

застосовувати для охолодження молока та іншої сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: комбінована блочно-модульна система охолодження, природний холод, холодильна установка, акумулятор

ENERGY-SAVING COOLING SYSTEM FOR LIVESTOCK FARMS

B. Korshunov, A. Uchevatkin, F. Maryahin, A. Korshunov

The developed energy-saving equipment for combined modular cooling systems with rotary spray devices that use either natural cold and artificial in the article are presents. The proposed equipment can be used for cooling milk and other agricultural products. Long-term tests have shown that the energy consumption during the winter period is reduced to 10 times through the use of natural cold, the presence of the cold battery allows in 2...3 times to reduce the installed power recharging of refrigeration systems, to improve the reliability of cooling systems, to reduce the loss of milk and to maintain its quality.

Keywords: *combined block-modular cooling system, natural cold, refrigeration unit, battery*

УДК 536.24

ВЛИЯНИЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЧЕНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРОМОЖДЕНИЯ ЭШЕЛОНИРОВАННЫМИ СТАБИЛИЗАТОРАМИ КАНАЛОВ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Н.М. Фиалко, доктор технических наук, чл.-корр. НАН Украины

Ю.В. Шеренковский, кандидат технических наук

В.Г. Прокопов, доктор технических наук

Н.П. Полозенко, научный сотрудник

Н.О. Меранова, С.А. Алешко, кандидаты технических наук

Е.И. Милко, старший научный сотрудник

А.А. Озеров, научный сотрудник

О.Н. Кутняк, Л.А. Швецова, младшие научные сотрудники

Институт технической теплофизики НАН Украины

М. З. Абдулин, кандидат технических наук

Национальный технический университет Украины «КПИ»

e-mail: nmfialko@ukr.net

Представлены результаты исследований закономерностей течения топлива и окислителя при варьировании величины коэффициента

© Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, В.Г. Прокопов, Н.П. Полозенко, Н.О. Меранова, С.А. Алешко, Е.И. Милко, А.А. Озеров, О.Н. Кутняк, Л.А. Швецова, М. З. Абдулин, 2015

загромождения эшелонированными стабилизаторами проходного сечения каналов микрофакельных горелочных устройств. Приведены данные математического моделирования по установлению эффектов влияния указанного коэффициента загромождения на особенности развития струй топлива, внедряемого в сносящий поток окислителя, характеристики циркуляционного течения в ближнем следе стабилизаторов и пр.

Ключевые слова: коэффициент загромождения проходного сечения канала, микрофакельные горелки, лестничное расположение стабилизаторов пламени

Повышение степени загромождения проходного сечения канала горелочных устройств применяется, как известно, в качестве средства уменьшения длины факела. В этом случае увеличивается количество стабилизаторов пламени в решетке так, что при неизменном общем расходе природного газа уменьшается его расход, приходящийся на один стабилизатор. Это обуславливает требуемое сокращение длины факела при горении. Однако, при достаточно высокой степени загромождения проходного сечения канала в условиях, когда торцы стабилизаторов располагаются в одной плоскости, возникает спонтанное нарушение симметрии течения. Последнее может быть устранено посредством эшелонированного расположения стабилизаторов пламени в решетке.

Таким образом, обеспечение относительно небольшой длины факела при сохранении устойчивого течения возможно лишь в условиях, когда наряду с увеличением степени загромождения проходного сечения канала применяется эшелонирование стабилизаторной решетки.

В последний период исследованию различных аспектов рабочих процессов микрофакельных горелочных устройств с эшелонированными решетками стабилизаторов пламени уделяется все большее внимание (см. например [7, 3–5]). Однако целый ряд вопросов, касающихся данных процессов для различных конструкции рассматриваемых горелочных устройств, остается неизученным.

Цель исследований – выявление основных особенностей структуры течения топлива и окислителя в микрофакельных горелочных устройствах с лестнично эшелонированными решетками стабилизаторов пламени при варьировании степени загромождения проходного сечения канала этих устройств.

