УДК 662.61:621

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

Aleshko Sergey
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Polozenko Nina
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

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

Abdulin Michael
Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine;
Professor
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Kutnyak Olha
Scientific Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Olkhovska Nina
Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Dashkovska Iryna
Junior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

FEATURES OF THE STRUCTURE OF FLOW AND MIXTURE FORMATION OF FUEL AND OXIDIZER IN BURNER DEVICES WITH FLOW TURBULATORS

Summary. *The article presents data from numerical studies of the effects of plate flow turbulators installed on the breakaway edge of the flame stabilizer on the transfer processes in a cylindrical stabilizer burner. The features of the fuel and oxidizer flow structure in the presence and absence of flow turbulators are discussed. The calculation results concerning the features of mixture formation processes in the burner device under consideration are analyzed. The data from computational experiments concerning the effect of plate flow*

turbulators on hydraulic losses in a cylindrical stabilizer-type burner device are presented.

Key words: *cylindrical stabilizer burner, plate flow turbulator, CFD modeling.*

Introdaction. Intensification of working processes in stabilizer burners is an important way to increase the efficiency of fuel combustion. Various methods of intensification are used, such as the use of niches, the echeloning of stabilizers [1-18]. The presented work considers the use of such an intensification method as the installation of plate flow turbulators. It is proposed to study a cylindrical burner device of the stabilizer type with fuel supply through a system of holes on the side surface of the stabilizer into the oxidizer flow. The choice of this burner device as an object of research is due to the growing needs of energy practice in the use of these devices, the scope of implementation of which is low-power fire engineering facilities.

Statement of the problem and results of the research.

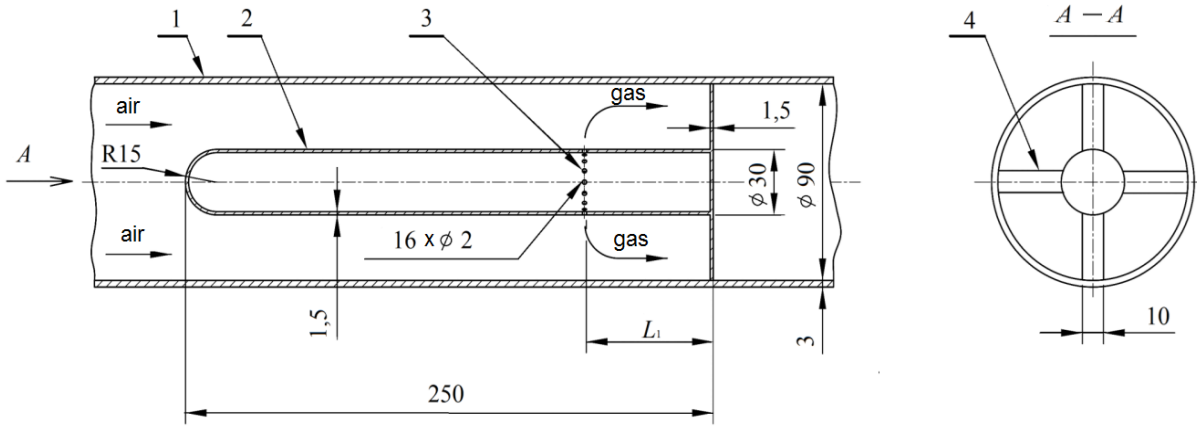

Fig. 1. Longitudinal section of a cylindrical stabilizer burner with plate flow turbulators:
1 – cylindrical channel; 2 – cylindrical flame stabilizer; 3 – gas supply holes; 4 – plate turbulator

The geometric characteristics of the burner device with flow turbulators under consideration are shown in Fig. 1. The following values were taken as the initial data for the research: distance L_1 from the gas supply holes to the breakaway edge of the flame stabilizer – 0.06 m; gas (methane) flow rate 10 m^3/hour; excess air coefficient was 1.1; absolute temperature of gas and air – 300 K; the intensity of flow turbulence at the burner inlet was taken to be 3%.

The following research results were obtained using the FLUENT software package.

Let us consider the patterns of fuel and oxidizer flow in a cylindrical stabilizer burner device with and without plate flow turbulators on its breakaway edge. According to the results of mathematical modeling, the installation of plate turbulators on the stall edge of the stabilizer leads to a significant change in the structure of the fuel and oxidizer flow (Fig. 2).

