Технічні науки

UDC 621.1.016:621.184

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

Sherenkovskiy Julii
Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Meranova Nataliia
Candidate of Technical Sciences,
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Klishch Andrii
Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Rokytko Kostiantyn
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Khmil Dmitro
PhD, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Misiura Tymofii
PhD, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Melnichenko Taras
Graduate Student of the
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Siryi Alexander
Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine,
Associate Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Gladkov Danylo
Master's Student of the
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

FEATURES OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE ACTIVE COMBUSTION ZONE IN MICRO-JET TYPE BURNERS

Summary. *The results of a study examining the dependence of the combustion zone thermal state and fuel burnout on the characteristics of a micro-jet burner with a multi-row fuel feed are presented at a constant equipment heat output. An analysis of the influence of these characteristics on the distribution of the average enthalpy temperature, the fuel burnout coefficient, and the temperature non-uniformity coefficient along the channel is conducted.*

Key words: *micro-jet burner, flat flame stabilizer, computer modeling, fuel burnout coefficient, average enthalpy temperature*

Introdaction. A promising modification of stabilizing micro-jet burners is characterized by low burner pressure losses, a high degree of combustion zone homogenization, and improved stabilization properties. This article examines a modification of such devices with a multi-row fuel supply system, which are designed for use at various excess air coefficients, and examines the situation with a constant heat output of the power plant, which is typically observed in the operation of boiler plants and other fire-fighting facilities. Mathematical and computer modeling are widely used in the study of fuel combustion processes [1-25]. In the presented work, the study of the working processes of a new modification of micro-jet burners was carried out on the basis of computer modeling.

The design of the burner units discussed in this article is based on a modular principle and, by connecting a certain number of burner modules, allows for the required power output of such units to be achieved. A single burner module was considered in the simulation.

A separate burner module consists of a flat flame stabilizer located in the channel at a distance from the channel walls. Fuel supplied to the flame stabilizer enters one of three sections (I, II, III), separated from one another. Each section delivers fuel gas at a specific excess air ratio within a specified range. A three-row system of round holes is located on the side surfaces of the flame stabilizers, through which gas is fed directly into the oxidizer flow. This fuel delivery system allows for the regulation of the fuel mixture composition within the flame stabilization zone.

The results of studies of the combustion zone thermal state and fuel burnout for a constant equipment heat output are presented in Figures 1–4. The presented data indicate that, in general, the temperature levels in the channel are

higher, the lower the number of the corresponding row of gas supply holes. Beyond the recirculation zone, an increase in temperature is observed downstream as fuel gas is supplied to all rows of gas supply holes. In the recirculation zone, relatively high temperatures are observed for the first and second rows of gas supply holes, and when fuel is supplied to the third section, the temperature in this zone decreases significantly. Clearly, the combustion zone thermal state characteristics for the first and second rows of fuel supply are quantitatively and qualitatively similar. For fuel supply to the third row, this state exhibits certain differences.

The temperature variation in the channel along the *x*-axis for the three fuel supply situations studied is illustrated in Figure 1. When fuel gas is supplied to the third row of gas supply holes, a significantly lower temperature level is observed along this axis. As for the temperature levels when fuel is supplied to the second and first sections, their differences are relatively insignificant. This complex temperature behavior in the recirculation zone, namely the presence of localized extremes, is clearly related to the vortex structure of combustion product movement.

