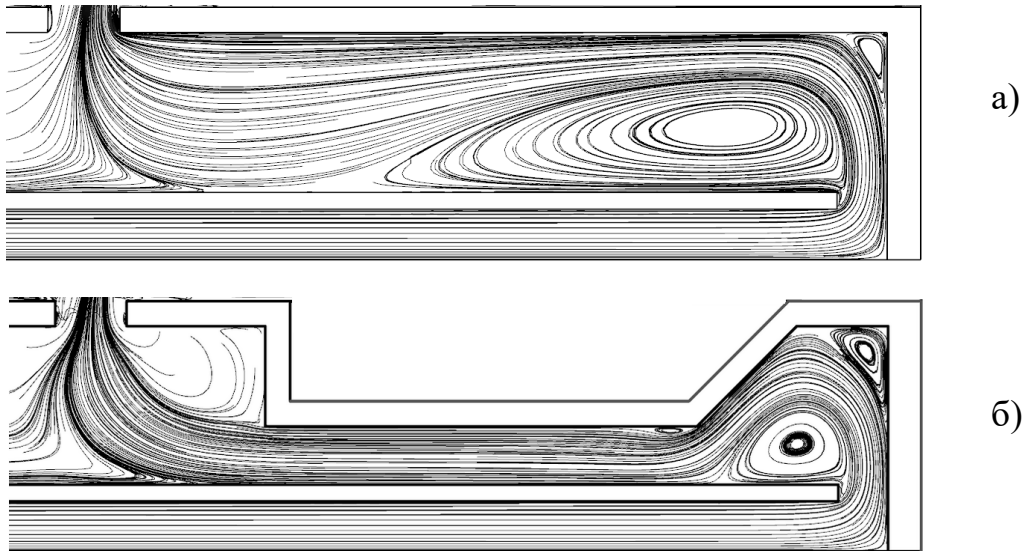


Рис. 2. Картина ліній току в поздовжньому перерізі стабілізаторів полум'я, що проходить через вісь газоподавальних отворів, за відсутності (а) і наявності (б) нішової порожнини на його бічній поверхні при номінальному навантаженні вогнетехнічного об'єкта

Описана картина течії значною мірою визначає особливості теплообміну на внутрішній поверхні стабілізатора полум'я. Рис. 3 ілюструє результати досліджень з визначення коефіцієнтів тепловіддачі на вказаній поверхні стабілізатора для двох його конструкцій, що розглядаються. На рисунку координата η відраховується вдовж внутрішньої поверхні стабілізатора полум'я від передньої кромки ніші за її наявності і від газоподавального отвору – за відсутності ніші.

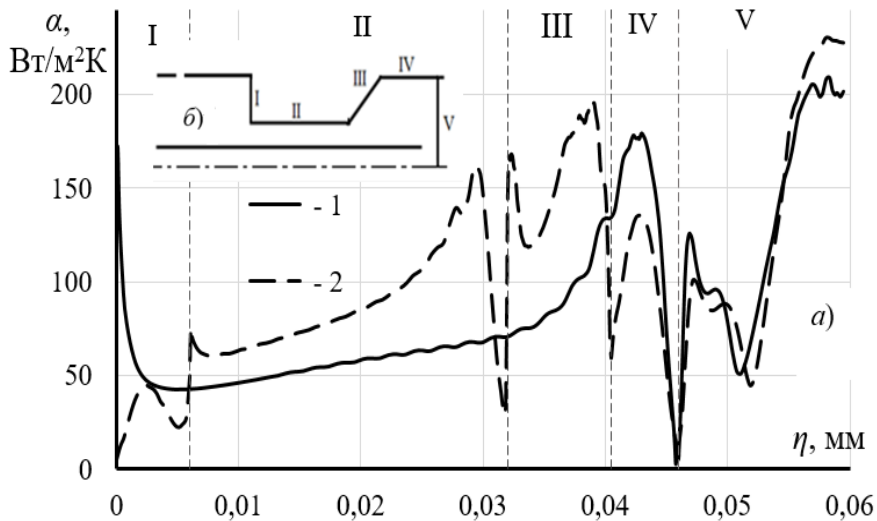


Рис. 3. Розподіл коефіцієнта тепловіддачі (а) вздовж внутрішньої поверхні стабілізатора полум'я за відсутності (1) і наявності (2) нішової порожнини на його бічній поверхні та розташування на даній поверхні характерних зон (б).