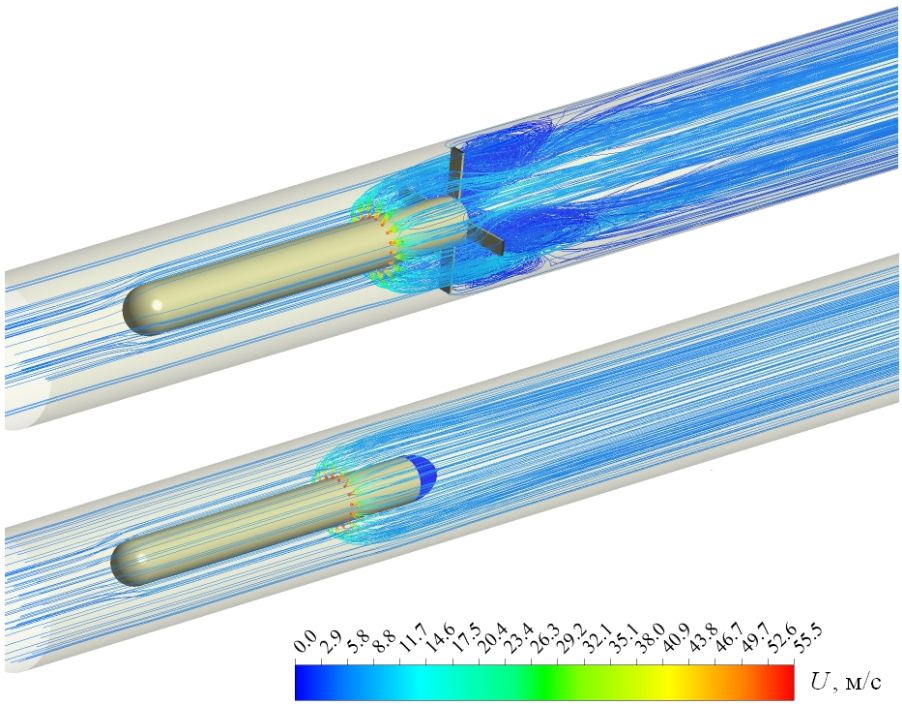

Fig. 2. Streamlines in the presence (a) and absence (b) of plate flow turbulators

Thus, behind each of them, recirculation zones arise, the sizes of which significantly exceed the size of the recirculation zone in the stern region of the

stabilizer, both in the case of the presence and absence of turbulators. As can be seen from Fig. 3, when using turbulators, the length of the reverse current zone behind the stabilizer increases almost 1.5 times, and the maximum flow velocity in this zone increases by 1.3 times. Thus, the installation of plate turbulators has a favorable effect on the conditions of flame stabilization due to the increase in the size of the reverse current zone, as well as an increase in the value of the maximum flow velocity in it.

