

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

Алешко 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*

Малецька Ольга Євгенівна

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

Малецкая Ольга Евгеньевна

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

Maletska Olha

*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*

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*

**ТЕПЛОВИЙ СТАН СТІНОК СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛУМ'Я З
НИШОВИМИ ПОРОЖНИНАМИ
ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕНОК СТАБИЛИЗАТОРОВ
ПЛАМЕНИ С НИШЕВЫМИ ПОЛОСТЯМИ**

HEAT STATE OF THE FLAME STABILIZER WALLS WITH NICHE CAVITIES

Анотація. Проведено аналіз особливостей температурних режимів стабілізаторів полум'я мікрофакельних пальників. Виконано зіставлення ефективності систем охолодження стінок стабілізаторів за наявності та відсутності нішових порожнин на їх бічних поверхнях.

Ключові слова: стабілізаторні пальники, температурний режим, системи охолодження, поля теплових потоків.

Аннотация. Проведен анализ особенностей температурных режимов стабилизаторов пламени микрофакельных горелок. Выполнено сопоставление эффективности систем охлаждения стен стабилизаторов при наличии и отсутствии нишевых полостей на их боковых поверхностях.

Ключевые слова: стабилизаторные горелки, температурный режим, система охлаждения, поля тепловых потоков.

Summary. The analysis of the features of the temperature regimes of the flame stabilizers of microjet burners is carried out. A comparison of the efficiency of cooling systems for stabilizer walls in the presence and absence of niche cavities on their side surfaces is made.

Key words: stabilizer burners, temperature conditions, cooling system, heat flux fields.

Вступ. Мікрофакельні пальникові пристрої стабілізаторного типу знаходять широке застосування у вогнетехнічних об'єктах різного призначення [1-9]. Надійність роботи таких пальників суттєво залежить від забезпечення необхідного температурного режиму стінок стабілізаторів полум'я. Вирішення цієї проблеми здійснюється шляхом створення спеціальних систем охолодження [10-15]. У даній роботі досліджуються

особливості функціонування так званої системи самоохолодження, в якій роль охолоджувача виконує природний газ, що подається у внутрішню порожнину стабілізатора. Після забезпечення необхідного тепловідводу від стінок стабілізатора газ подається безпосередньо на горіння.

Ефективність роботи системи охолодження, що застосовується, великою мірою залежить від конструкції стабілізаторів полум'я. У статті розглядаються два види конфігурації стабілізатора: за наявності на його бічній поверхні трапецієподібної ніші та за її відсутності (рис. 1).

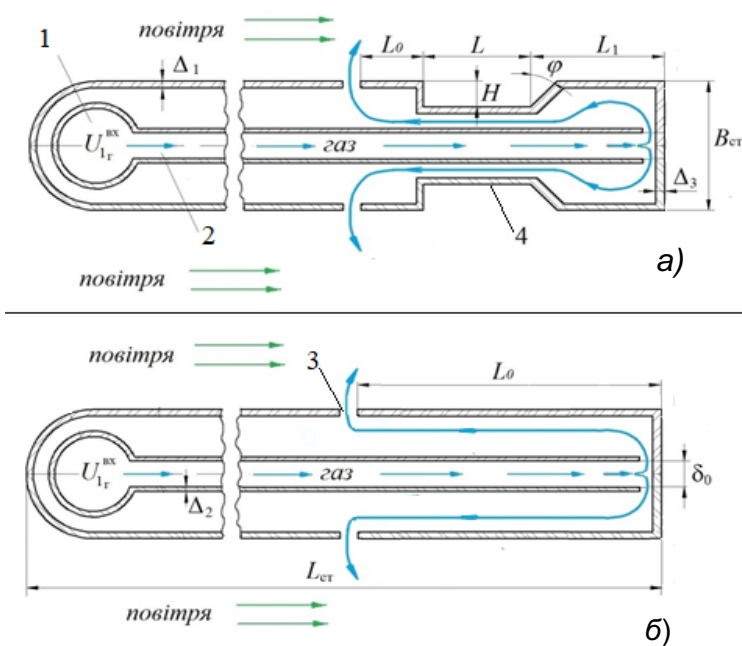


Рис. 1. До постановки задачі:

- 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 – нішова порожнина.

