

Технические науки

УДК 536.24:533

Фиалко Наталия Михайловна

*доктор технических наук, профессор, член корреспондент НАН Украины,
Заслуженный деятель науки и техники Украины, заведующая отделом
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of NAS of Ukraine,
Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Head of the Department
Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

Прокопов Виктор Григорьевич

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

Prokopov Viktor

*Doctor of Technical sciences, Professor, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

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
National Academy of Sciences of Ukraine*

Меранова Наталия 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
National Academy of Sciences of Ukraine*

Алёшко Сергей Александрович

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Aleshko Sergey

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

*Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

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
National Academy of Sciences of Ukraine*

Малецкая Ольга Евгеньевна

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Maletska Olga

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

Клищ Андрей Владимирович

*младший научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Klishch Andriy

*Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

Дашковская Ирина Леонидовна

*младший научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Dashkovska Iryna

*Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕЧЕНИЯ В МИКРОФАКЕЛЬНЫХ
ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВАХ С ПЛАСТИНЧАТЫМИ
ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ПОТОКА
REGULARITIES OF FLOW IN MICROJET BURNER DEVICES WITH
PLATE TURBULATORS OF STREAM**

Аннотация. Представлены результаты компьютерного моделирования течения в стабилизаторном горелочном устройстве с

пластинчатыми турбулизаторами потока, расположенными на боковых поверхностях стабилизатора пламени.

Ключевые слова: *микрофакельные горелочные устройства, пластинчатые турбулизаторы потока, интенсификация теплообмена.*

Summary. *The results of computer simulation of the flow in the stabilizer burner device with plate flow turbulators located on the side surfaces of the flame stabilizer are presented.*

Key words: *microjet burner devices, plate flow turbulators, heat transfer intensification.*

Одним из эффективных способов интенсификации теплообмена в микрофакельных горелочных устройствах является применение различных турбулизаторов потока.

В данной работе приведены результаты исследования, касающиеся изучения закономерностей обтекания системы плоских стабилизаторов пламени с пластинчатыми турбулизаторами потока (ТП). При этом рассматривались ситуации, соответствующие как наличию турбулизаторов при различных значениях расстояния от ТП до газоподающих отверстий L_1 (рис. 1), так и отсутствию ТП.

Важность исследований характеристик течения в горелочных устройствах связана с тем, что последние в большей мере определяют особенности рабочих процессов этих устройств [1-15].

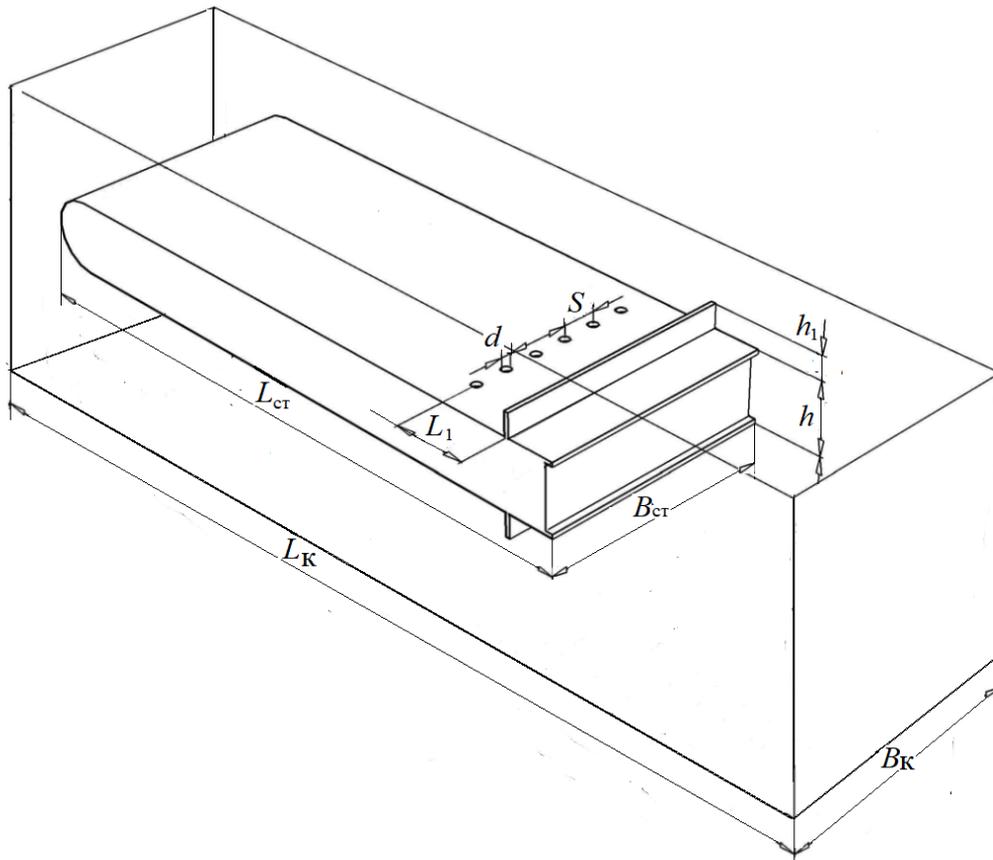


Рис. 1. Схема горелочного устройства стабилизаторного типа с турбулизирующими пластинами