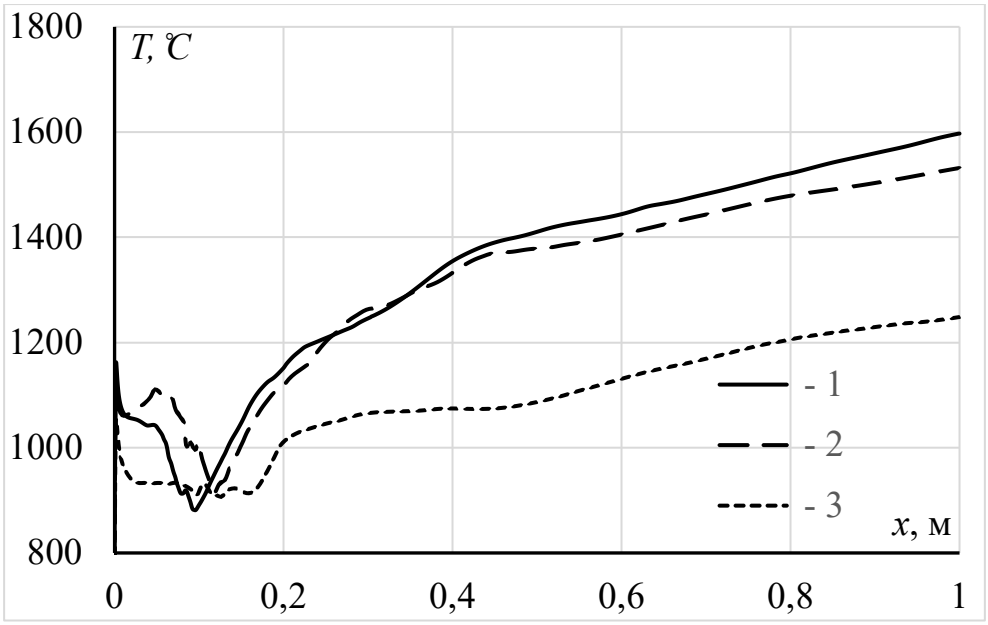

Fig. 1. Distribution of temperature *T* along the length of the channel behind the flame stabilizer on the axis of the stabilizer in the plane passing through the axis of the gas supply holes, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections

Regarding the distribution of the average enthalpy temperature along the channel, the situation under consideration is localized in terms of this temperature level as follows: the highest level corresponds to the first fuel supply row, the lower to the second, and the lowest to the third (Fig. 2). Moreover, the temperature differences for the first and second rows are somewhat smaller than those for the second and third. It should be noted that in this section of the channel, the temperature T^c does not clearly approach constant values.

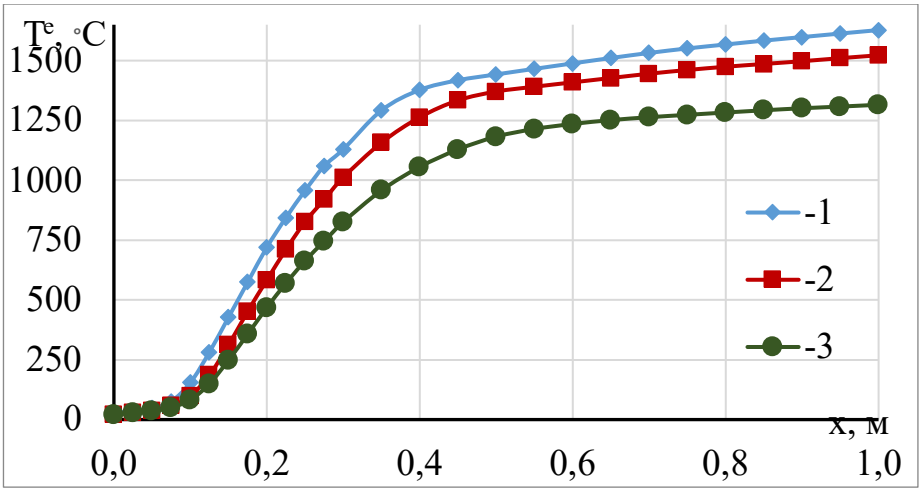

Fig. 2. Distribution of the average enthalpy temperature *T* along the length of the channel behind the flame stabilizer, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections at a constant heat output of the equipment

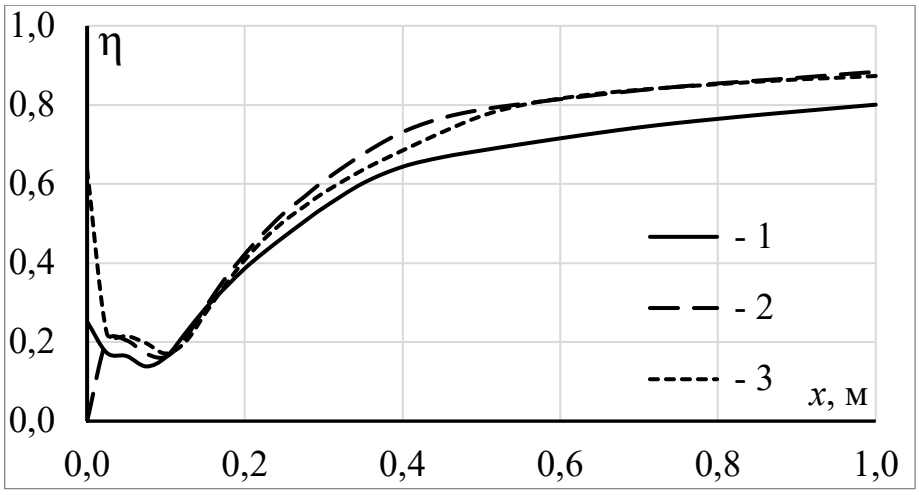

Fig. 3. Distribution of the fuel burnout coefficient *η* along the length of the channel behind the flame stabilizer, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections at a constant heat output of the equipment

The change in the fuel burnout coefficient η along the x-axis is illustrated in Fig. 3. According to the data obtained, the lowest η values correspond to fuel injection into the first section. When fuel gas is supplied to the second and third sections, the η values are somewhat higher and similar in magnitude.