Мета роботи полягає у порівняльному аналізі температурних та теплових режимів стабілізаторів полум'я різної конфігурації.

Результати досліджень. При визначенні ефективності досліджуваних систем охолодження паликових пристроїв бралися до уваги такі основні вимоги до цих систем:

- по-перше, застосування систем охолодження повинно забезпечувати такий тепловий стан стінок стабілізатора, при якому їхня температура не перевищує допустиму величину (у даній ситуації 550 °С);

- по-друге, температура охолоджувального агента – природного газу, на виході з системи охолодження має бути нижчою від температури початку його розкладання;
- по-третє, аеродинамічні втрати в системі охолодження не повинні перевищувати на певну задану величину відповідні втрати у випадку відсутності спеціального охолодження пальникових пристроїв.

Вказане зумовлює актуальність дослідження теплового стану стінок стабілізаторів полум'я за наявності і відсутності нішових порожнин на їхніх бічних поверхнях.

Дослідження виконано на основі CFD моделювання з використанням програмного комплексу ANSYS. Наведені нижче результати відповідають таким вихідним даним: витрата природного газу $G = 200 \text{ м}^3/\text{год}$, що відповідає 100% навантаженню котлоагрегату; коефіцієнт надлишку повітря дорівнював 1,1; температура газу на вході в систему охолодження $t_2^{\text{ex}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$; температура повітря на вході в пальниковий пристрій $t_n^{\text{ex}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; матеріал стінки стабілізатора – нержавіюча сталь 12Х18Н9Т; коефіцієнт затінення прохідного перетину каналу $k_f = 0,4$; діаметр газоподавальних отворів $d_{\Gamma} = 0,0043 \text{ м}$; відносний крок розташування отворів $S/d_{\Gamma} = 3,72$; довжина стабілізатора $L_{\text{ст}} = 0,225 \text{ м}$; ширина стабілізатора $B_{\text{ст}} = 0,030 \text{ м}$; $L_0 = 0,012 \text{ м}$; $L_{0^*} = 0,05 \text{ м}$; $L = 0,024 \text{ м}$; $L_1 = 0,014 \text{ м}$; $\Delta_1 = 0,0015 \text{ м}$; $\Delta_2 = 0,001 \text{ м}$; $\Delta_3 = 0,002 \text{ м}$; $\delta_0 = 0,006 \text{ м}$.

Рисунки 2-4 ілюструють характерні результати виконаного комп'ютерного моделювання.

На рис. 2 наведено поля густини теплового потоку, що відводиться від внутрішньої поверхні стабілізатора полум'я, для двох порівнюваних варіантів їх конструкцій. Як видно, хоча наведені поля в цілому суттєво відрізняються, на окремих ділянках поверхні вони мають подібний характер. Це стосується торцевої поверхні стабілізатора полум'я і прилеглої до неї ділянки бічної поверхні. Для обох досліджуваних конструкцій

максимальні рівні тепловідводу спостерігаються у центральній зоні торця стабілізатора і пов'язані з обдувом цієї частини поверхні плоским імпульсним струменем охолоджувального газу. З віддаленням від вказаної центральної зони рівень теплового потоку падає, досягає локального мінімуму, зумовленого відривом потоку охолоджувача, і далі знов підвищується. З наближенням до зривної кромки стабілізатора полум'я в зоні, що відповідає кутовому вихору, тепловий потік знижується.