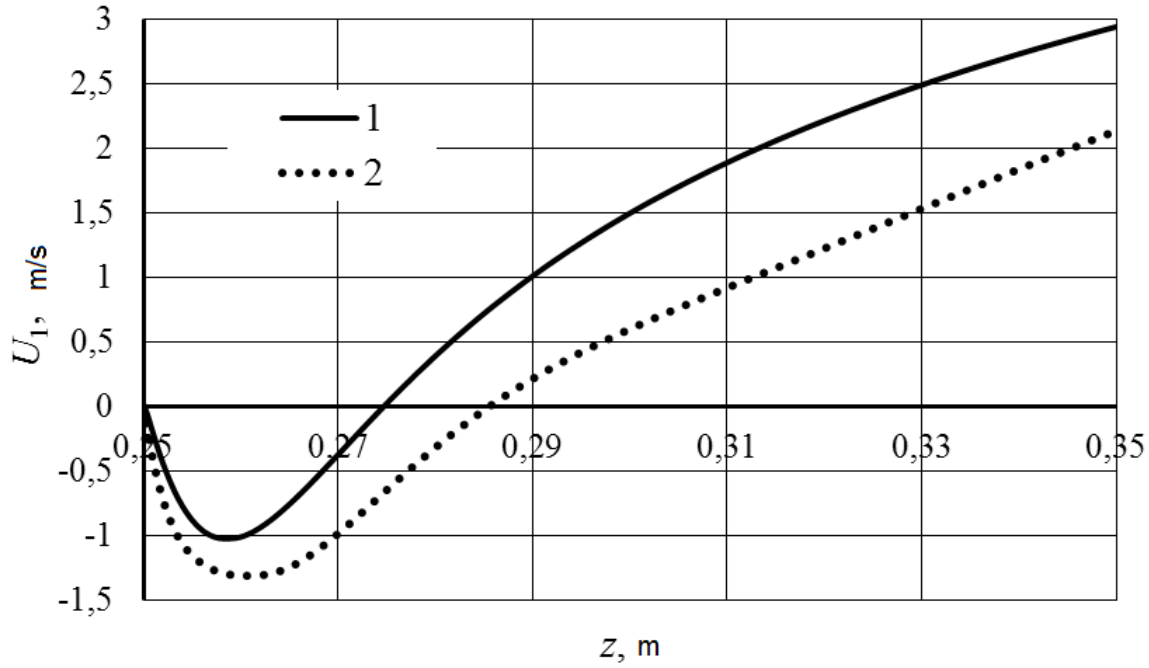

Fig. 3. Distribution of the axial velocity component along the axis of the turbulent wake behind a cylindrical flame stabilizer in the absence (1) and presence (2) of flow turbulators

According to the data obtained from the computational experiments, with the plate turbulators installed, there is a significant increase in the flow turbulence intensity levels *I* compared to the situation without them (Fig. 4, where the solid lines correspond to the boundaries of the reverse flow zones). Thus, in the cross section of the burner device corresponding to the stall edge of the stabilizer, with the turbulators installed, the maximum values of *I* reach 58% (Fig. 4. a), b), which is 1.8 times higher than the corresponding values for the

situation when the burner is not equipped with flow turbulators. The differences in the maximum values of turbulence intensity ΔI_{max} decrease with increasing distance from the stall edge of the flame stabilizer downstream. In the cross sections z=0.25 m; 0.27 m, the ΔI_{max} values are 32%; 20%.