Материалы и методика исследований. Рассмотрению подлежит структура течения природного газа и воздуха в микрофакельной горелке при лестничном расположении стабилизаторов пламени. Математическая постановка рассматриваемой задачи переноса может быть представлена в следующем виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_j)}{\partial x_j} = 0, \quad (1)$$

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

$$\frac{\partial \rho_k}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_k U_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(D_k \frac{\partial \rho_k}{\partial x_j} \right), \quad (3)$$

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

где x_j – декартова координата, м, $j = 1, 2, 3$; U_j – компонента вектора скорости в направлении оси x_j , м/с; P – статическое давление, Па; $\tau_{i,j}$ – компоненты тензора напряжения, н/м²; ρ – плотность, кг/м³; ρ_k – парциальная массовая плотность k -той компоненты, кг/м³, $\rho_k = \rho W_k$; W_k – массовая концентрация; D_k – коэффициент диффузии k -той компоненты, м²/с.

Численная реализация поставленной задачи осуществлялась на основе метода DES (Detached Eddy Simulation). Данный метод, как известно, был предложен в качестве альтернативы RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) и LES (Large Eddy Simulation) методам при расчете пристеночных течений с обширными отрывными зонами, для которых RANS модели не способны обеспечить приемлемую точность, а LES требует чрезмерно больших вычислительных ресурсов. При этом учитывалось то обстоятельство, что значительная доля вычислительных затрат LES связана с расчетом пристеночной части присоединенных пограничных слоев, населенных энергонесущими вихрями малых размеров, и что расчет именно таких течений с помощью RANS является достаточно надежным и экономичным. Это естественным образом привело авторов DES к мысли о создании комбинированной RANS-LES модели, которая сочетала бы в себе лучшие качества обоих методов, а именно, надежность и вычислительную эффективность RANS в присоединенных пограничных слоях с высокой точностью и приемлемыми вычислительными затратами LES вдали от стенок [1, 2, 5].

Принципиальное отличие DES от LES состоит в том, что в рамках DES “точно” рассчитываются не все энергонесущие вихри, а лишь “отсоединенные”, которые населяют отрывные зоны, а вихри, населяющие области присоединенных пограничных слоев, описываются обычными полуэмпирическими RANS моделями. Еще одна важная особенность DES состоит в том, что в рамках этого подхода в RANS и LES областях используется одна и та же “базовая” модель турбулентности, которая функционирует как RANS модель внутри пристеночного пограничного слоя и как ее подсеточный (Sub-Grid Scale или SGS) аналог вдали от твердых стенок.

Реализация описанной выше идеи метода DES базируется на том, что уравнения RANS и LES имеют, как было упомянуто выше, общую форму. Кроме того, предполагается, что RANS модель, на основе которой строится модель DES, может быть преобразована в подсеточную модель для LES путем замены линейного масштаба турбулентности l_{RANS} , явно или неявно фигурирующего во всех RANS моделях, на подсеточный масштаб $l = c\Delta$. Тогда, вводя гибридный линейный масштаб в виде $l_{DES} = \min(l_{RANS}, c_{DES}\Delta)$, где c_{DES} – дополнительная константа модели, аналогичная константе Смагоринского, получим модель DES, которая, в

зависимости от соотношения линейных масштабов RANS и LES, функционирует либо как базовая RANS модель, либо как ее подсеточная версия. В результате в областях потока, в которых используемая сетка является слишком грубой и непригодной для разрешения турбулентных структур, то есть при $c_{DES}\Delta > l_{RANS}$, DES функционирует как RANS, а в областях с достаточно мелкой сеткой, то есть при $c_{DES}\Delta < l_{RANS}$, – как подсеточная модель для LES. Важной особенностью DES является также то обстоятельство, что в качестве характерного размера “фильтра” в нем используется максимальный из трех шагов сетки в рассматриваемой точке потока: $\Delta = \max(\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z)$ [1, 5].