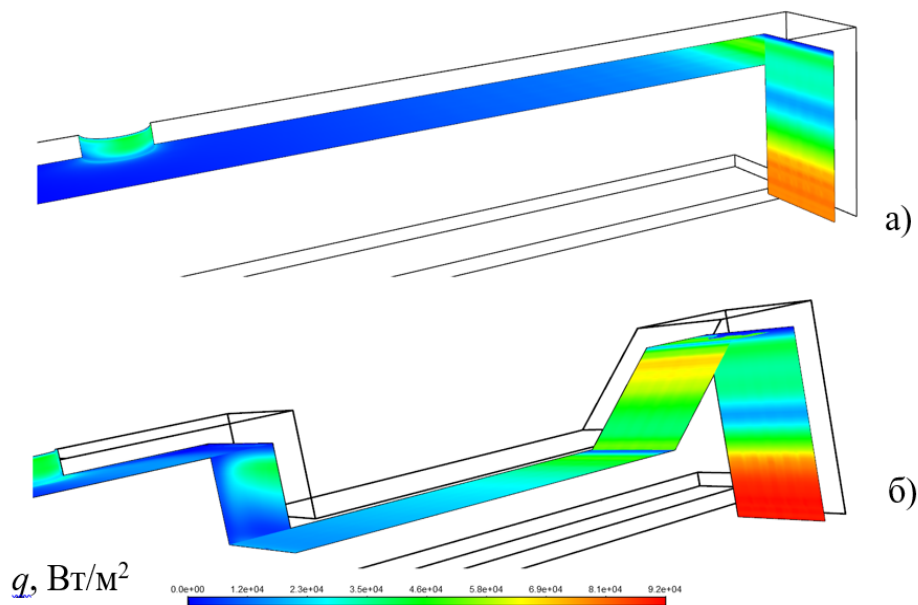


Рис. 2. Поля густини теплового потоку q на внутрішній поверхні стабілізатора полум'я для його повторюваного фрагменту, що охоплює зону, яка відповідає половині одного газоподавального отвору:

а), б) стабілізатори полум'я за відсутності та за наявності ніші при 100% навантаженні вогнетехнічного об'єкту

На частині бічної поверхні стабілізатора, прилеглій до його торця, для обох досліджуваних конструкцій має місце підвищення теплового потоку, пов'язане, зокрема, з приєднанням потоку охолоджувального агента до поверхні стабілізатора.

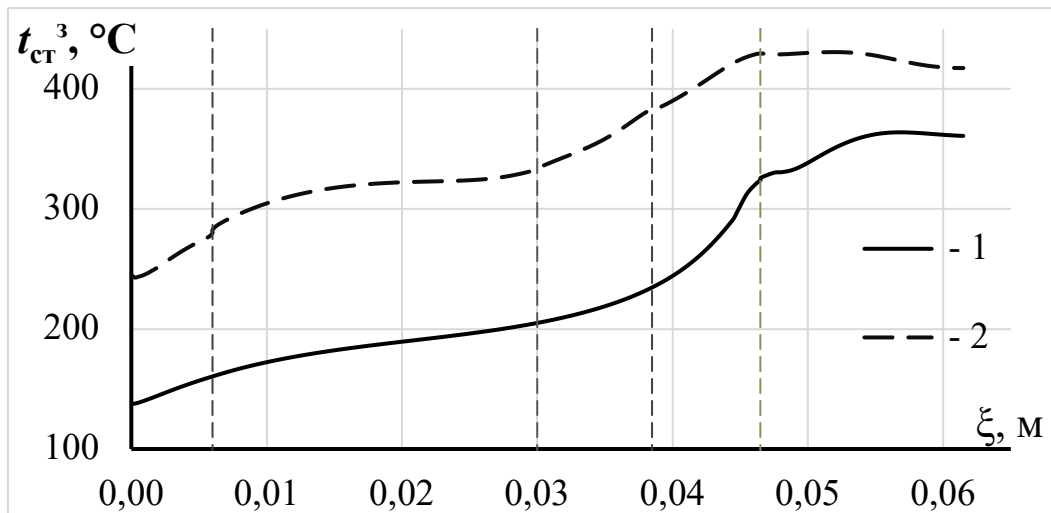


Рис. 3. Розподіл температури вздовж зовнішньої поверхні стабілізатора полум'я в перерізі, що проходить через вісь газоподавальних отворів, за відсутності (1) і наявності (2) нішової порожнини на бічній поверхні стабілізатора

Звертає на себе увагу та обставина, що рівні теплового потоку, який відводиться від внутрішньої поверхні стабілізатора, на його торцевій і частині бічної поверхні є близькими за величиною для стабілізаторів з нішою і при її відсутності. На поверхні, що відповідає місцю розташування ніші, потоки теплоти на внутрішній поверхні стабілізатора полум'я за наявності ніші в цілому значно перевищують значення потоків для стабілізаторів без нішових порожнин. Це, очевидно, зумовлено, по-перше, більш високими рівнями температур на зовнішній поверхні нішової порожнини, біля якої починається процес горіння, і по-друге, більшою інтенсивністю відведення теплоти з внутрішньої поверхні через високі швидкості охолоджувального потоку газу в даній зоні.