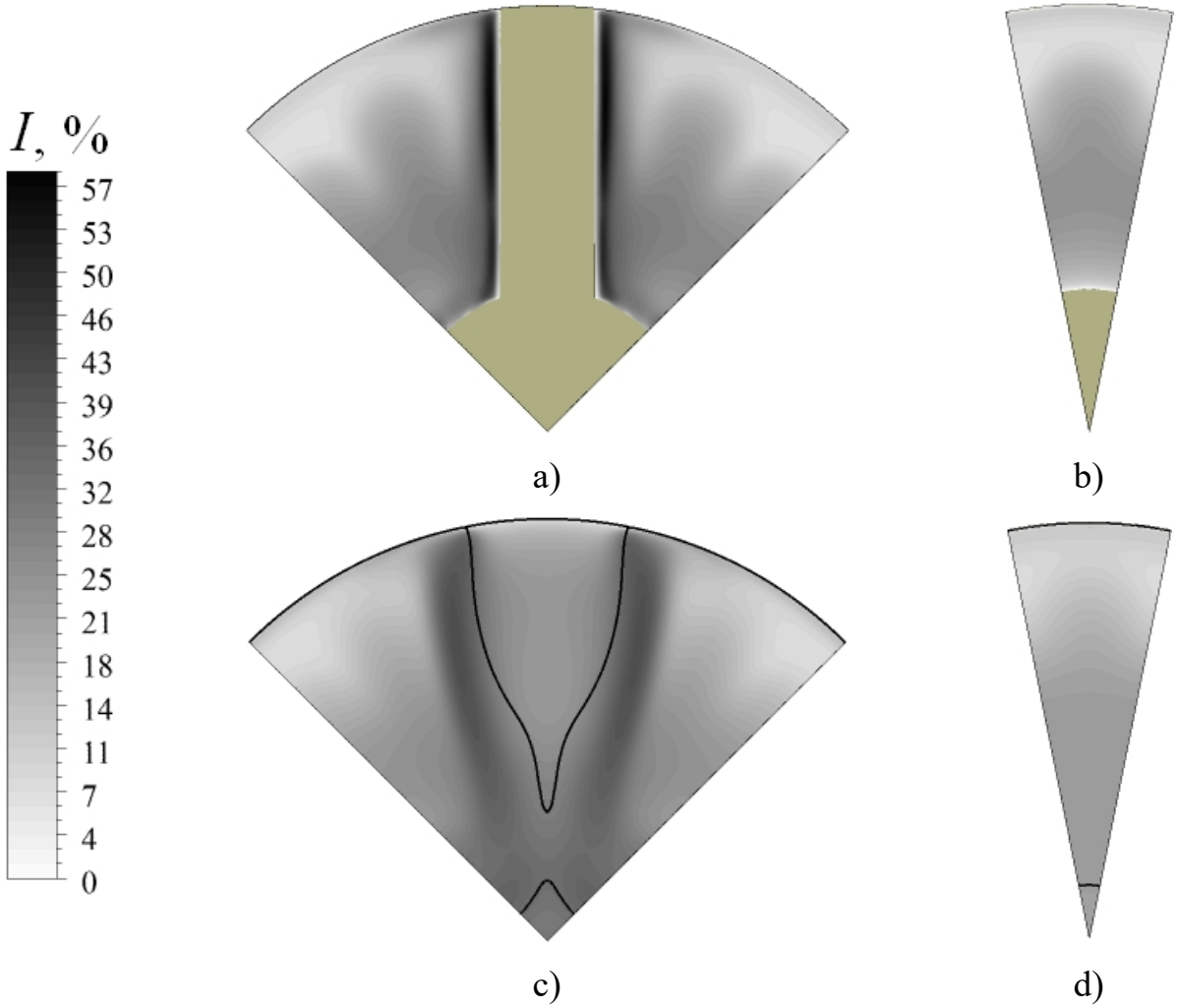

Fig. 4. Turbulence intensity fields in the presence (a), (c) and absence (b), (d) of flow turbulators in the cross sections of the burner z = const, located on the stall edge of the stabilizer and downstream of it: a), b) – z = 0.25 m (stall edge of the stabilizer); c), d) – z = 0.27 m

The highest values of *I* are observed directly behind the turbulators; on the axis of the turbulent wake behind the cylindrical stabilizer, these values are significantly smaller. As can be seen from Fig. 5, here, in the presence of a

turbulator, the value of *I* does not exceed 31%, and in its absence - 22%. The obtained results of mathematical modeling also showed that the installation of turbulators causes a relatively insignificant increase in pressure losses in the burner device. In the absence and presence of flow turbulators, they are equal to 11.4 Pa and 24.9 Pa, respectively.