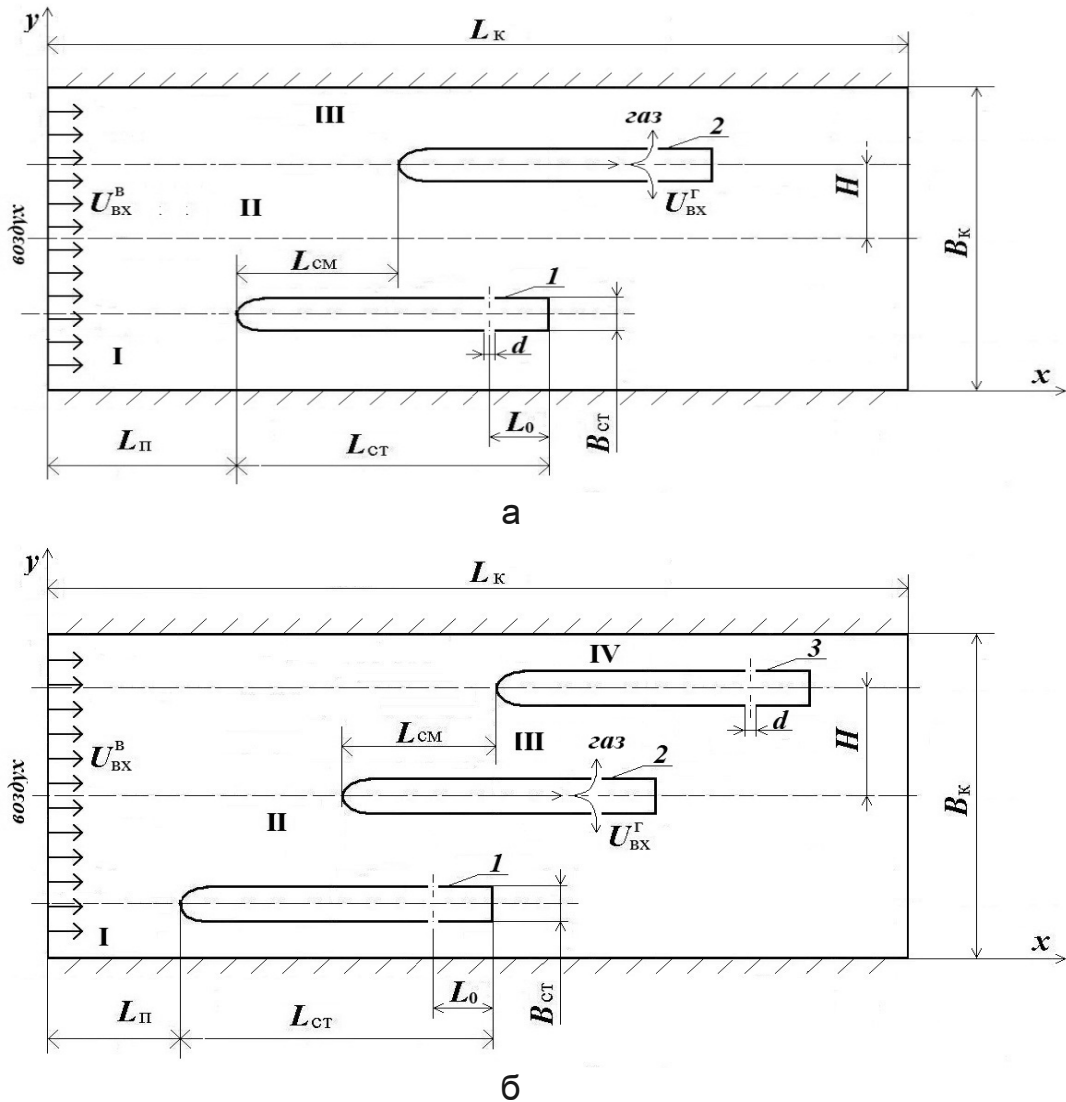


Рис. 1. К постановке задачи для лестнично эшелонированной решетки стабилизаторов при различных значениях коэффициента загромождения проходного сечения канала: $k_f = 0,3$ (а) и $k_f = 0,45$ (б):
 1, 2, 3 – первый, второй и третий стабилизаторы пламени;
 I, II, III, IV – каналы стабилизаторной решетки

Ниже приводятся результаты математического моделирования по исследованию закономерностей влияния величины коэффициента