Рисунок 3 ілюструє розподіл температури на зовнішній поверхні стабілізатора полум'я для двох досліджуваних конструкцій. Згідно з наведеними даними за наявності нішової порожнини вказана температура значно перевищує відповідні значення при відсутності ніші. Різниця вказаних температур може перевищувати 100 °C. При цьому найменші

відмінності порівнюваних температур спостерігаються в центральній зоні торця стабілізатора.

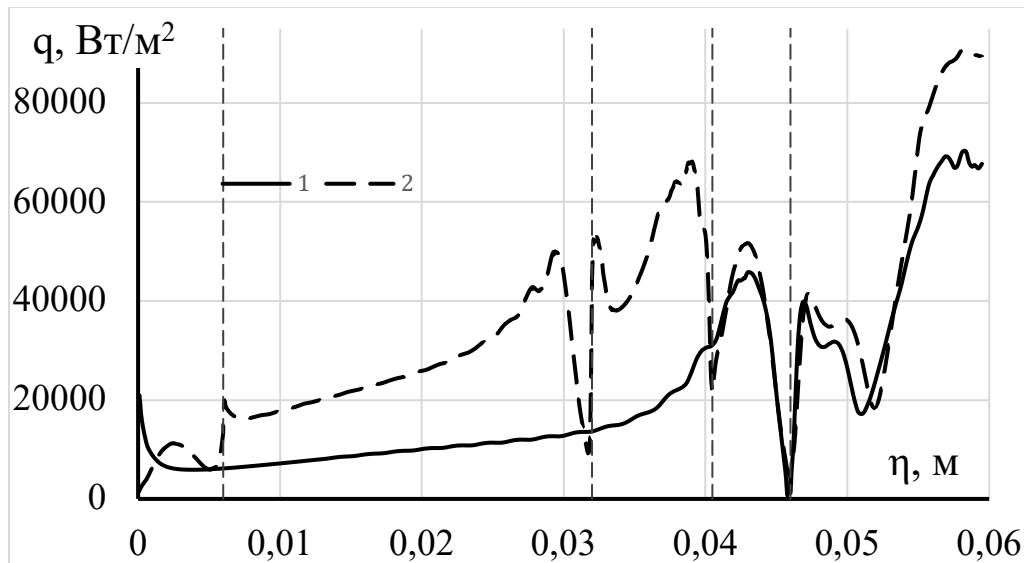


Рис. 4. Розподіл густини теплового потоку q вздовж зовнішньої поверхні стабілізатора полум'я в перерізі, що проходить через вісь газоподавальних отворів, за відсутності (1) і наявності (2) нішової порожнини на бічній поверхні стабілізатора

Співвідношення температур на зовнішній поверхні стабілізатора полум'я для двох його конструкцій пов'язано з дією двох конкуруючих факторів. А саме, за наявності ніші фактором, що зумовлює вищі рівні температури стінки, є більш напружені теплові умови на зовнішній поверхні стабілізатора полум'я. А фактором, який спрямований на зниження цієї температури, – більша в цілому інтенсивність охолодження внутрішньої поверхні стабілізатора з огляду на вищі швидкості охолоджувача. Як видно, за умов, що розглядаються, домінуючим є перший з вказаних факторів.

Щодо рівнів температури охолоджувального агента – природного газу на виході з систем охолодження, то вони є відносно невисокими і становлять $60,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ для стабілізатора без ніші та $82,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ – за наявності ніші на його бічній поверхні.

Висновки. За результатами виконаних досліджень показано, що температурні режими стабілізаторів полум'я суттєво залежать від їх

конструктивного виконання. За наявності нішових порожнин на бічних поверхнях стабілізаторів реалізуються суттєво вищі рівні температури їх стінок та в цілому вища інтенсивність охолодження внутрішньої поверхні стабілізатора.

Література

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Fialko N.M., Aleshko S.A., Rokitko K.V., Maletska 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.
6. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovskiy Ju.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.
7. 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.
 8. 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.
 9. 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.
 10. 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.
 11. 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.
 12. 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.

13. 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.
14. Fialko N.M., Prokopov V.G., Alyoshko S.A., Sherenkovskiy J.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.
15. 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.