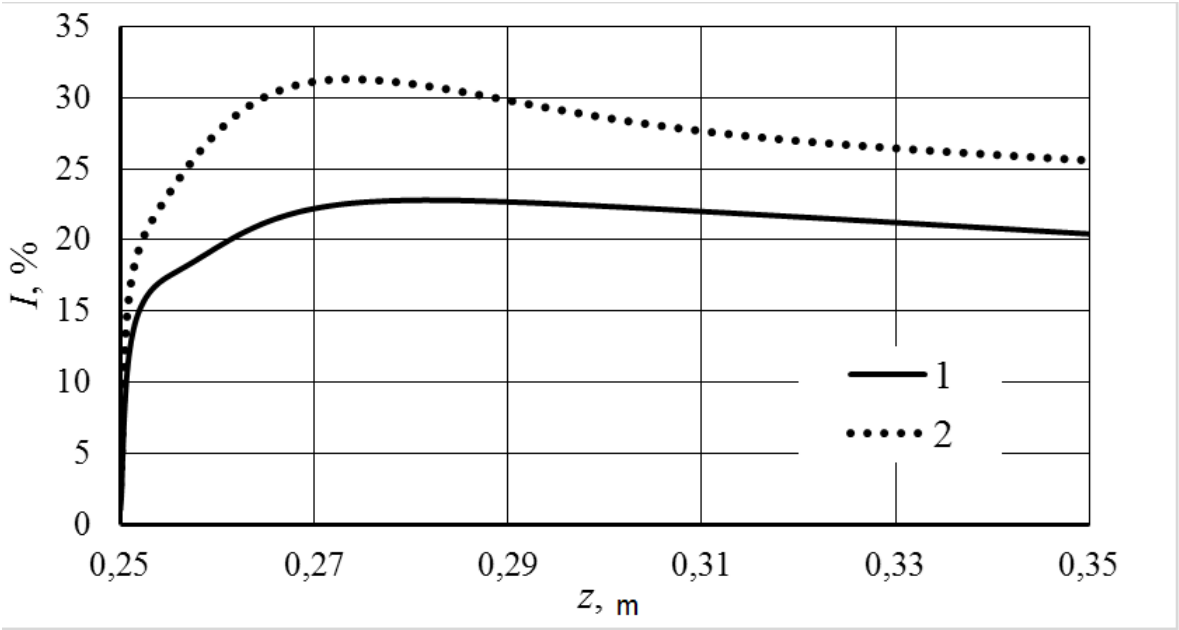

Fig. 5. Distribution of turbulence intensity along the axis of the turbulent wake behind a cylindrical stabilizer in the absence (1) and presence (2) of flow turbulators

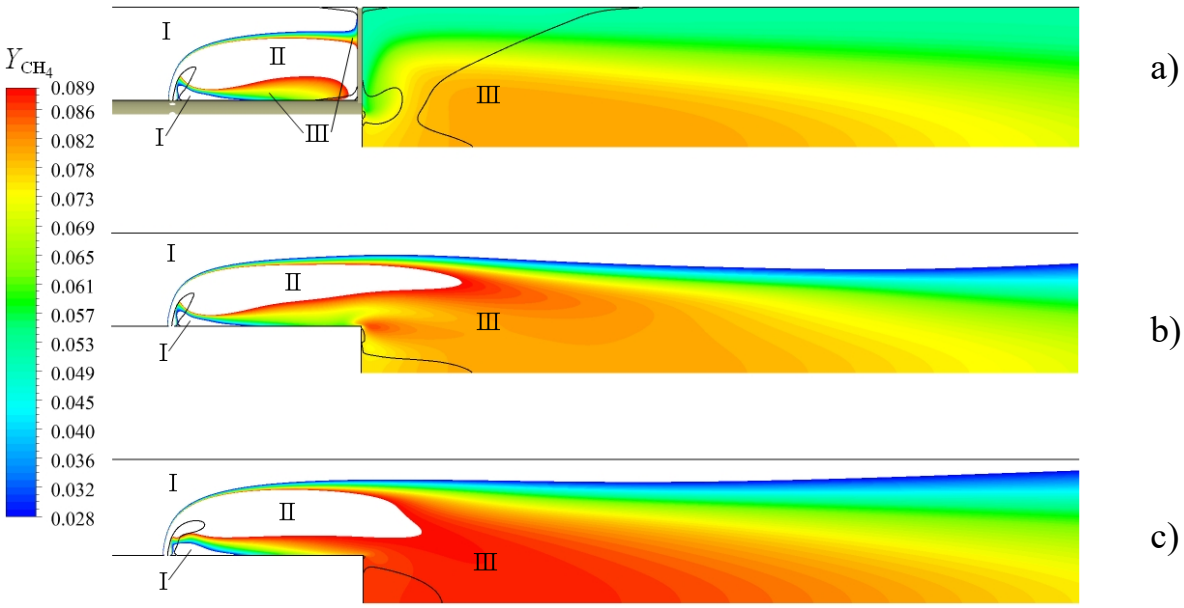

Fig.6. Fields of methane mass concentration in the presence (a), (b) and absence (c) of flow turbulators in the longitudinal section φ = 0° (a), (c) and φ = 45° (b)

Thus, the installation of plate flow turbulators on the breakaway edge of the flame stabilizer ensures significant flow turbulization with a relatively small increase in the hydraulic resistance of the burner device.

The results of the study, illustrating the features of fuel and oxidizer mixture formation in a cylindrical stabilizer burner device with and without plate flow turbulators, are presented in Fig. 6 – 7 (solid lines indicate the boundaries of reverse flow zones). Here, zones I and II correspond to the methane content in the mixture below the lower and above the upper concentration limits of ignition, respectively. In zone III, the fuel and oxidizer mixture is within the concentration limits of ignition.