It is noteworthy that there is a certain correlation in the behavior of the burnout coefficient η and the average enthalpy temperature T^e. A higher value

of T^e for the first row of fuel supply corresponds to a lower value of η. Smaller, close in magnitude, temperatures T^e for the second and third rows of fuel gas supply correspond to higher values of η.

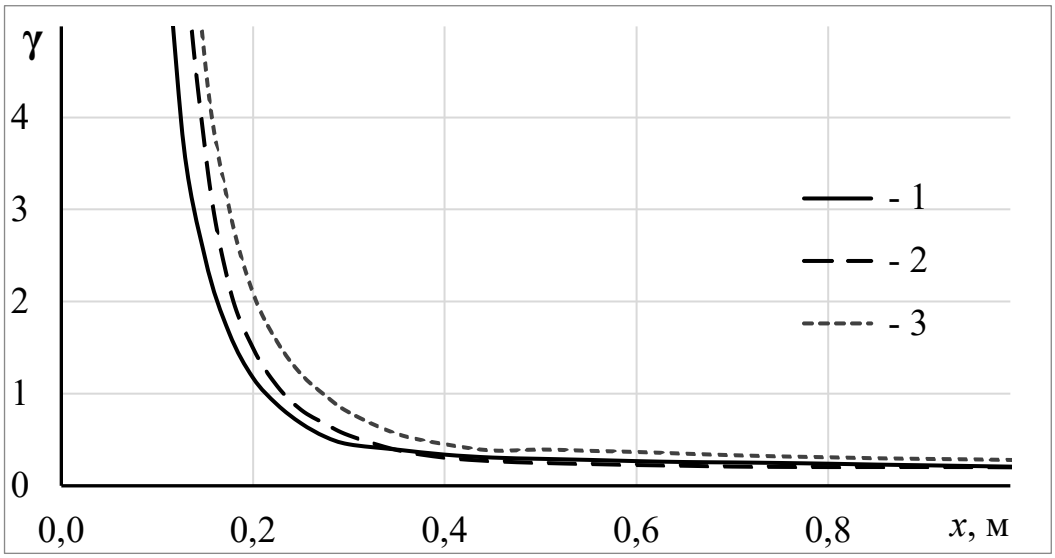

Fig. 4. Distribution of temperature unevenness γ along the length of the channel behind the flame stabilizer, when fuel is supplied to the first (1), second (2) and third (3) sections at a constant heat output of the equipment

Figure 4 shows research data on the behavior of the temperature non-uniformity coefficient γ along the channel x. As can be seen from the graph, the differences in γ values for situations corresponding to different fuel supply rows are relatively insignificant. Moreover, the highest γ levels occur when fuel gas is supplied to the third section, and the lowest – to the first.

Conclusions. Studies of the dependence of the combustion zone thermal state and fuel burnout on the burner device characteristics at constant equipment thermal output have shown that the lower the row number of gas supply holes, the higher the overall channel temperature levels. The highest values of the temperature non-uniformity coefficient γ along the channel x, occur when fuel gas is supplied to the third fuel supply section. Regarding the distribution of the average enthalpy temperature along the channel, its highest level corresponds to

the first fuel supply row, lower values correspond to the second, and the lowest values correspond to the third.

References

1. Fialko N., Meranova N., Sherenkovskii Ju., Aleshko S., Prokopov V., Abdulin M., Babak V., Korzhyk V., Zhelykh V., Khaskin V. Establishment of regularities of isothermal flow and mixture formation in microjet burners with three-row jet fuel supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2022. 6(8 (120). С. 65-72. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.267891

2. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Меранова Н.О., Рокитько К.В. Структура течії в пальникових пристроях з асиметричним паливорозподіленням для реагуючих потоків та ізотермічних умов. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2020. № 1. С. 19-26.

3. Абдулін М.З., Фіалко Н.М., Тимощенко О.Б., Сірий О.А., Шеренковський Ю.В., Мілко Є.І., Озеров А.А., Кліщ А.В., Ольховська Н.М., Швецова Л.Я. Температурні режими зон зворотних токів у ближньому сліді циліндричних стабілізаторів полум'я. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2018. Т. 28, № 3. С. 97–100.

4. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Тимощенко О.Б., Альошко С.О., Абдулін М.З. Теплофізичні засади спалювання газу в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я. Миколаїв: СПД Румянцева Г.В., 2021. 118 с.

5. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Меранова Н.О., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Кутняк О.Н. Влияние высоты пластинчатых турбулизаторов потока на характеристики течения в микрофакельных горелочных устройствах. *Енергетика і автоматика*. 2021. № 3. С. 51-61.

6. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Полозенко Н.П., Чехаровська М.І., Дашковська І.Л., Хміль Д.П., Кліщ А.В., Попружук І.О. Ефекти впливу номеру ряду струменевої подачі палива на характеристки течії і сумішоутворення в мікрофакельних пальникових пристроях. *МНЖ журнал "Інтернаука".* 2023. № 6(140). С. 65-70.

7. Siryi O., Abdulin M., Bietin Y., Kobylianska O., Magera A. Study of Gas-Burning Systems Emission Characteristics Due Hydrocarbon Fuels Combustion. In: Zaporozhets, A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy V. Studies in Systems, Decision and Control, vol. 481. 2023. Springer, Cham. P. 751-766.

8. Фіалко Н. М., Шеренковський Ю.В., Прокопов В.Г., Меранова Н. О., Сірий О.А., Полозенко Н.П., Місюра Т.О., Хміль Д.П., Бєтін Ю.О., В., Кліщ А.В. Дослідження особливостей течії в закормовій області стабілізаторів мікрофакельних пальників. *МНЖ журнал "Інтернаука".* 2024. № 11. С. 96-100. https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-11-10438

9. Фіалко Н.М., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О., Юрчук В.Л., Полозенко Н.П., Рокитько К.В., Дашковська І.Л., Ганжа М.В., Сороковий Р.Я. Особливості течії і теплообміну у внутрішній порожнині стабілізатора полум'я за наявності та відсутності ніш на його бічних поверхнях. *МНЖ журнал "Інтернаука".* 2021. № 16. С.78-83. https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-16-7654

10. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Тимощенко О.Б., Альошко С.О., Абдулін М.З. Теплофізичні засади спалювання газу в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я. *Інститут технічної теплофізики НАН України.* Миколаїв: СПД Румянцева Г.В., 2021. 118с.

11. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Алешко С.А., Полозенко Н.П., Малецкая О.Е., Клищ А.В.,

Дашковская И.Л. Закономерности течения в микрофакельных горелочных устройствах с пластинчатыми турбулизаторами потока. *МНЖ журнал "Інтернаука"*. 2021. № 9(109). С. 62-67. https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-9-7407

12. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Кліщ А.В., Альошко С.О., Прокопов В.Г., Абдулін М.З., Полозенко Н.П., Кутняк О.М. Ольховська Н.М. Закономірності течії в пальниках з трирядною паливоподачею. *Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики.* К.: ІВЦ АЛКОН НАН України, 2024. С. 92-99.

13. 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. https://doi.org/10.29010/084.3

14. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Альошко С.О. Аеродинаміка і сумішоутворення в пальниках з багаторядною струменевою системою паливоподачі. *Теплофізика та теплоенергетика.* 2023. № 2. С. 34-44. https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.4

15. 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.

16. 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. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24895

17. Fialko N., Sherenkovskii Ju, Meranova N., Aleshko S., Rokitko K. CFD modeling of microjet combustion processes with asymmetric fuel supply / Improvement of scientific approaches to the development of engineering: collective monograph. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 2022. P.417-428.

18. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovsky Yu.V., Aleshko S.A., Hanzha M.V., Polozenko N.P., Maletskaya O.E., Kutniak O.N., Regragui A., Donchak M.I. Mathematical modeling of temperature regimes of burners of stabilizer type with thermo-barrier coatings. *Технологические системы*. 2018. 2(38). С. 41-47.

19. 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. http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/60617

20. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Альошко С.О., Хміль Д.П., Кліщ А.В., Місюра Т.О., Сірий О.А., Бєтін Ю.О., Дашковська І.Л. Порівняльний аналіз математичних моделей течії і сумішоутворення при мікрофакельному спалюванні палива. *МНЖ журнал "Інтернаука"*. 2024. № 10. С. 69-74. https://doi.org/10.25313/2520-2057-2024-10-10354

21. Фіалко Н.М., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В., Абдулін М.З., Альошко С.О., Рокитько К.В. Моделювання процесів горіння в мікрофакельних пальниках з асиметричним паливорозподілом. НАН України, Ін-т технічної теплофізики, НАН України. Київ, 2023. 212с.

22. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Алёшко С.А., Абдулин М.З., Рокитько 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.

23. 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.

24. 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. Т. 41, № 4. С. 13-18.

25. Fialko N.M., Prokopov V.G., Sherenkovsky Yu.V., Aleshko S.A., Hanzha M.V., Polozenko N.P., Maletskaya O.E., Kutniak O.N., Regragui A., Donchak M.I. Mathematical modeling of temperature regimes of burners of stabilizer type with thermo-barrier coatings. *Технологические системы*. 2018. 2(38). С. 41-47.