Проводимые исследования базировались на серии численных экспериментов и соответствовали следующим исходным данным: длина стабилизатора $L_{ст} = 0,25$ м, ширина и высота стабилизатора соответственно $B = 0,08$ м, $h = 0,03$ м, диаметр газоподающих отверстий $d = 4 \cdot 10^{-3}$ м, относительный шаг расположения газоподающих отверстий $S/d = 3,33$, толщина турбулизатора потока $B_t = 0,0015$ м, средняя скорость воздуха во входном сечении $V_B = 7,85$ м/с, средняя скорость газа в выходном сечении газоподающего отверстия $V_{Г} = 46,7$ м/с, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,1$, температура газа на выходе из газоподающего коллектора $t_{Г} = 15^{\circ}\text{C}$, температура воздуха во входном сечении канала $t_B = 20^{\circ}\text{C}$

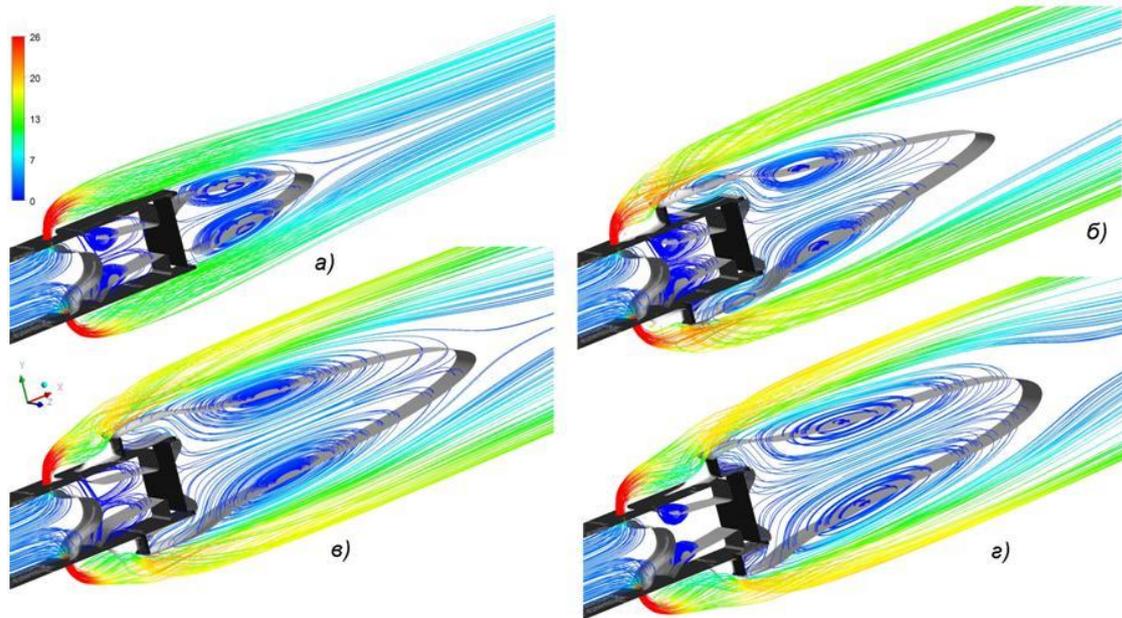


Рис. 2. Картина линий тока топлива и окислителя в плоском стабилизаторе пламени, без турбулизирующей пластины (а), и при ее наличии для различных значений расстояния от газоподающего отверстия до турбулизирующей пластины L_1 : (б) $L_1 = 2,0 \cdot 10^{-2}$ м, (в) $L_1 = 3,0 \cdot 10^{-2}$ м, (г) $L_1 = 4,0 \cdot 10^{-2}$ м

На рисунке 2 приведена картина линий тока для ситуации отсутствия и наличия пластинчатого турбулизатора при различных значениях величины L_1 ($L_1 = 2,0 \cdot 10^{-2}$ м, $3,0 \cdot 10^{-2}$ м, $4,0 \cdot 10^{-2}$ м). Как видно, в случае, когда на боковой поверхности стабилизатора установлены ТП, конфигурация вихревых зон существенно меняется. При этом для $L_1 = 2,0 \cdot 10^{-2}$ м имеют место четыре вихревые структуры – две структуры небольших размеров, генерирующиеся непосредственно за ТП, и две, существенно больших размеров, которые образуются в ближнем следе за стабилизатором. При приближении пластины к затупленной задней кромке стабилизатора, то есть при $L_1 = 3,0 \cdot 10^{-2}$ м и $4,0 \cdot 10^{-2}$ м, формируются общие вихревые структуры за ТП и срывной кромкой стабилизатора.