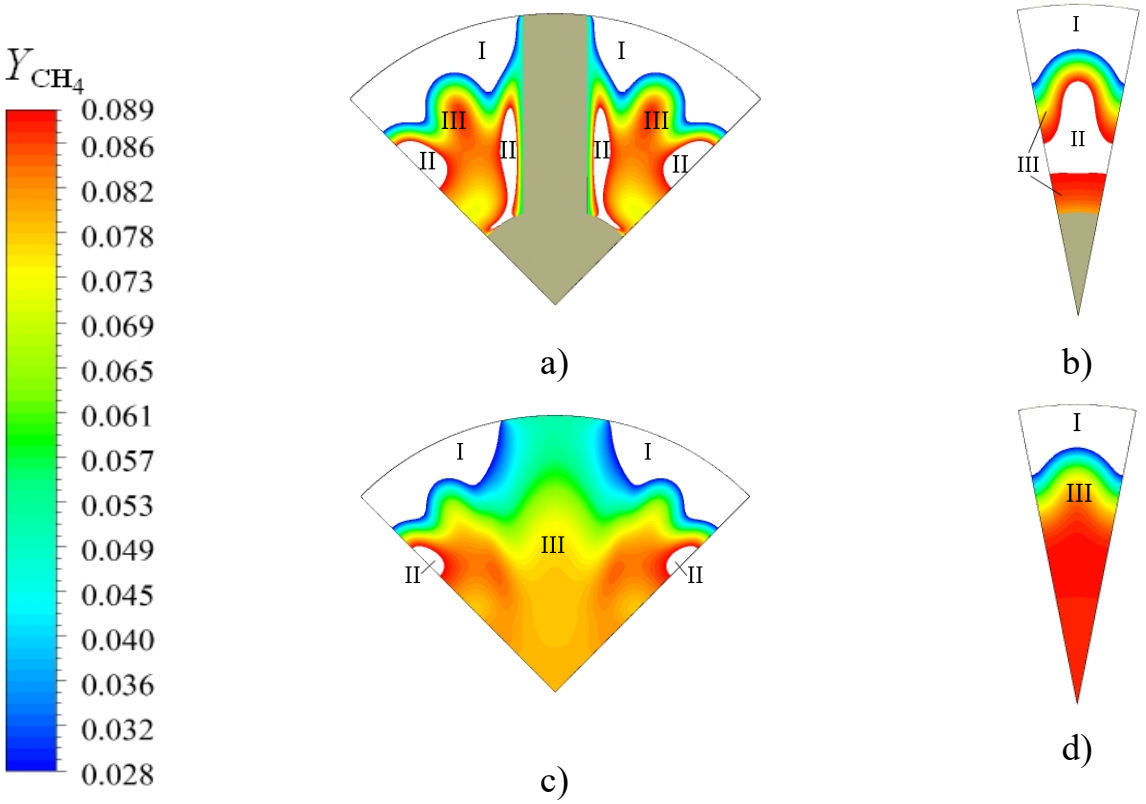

Fig. 7. Fields of methane mass concentration in the presence (a), (c),) and absence (b), (d) of flow turbulators in the cross sections of the burner z = const, located on the stall edge of the stabilizer and behind it: a), b) – z = 0,25 m (stabilizer breakaway edge); c), d) – z = 0,27 m

As can be seen from Fig. 6, in the recirculation flow zone in the near wake behind the stabilizer in both situations under consideration, the required concentration limits of the combustible mixture are provided, which is a necessary condition for flame stabilization. The data presented in Fig. 7 indicate that behind the flow turbulator a zone of significant size is formed, in which the fuel mixture is within the concentration limits of ignition.

Thus, when installing turbulators, both flow turbulence and a corresponding intensification of mixture formation processes are observed.

Conclusions. An analysis was conducted of the possibilities of intensifying the flow and mixture formation in cylindrical burners by installing plate flow turbulators on the stall edges of the stabilizer.

It is shown that:

- when installing turbulators, significant turbulence of the flow and intensification of mixture formation processes are observed in accordance with the turbulence of the fuel and oxidizer flow;

- pressure losses in the burner are relatively small and amount to 13.5 Pa for the situation under study, which is due to the presence of flow turbulators.

References

1. Фиалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Алёшко С.А., Полозенко Н.П., Малецкая О.Е., Клищ А.В., Дашковская И.Л. Закономерности течения в микрофакельных горелочных устройствах с пластинчатыми турбулизаторами потока. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2021. № 9. С. 72-76.