загромождения k_f проходного сечения канала на характеристики течения в лестнично эшелонированной решетке стабилизаторов пламени ($k_f = \frac{B_{ст}}{H}$, где $B_{ст}$ – ширина стабилизатора, м; H – шаг расположения стабилизаторов, м). При этом рассматриваются две ситуации, отвечающие расположению в канале горелочного устройства шириной $B_k = 200$ мм двух и трех стабилизаторов пламени, что соответствует значениям $k_f = 0,3$ и $0,45$ (рис. 1). Общий расход воздуха через горелочное устройство составлял $0,165 \text{ м}^3/\text{с}$ ($600 \text{ м}^3/\text{ч}$), а газа $-0,0139 \text{ м}^3/\text{с}$ ($50 \text{ м}^3/\text{ч}$). Прочие исходные параметры при математическом моделировании были одинаковыми для двух рассматриваемых ситуаций: $L_n = 0,2$ м; $L_{ст} = 0,215$ м; $L_k = 1,5$ м; $H = 0,075$ м; $B_k = 0,225$ м; $B_{ст} = 0,03$ м; $L_{см} = 0,06$ м; $L_0 = 0,02$ м; $d = 0,0045$ м; $S/d = 3,55$, где S – шаг расположения газоподающих отверстий.

Результаты исследований. На рисунках 2 и 3 и в таблицах 1 и 2 приведены характерные результаты выполненных исследований.

На рис. 2 показаны поля продольной составляющей U_x вектора скорости для решетки, состоящей из двух ($k_f = 0,3$) и трех ($k_f = 0,45$) стабилизаторов пламени. В табл. 1 приведены средние значения скорости U_x в каналах решетки. Как следует из полученных данных, чем больше значение k_f , тем более несимметричной является картина течения в каналах стабилизаторной решетки. Так при $k_f = 0,3$ отличие средних скоростей в пристеночных каналах составляет 9 %, а при $k_f = 0,45$ достигает 22,6 %.