Обидва наведені на рис. 3 розподіли коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{вп}$ характеризуються наявністю значної кількості екстремумів, положення яких відповідає критичним точкам відриву і приєднання потоку охолоджувального агента, кутовим вихровим зонам тощо. Згідно з одержаними даними співвідношення коефіцієнтів $\alpha_{вп}$ для двох порівнюваних ситуацій має складний характер. Так, коефіцієнти $\alpha_{вп}$ близькі за величиною на значній частині торцевої поверхні стабілізатора полум'я (за винятком невеликої центральної зони торця). На бічній поверхні стабілізатора полум'я, прилеглий до його зривної кромки, вищими виявляються значення $\alpha_{вп}$ за відсутності нішової порожнини. І далі в зоні, що відповідає розташуванню нішової порожнини, коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_{вп}$ в цілому є суттєво більшими навпаки для конструкції стабілізатора полум'я з нішовою порожниною.

Висновки. Виконані дослідження умов охолодження стабілізаторів полум'я показали суттєвий вплив його конструктивного виконання (наявність та відсутність трапецевидної ніші) на розподіл та розміри вихрових структур всередині стабілізатора полум'я та на пов'язаний з цим характер зміни коефіцієнта тепловіддачі на внутрішній поверхні стінок стабілізатора.

Література

1. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., С.А. Алешко, Меранова Н.О., Абдулин М.З. Системы охлаждения микрофакельных горелочных устройств с плоскими стабилизаторами пламени. Киев: Изд-во «София-А», 2016. 200 с.
2. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А. и др. Компьютерное моделирование процессов переноса в системе охлаждения горелочных устройств стабилизаторного типа. Промышленная теплотехника. 2012. №1. С. 64-71.
3. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О. и др. Эффективность систем охлаждения горелочных устройств струйно-стабилизаторного типа. Технологические системы. 2012. № 1. С. 52-57.
4. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Малецкая О.Е. Влияние ширины стабилизатора на аэродинамические и тепловые характеристики систем охлаждения микрофакельных горелочных устройств. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.7. С. 83-87.
5. Fialko N.M., Prokopov V.G., Alyoshko S.A., Sherenkovskyy Y.V. Performance analysis of cooling stabilizing burners for different stress boiler unit. Вісник НУ «Львівська політехніка», Теорія і практика будівництва. 2013. №756. С. 43-46.
6. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А. и др. Исследование эффективности систем охлаждения микрофакельных горелочных устройств. Промышленная теплотехника. 2013. №1. С. 36-42.
7. Фиалко Н.М., Бутовский Л.С., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Алёшко С.А., Полозенко Н.П. Особенности обтекания плоских стабилизаторов

- ограниченным потоком. Промышленная теплотехника. 2010. № 5. С. 53-57.
8. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Полозенко Н.П. и др. Анализ влияния геометрической формы нишевой полости на аэродинамическое сопротивление канала. Промышленная теплотехника. 2012. №1. С. 72-76.
 9. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Бутовский Л.С., Шеренковский Ю.В. и др. Особенности течения топлива и окислителя при эшелонированном расположении стабилизаторов пламени. Промышленная теплотехника. 2011. №2. С. 59-64.
 10. 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.
 11. 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. ISSNprint: 2074-0603.
 12. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskiy Yu.V., Aleshko S.A., Meranova N.O., Yurchuk V.L., Hanzha M.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.
 13. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О. и др. Интенсификация процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.5. С. 136-142.

14. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Бутовский Л.С., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Коханенко П.С., Полозенко Н.П. Моделирование структуры течения изотермического потока в эшелонированной решетке плоских стабилизаторов пламени. Промышленная теплотехника. 2010. №6. С. 28-36.
15. 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. №4. С.13-18.