Что касается изменений в структуре течения в подобластях, которые расположены за пределами вихревых зон, то в первую очередь, следует отметить факт роста скорости потока в данных подобластях в условиях

наличия пластинчатого турбулизатора потока. Данный рост охватывает при этом тем большую подобласть, чем ближе расположен ТП к срывной кромке.

Следует особенно отметить, что при уменьшении расстояния L_1 между пластиной и газоподающими отверстиями дальнобойность газовой струи несколько возрастает.

Данные математического моделирования показали, что с увеличением расстояния L_1 , длина зоны обратных токов в ближнем следе за стабилизатором растет. При этом данный рост является существенным при увеличении L_1 от $2,0 \cdot 10^{-2}$ м до $3,0 \cdot 10^{-2}$ м (от $11,0 \cdot 10^{-2}$ м до $12,73 \cdot 10^{-2}$ м) и значительно меньшим – при увеличении L_1 от $3,0 \cdot 10^{-2}$ м до $4,0 \cdot 10^{-2}$ м (от $12,73 \cdot 10^{-2}$ м до $12,83 \cdot 10^{-2}$ м).

Рисунок 3 иллюстрирует распределение пульсаций скорости в фиксированных сечениях $y=const$. Как видно из рис. 3 а), вблизи торца стабилизатора пламени имеют место весьма высокие значения пульсаций скорости. При этом уровень пульсаций в указанной подобласти является наибольшим при $L_1 = 4,0 \cdot 10^{-2}$ м, то есть при приближении пластинчатого турбулизатора потока к срывной кромке стабилизатора. Здесь величина пульсаций скорости достигает 4,2 м/с.

В пределах зоны обратных токов, согласно полученным данным, пульсации скорости также существенно возрастают при установке ТП. Например, при наличии турбулизатора потока они достигают 4,2 м/с при $L_1 = 4,0 \cdot 10^{-2}$ м, а для случая, соответствующего стабилизатору без ТП, максимальные пульсации скорости составляют 2,3 м/с.