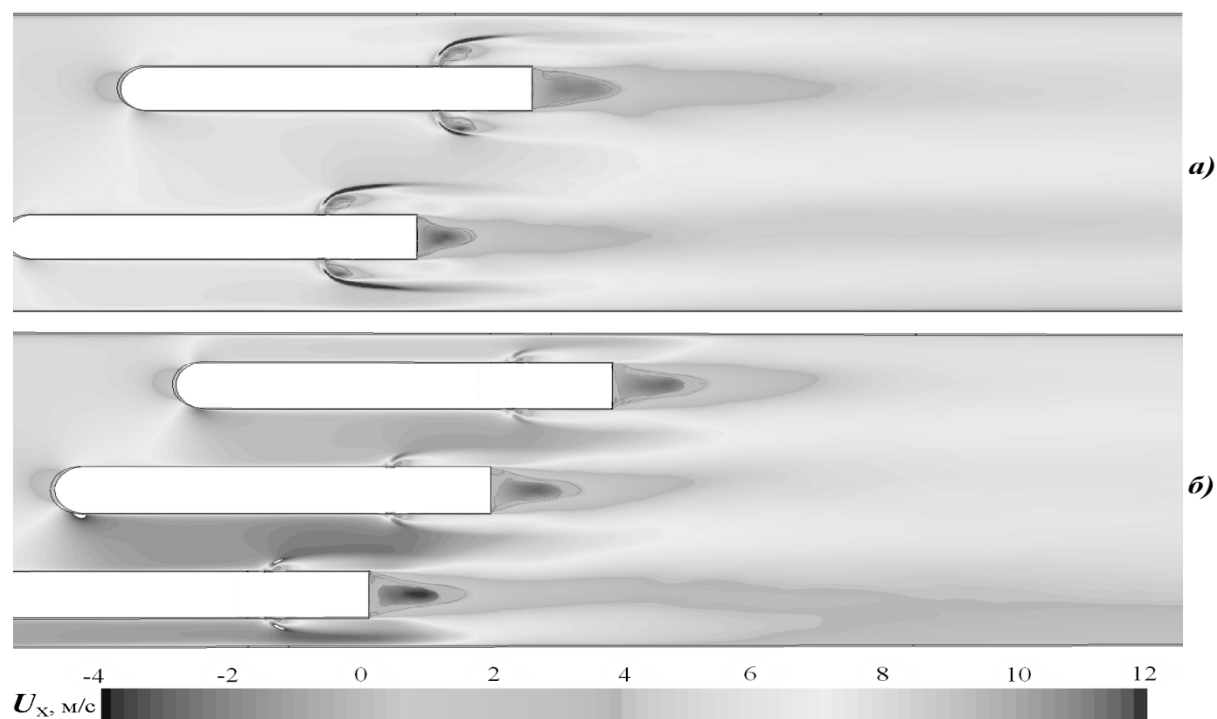


Рис. 2. Поля продольной составляющей U_x вектора скорости при различных значениях коэффициента загромождения проходного сечения канала: $k_f = 0,3$ (а) и $k_f = 0,45$ (б)

1. Средние значения скорости U_x (м/с) в каналах решетки

k_f	Номер канала			
	I	II	III	IV
0,3	7,39	7,49	6,78	-
0,45	9,60	10,11	9,02	7,82

Что же касается характера развития струй газа, внедряемых в сносящий поток воздуха, то согласно данным, представленным на рис. 2, глубина их проникновения значительно меньше в случае $k_f = 0,45$. Это, как очевидно, объясняется с одной стороны, меньшим расходом газа, приходящимся на один стабилизатор, а с другой – более высокими скоростями воздуха в каналах решетки.

В табл. 2 приведены данные о размерах зон обратных токов и величинах максимальных по модулю скоростей в этих зонах при $k_f = 0,3$ и $k_f = 0,45$.

2. Длины зон обратных токов $L_{от}$ и максимальные по модулю скорости U_{max} в этих зонах за i -тым стабилизатором пламени при разных значениях k_f

Параметр	$k_f = 0,3$		$k_f = 0,45$		
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$
$L_{от}, 10^{-3}м$	30,8	46,1	47,5	44,5	46,5
$U_{max}, м/с$	3,1	2,05	3,76	2,86	2,67

Рис. 3 иллюстрирует поля среднеквадратичных значений пульсаций скорости $\overline{U'}$ для разных величин k_f . Как видно, величины пульсации скорости $\overline{U'}$ в закормовых областях стабилизаторов существенно возрастают с увеличением коэффициента загромождения проходного сечения канала k_f . Так, при $k_f = 0,45$ максимальные значения пульсаций $\overline{U'}$ достигают 6,2 м/с, а при $k_f = 0,3$ не превышают 4,3 м/с. Обращает на себя внимание также тот факт, что для $k_f = 0,45$ значения $\overline{U'}$ оказываются заметно более высокими в указанных закормовых областях по сравнению с областями развития струй, а для $k_f = 0,3$ пульсации $\overline{U'}$ в этих областях являются близкими по величине.

Полученные при математическом моделировании картины полей давлений при разных значениях k_f свидетельствуют о том, что для $k_f = 0,3$ наиболее низкие давления наблюдаются в зонах развития струй. При $k_f = 0,45$ области пониженного давления имеют место, как в указанных зонах развития струй, так и в закормовых областях стабилизаторов. Что же касается уровня давления в каналах стабилизаторной решетки, то они в целом оказываются существенно выше при меньшей степени загромождения проходного сечения канала горелочного устройства.

Повышение степени загромождения проходного сечения горелочного устройства очевидно должно приводить к увеличению потерь давления в горелочном устройстве. Согласно результатам

выполненных исследований в рассматриваемой ситуации при $k_f = 0,3$ эти потери составляют 15,6 Па, а при $k_f = 0,45$ достигают 32,9 Па.