2. 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.

3. 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. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».* 2023. № 6(140). С. 65-70.

4. 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.

5. Фиалко Н.М., Бутовский Л.С., Прокопов В.Г. и др. Компьютерное моделирование процесса смесеобразования в горелочных устройствах стабилизаторного типа с подачей газа внедрением в сносящий поток воздуха. *Промышленная теплотехника*. 2011. Т. 33, № 1. С. 51-56.

6. Бутовський Л.С., Фіалко Н.М., Прокопов В.Г. та ін. Експериментальні дослідження структури течії у пальникових пристроях стабілізаторного типу з застосуванням кутових турбулізаторів потоку. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: материалы XXII межд. конференции*, Ялта 8-12 июня 2012 г. Киев, 2012. С. 141-145.

7. Фіалко Н.М., Альошко С.А., Ракитько К.В. та ін. Дослідження характеристик течії в системі плоских стабілізаторів полум'я з пластинчастими турбулізаторами потоку. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: материалы XXI межд. конференции*, Ялта 7-11 июня 2011 г. Киев, 2011. С. 175-177.

8. Фіалко Н.М., Альошко С.А., Майсон М.В. та ін. Особливості структури течії в решітці стабілізаторів полум'я з полум'яперекидними перемичками. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: материалы XXI межд. конференции*, Ялта 7-11 июня 2011 г. Киев, 2011. С. 183-187.

9. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Бутовський Л.С., Шеренковский Ю.В., Алешко С.О., Меранова Н.О., Полозенко Н.П. Особенности течения топлива и окислителя при эшелонированном расположении стабилизаторов пламени. *Промышленная теплотехника*. 2011. № 2. С. 59-64.

10. Бутовский Л.С., Грановская Е.А., Фиалко Н.М. Строкин В.Н., Швецова Л.А. Повышение устойчивости факела при подаче газа в зону рециркуляции за стабилизатором. *Технологические системы*. 2011. № 3(56). С.74-81.

11. 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.

12. 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.* 2018. 28, № 3. С. 97-100.

13. Фіалко Н.М., Полозенко Н.П., Кутняк О.М., Тимощенко О.Б., Кліщ А.В., Реграгі А., Ганжа М.В. Моделювання турбулентних течій в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я за наявності прямокутних нішових порожнин. *Міжнародний науковий журнал Інтернаука.* 2020. № 12. С. 43-48.

14. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Прокопов В.Г., НП Полозенко, СА Алешко, ОЕ Малецкая, ЕИ Милко, АА Озеров, ОН Кутняк, ЛС Бутовский Особенности течения в микрофакельных горелках с подковообразным расположением стабилизаторов пламени. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2015. № 209 (1). С 191-199.

15. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Прокопов В.Г., Алешко С.А., Бутовский Л.С., Серий А.А., Новицкий В.С., Швецова Л.А. Особенности смесеобразования при эшелонированном расположении стабилизаторов пламени в микрофакельных горелочных устройствах. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов енергетики: Мат. XXI межд. конф.,* 7-11 июня 2011 г., Ялта.-Киев, 2011. С. 167-170.

16. Фіалко Н. М., Альошко С.О., Майсон М.В., Меранова Н.О., Бутовський Л.С., Малецька О.Є., Мілко Є.І., Озеров А.А. Математичне моделювання процесів переносу в мікрофакельних пальниках при застосуванні зрізаних інтенсифікаторів горіння. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов енергетики: мат. XXII межд. конф*., 8-12 июня 2012 г., Ялта.-Киев, 2012. С. 153-155.

17. Фіалко Н. М., Альошко С.О., Рокитько К.В., Майсон М.В., Новіцький В.С., Новаківський М.О., Іваненко Г.В., Ольховська Н.М. Вплив відстані між пластинчатим турбулізатором потоку і газоподавальними отворами на картину течії в стабілізаторному пальниковому пристрої. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов енергетики: мат. XXII межд. конф*., 8-12 июня 2012 г., Ялта.-Киев, 2012. С.. 165-168.

18. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Альошко С.О., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Полозенко Н.П., Малецька О.Є Вплив ширини стабілізатора на аеродинамічні та теплові характеристики систем охолодження мікрофакельних пальникових пристроїв. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2013. 23.7. С.83-87.