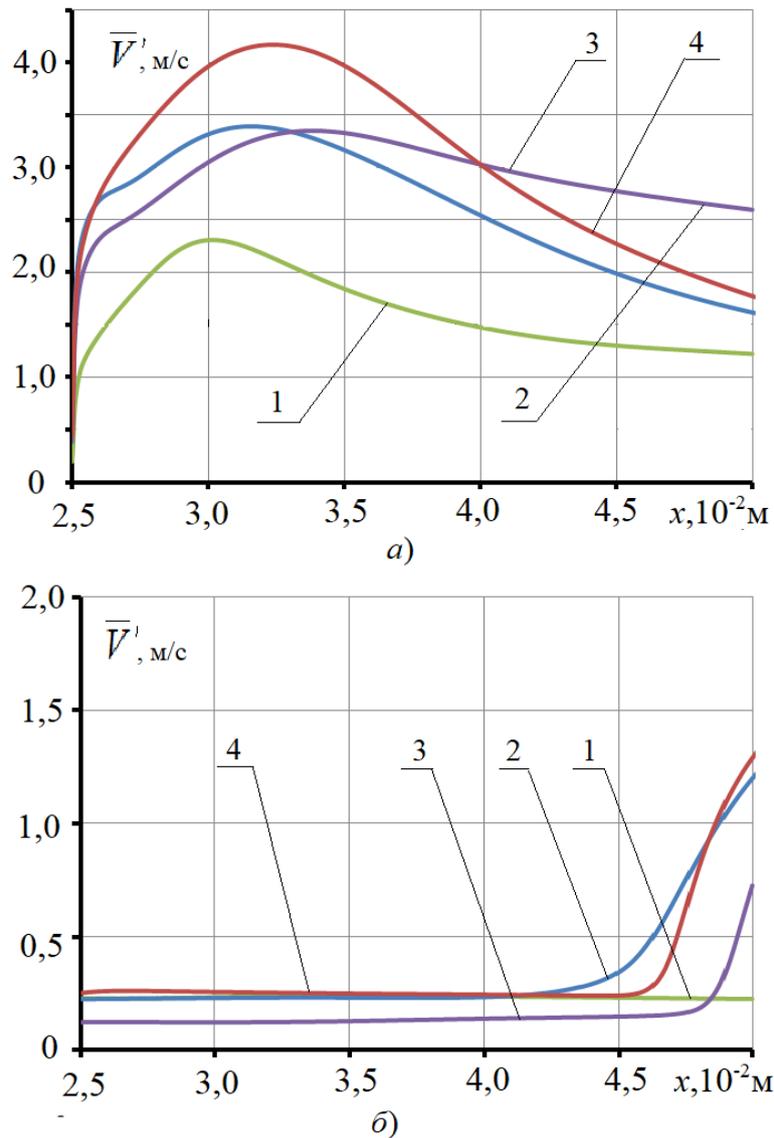


Рис. 3. Распределение пульсаций скорости $\bar{V}' = \left(\frac{1}{3} \cdot \overline{V_i' \cdot V_i'} \right)^{1/2}$ по длине канала за стабилизатором на линиях $y = 0, z = 0$ (а); $y=5,0 \cdot 10^{-2}$ м, $z = 0$ (б); для вариантов без турбулизирующей пластины (1), и при ее наличии для различных значений расстояния от газоподающего отверстия до турбулизирующей пластины L_1 : 2 – $L_1 = 2,0 \cdot 10^{-2}$ м, 3 – $L_1 = 3,0 \cdot 10^{-2}$ м, 4 – $L_1 = 4,0 \cdot 10^{-2}$ м

Результаты выполненных исследований показали, что при приближении пластинчатого турбулизатора потока к срывной кромке стабилизатора пламениот $L_1 = 2,0 \cdot 10^{-2}$ м до $3,0 \cdot 10^{-2}$ м наблюдается увеличение длины зоны обратных токов. Что касается пульсаций скорости,

то их уровень в зоне обратных токов в целом близок по величине при $L_1 = 2,0 \cdot 10^{-2}$ м и $3,0 \cdot 10^{-2}$ м. Дальнейшее приближение пластинчатого турбулизатора потока к срывной кромке от $L_1 = 3,0 \cdot 10^{-2}$ м до $L_1 = 4,0 \cdot 10^{-2}$ м практически не влияет на размеры зоны обратных токов. Однако при этом существенно возрастают уровни пульсаций скорости, как в пределах зоны обратных токов, так и в прилегающих к границе этой зоны подобластях.

Литература

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. 2, №8 (74). С.29-34.
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. Математическое моделирование процессов течения и смесеобразования в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве. Восточно-европейский журнал передовых технологий 2014. 3, №8(69). С. 40-44.
3. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Алешко С.А., Меранова Н.О., Абдулин М.З., Бутовский Л.С., Миргородский А.Н. Компьютерное моделирование процессов переноса в системах охлаждения горелочных устройств стабилизаторного типа. Промышленная теплотехника. 2012. 34, № 1. С. 64-71.
4. 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.
5. 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. Вип. 24.5. С. 136-142.
 6. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алёшко 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. 28, № 8. С. 117-121.
 7. Фиалко Н.М., Шеренковский 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. Вип. 24.6. С. 114-121.
 8. 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). P. 37-43.
 9. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Тимощенко А.Б., Абдулин М.З., Бутовский Л.С. Эффективность систем охлаждения горелочных устройств струйно-стабилизаторного типа. Технологические системы. 2012. № 1. С.52-57.

10. Бутовский Л.С., Грановская Е.А., Фиалко Н.М. Устойчивость факела за плоским стабилизатором при подаче газа внедрением в воздушный поток. Технологические системы. 2010. №3(52). С. 72-76.
11. 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. 41. №4. С. 13-18.
12. Fialko N., Meranova N., Shrenkovskii Ju., Aleshko S., Rokytko K. Flow structure in a stabilizer burner with one-sided fuel supply. Міжнародна мультидисциплінарна конференція «Наука і техніка сьогодення: пріоритетні напрямки розвитку України та Польщі», м. Воломін, 19-20 жовтня 2018 р. Р. 112-115.
13. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Майсон М.В., Шеренковський Ю.В., Іваненко Г.В., Абдулін М.З., Ольховська Н.М., Швецова Л.А., Дончак М.І., Бутовський Л.С. Особенности течения и смесеобразования в микрофакельных цилиндрических горелочных устройствах различной мощности. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2014. 194/3. С. 94-101.
14. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Абдулин М.З., Коханенко П.С. Математическое моделирование структуры течения при микрофакельном сжигании топлива. Материалы XVIII межд. конференции «Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики», Ялта 10-14 июня 2008. Киев, 2008. С. 112-114
15. Fialko N.M., Prokopov V.G., Alyoshko S.A., Sherenkovskiy Ju., Meranova N.O., Polozenko N.P., Maleckaja O.E. Performance analysis of cooling

stabilizing burners for different stress boiler unit. Теорія і практика будівництва. 2013. №756. Р. 43-46.