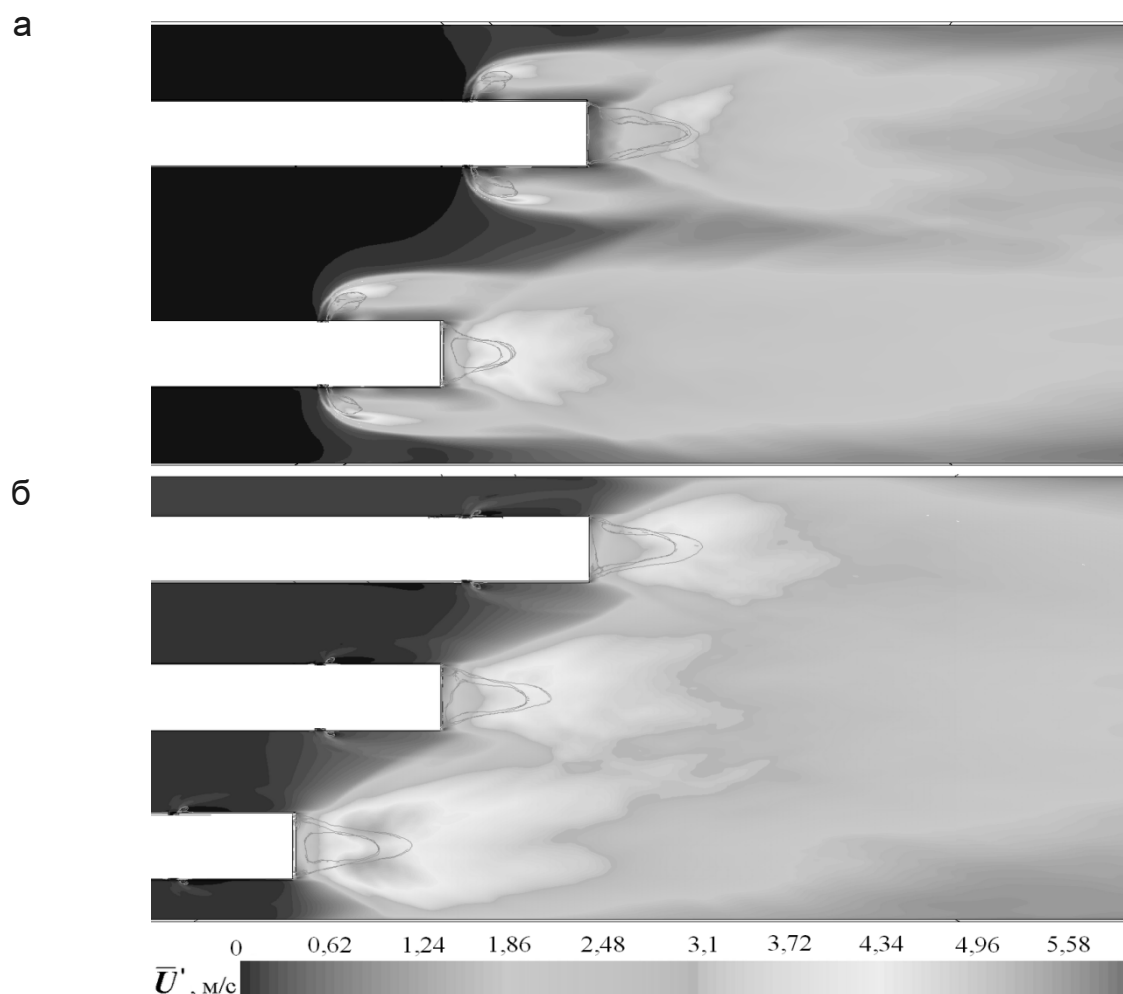


Рис. 3. Поля среднеквадратичных значений пульсаций скорости \bar{U}' при различных значениях коэффициента загромождения проходного сечения канала: $k_f = 0,3$ (а) и $k_f = 0,45$ (б)

Выводы

Установлены закономерности влияния на структуру течения топлива и окислителя степени загромождения стабилизаторами пламени проходного сечения микрофакельного горелочного устройства с лестничным расположением стабилизаторов пламени. Показано, что повышение степени загромождения обуславливает возрастание асимметричности течения в стабилизаторных решетках, уменьшение глубины проникновения струй топлива в сносящий поток окислителя, заметное увеличение пульсаций скорости в закормовых областях стабилизаторов, а также существенное повышение потерь давления в горелочном устройстве.

Список литературы

1. Волков К.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
2. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учеб. пособие / Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Шур М.Л. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.
3. Моделирование структуры течения изотермического потока в эшелонированной решетке плоских стабилизаторов пламени / Н.М. Фиалко, В.Г. Прокопов, Л.С. Бутовский [и др.] // Пром. теплотехника. – 2010. – №6. – С. 28–36.
4. Особенности смесеобразования при эшелонированном расположении стабилизаторов пламени в микрофакельных горелочных устройствах / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, В.Г. Прокопов [и др.] // XXI междунар. конф. [«Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики»], (Ялта, 7 -11 июня 2011 г.). – К., 2011. – С. 167–170.
5. Особенности течения топлива и окислителя при эшелонированном расположении стабилизаторов пламени / Н.М. Фиалко, В.Г. Прокопов, Л.С. Бутовский [и др.] // Пром. теплотехника. – 2011. – № 2. – С. 59–64.
6. Снегирев А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений: учеб. пособие / А.Ю. Снегирев. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 143 с.
7. Структура течії в мікрофакельних пальниках з ешелонованими решітками стабілізаторів полум'я / Н.М. Фіалко, В.Г. Прокопов, Ю.В. Шеренковський [та ін.] // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – 194/3. – С. 107–113.

ВПЛИВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕБІГУ СТУПЕНЯ ЗАХАРАЦЕННЯ ЕШЕЛОНОВАНИМИ СТАБІЛІЗАТОРАМИ КАНАЛІВ ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЇВ

Н.М. Фіалко, Ю.В. Шеренковський, В.Г. Прокопов, Н.П. Полозенко, Н.О. Меранова, С.О. Альошко, Є.І. Мілко, А.А. Озеров, О.М. Кутняк, Л.Я. Швецова, М.З. Абдулін

Подано результати досліджень закономірностей течії палива та окисника при варіюванні величини коефіцієнта захаращення ешелонованими стабілізаторами прохідного перетину каналів мікрофакельних пальникових пристроїв. Наведено дані математичного моделювання щодо встановлення ефектів впливу зазначеного коефіцієнта захаращення на особливості розвитку струменів палива, заглибленого в зносячий потік окислювача, характеристики циркуляційної течії в ближньому сліді стабілізаторів тощо.

Ключові слова: коефіцієнт захаращення прохідного перетину каналу, мікрофакельні пальники, сходове розташування стабілізаторів полум'я

INFLUENCE THE DEGREE OF CHANNELS BLOCKAGE OF BURNER UNITS BY ECHELONED STABILIZERS THE FLOW CHARACTERISTICS

*N.M. Fialko, Y.V. Sherenkovsky, V.G. Prokopov, N.P. Polozenko,
N.O. Meranova, S.A. Aleshko, E.I. Milko, A.A. Ozerov, O.N. Kutnyak,
L.A. Shvetsova, M.Z. Abdulin*

The investigations results of the laws of fuel and oxidant flow at varying the value of the blockage coefficient of the channel crossing of microjet burners by echeloned stabilizers are submitted. The data of mathematical modeling to establish of the effects of the impact of this the blockage coefficient on development features of fuel jet introduced in the razing oxidant stream, the characteristics of the circulation flow in the near wake of stabilizers and so on are presented.

Keywords: *factor blockage of the channel crossing, microjet burner, flame stabilizers ladder location*

УДК 631.24.243

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЯХ АГРАРНИХ ВИРОБНИЦТВ

*Г.Б. Иноземцев, доктор технічних наук
e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

Розглянуто особливості використання високовольтних джерел в аграрних виробництвах. Сформульовано пропозиції щодо вимог до різних агротехнічних процесів.

Ключові слова: *електротехнологія, високовольтне джерело, вихідна напруга, потужність, пульсація, коронуючий електрод, біооб'єкт, рослинна продукція*

Останні дослідження яскраво свідчать про широкі можливості застосування електротехнологій для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, одержання рослин із поліпшеними наслідуваними ознаками. Застосування електротехнологій, наприклад у рослинництві обумовлює можливості підвищення схожості та урожайності зернових культур (пшениця, ячмінь та ін.) на 15 ... 20 %, овочевих культур (томати, огірки, морква та ін.) на 12 ... 18 %.

Дослідженнями вчених Німеччини, Росії, США, Японії [4–7], а також вітчизняних [1–3] наведені вище результати базуються на обґрунтуванні