

Технічні науки

УДК 536.24:533

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
чл.-кор. НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Fialko Nataliia

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

Шеренковський Юлій Владиславович

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

Sherenkovskiy Julii

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

Прокопов Віктор Григорович

*доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Prokopov Viktor

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Меранова Наталія Олегівна

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

Meranova Nataliia

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

Сірий Олександр Анатолійович

*кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України;
доцент*

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Siryi Oleksander

*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"*

Полозенко Ніна Петрівна

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

Polozenko Nina

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

Місюра Тимофій Олексійович

*доктор філософії, науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Misiura Tymofii

*PhD, Research
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Хміль Дмитро Петрович

доктор філософії, молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Khmil Dmytro

PhD, Junior Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Бетін Юрій Олексійович

молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Betin Yurii

PhD, Junior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Кліщ Андрій Володимирович

молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України,

Klishch Andrii

Junior Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕЧІЇ В ЗАКОРМОВІЙ
ОБЛАСТІ СТАБІЛІЗАТОРІВ МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКІВ
STUDY OF FLOW CHARACTERISTICS IN THE AFTER EDGE
REGION OF MICROJET BURNER STABILIZERS**

Анотація. Наведено дані порівняльного аналізу характеристик течії в мікрофакельних пальникових пристроях за наявності і відсутності турбулізаторів потоку, що встановлені на їх задній кромці. Показано, що наявність пластинчастих турбулізаторів суттєво впливає на інтенсифікацію процесів сумішоутворення і вигорання палива.

Ключові слова. *Комп'ютерне моделювання, циліндричні стабілізатори полум'я, пластинчасті турбулізатори потоку, характеристики течії.*

Summary. *The article presents data from a comparative analysis of flow characteristics in cylindrical burner devices with and without flow turbulators installed on their trailing edge. It is shown that the presence of plate turbulators has a significant effect on the intensification of mixture formation and fuel burnout processes.*

Key words: *computer simulation, cylindrical flame stabilizers, plate flow turbulators, flow characteristics.*

Пальникові пристрої з циліндричними стабілізаторами полум'я орієнтовані на застосування у вогнетехнічних об'єктах відносно невеликої потужності. Такі пристрої досить просто інтегруються в конструкцію енергетичного обладнання, мають порівняно низьку металоємність тощо [1-4]. Однією з важливих модифікацій пальників з циліндричними стабілізаторами полум'я є пальники із пластинчастими турбулізаторами потоку, встановленими на затупленій задній кромці стабілізаторів. Дані турбулізатори використовуються з метою інтенсифікації процесів переносу в пальникових пристроях, що розглядаються.

Дана робота присвячена порівняльному аналізу картини течії в пальникових пристроях з циліндричними стабілізаторами полум'я за наявності та відсутності турбулізаторів потоку на їх зливних кромках.

На рис. 1 наведено схеми розглянутих пальникових пристроїв.

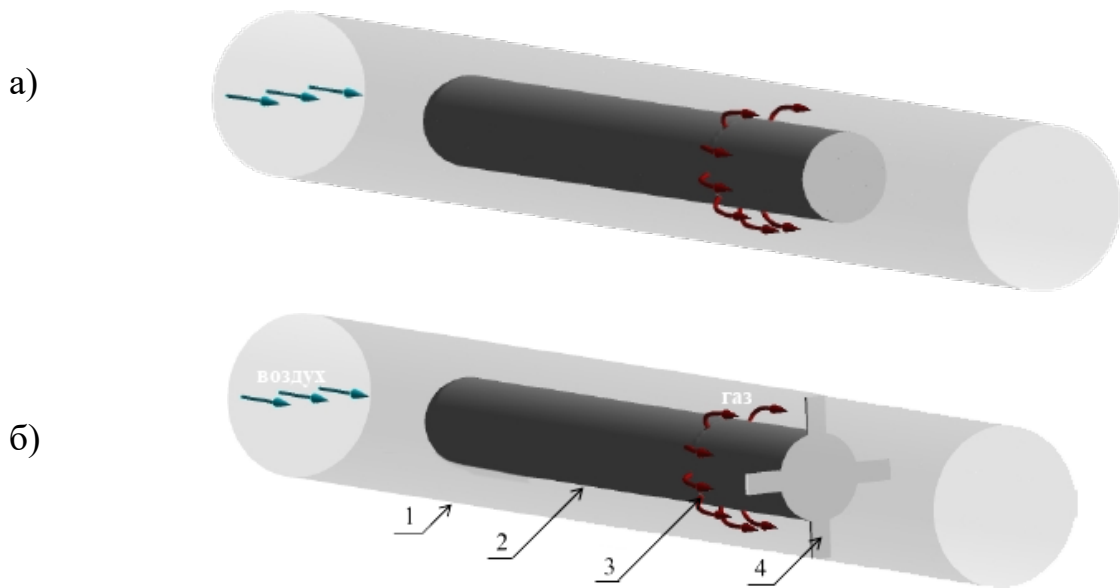


Рис. 1. Схеми різних модифікацій пальникових пристроїв із циліндричними стабілізаторами полум'я:

а) гладкі; б) із пластинчастими турбулізаторами потоку на зривних кромках стабілізаторів: 1 – циліндричний канал; 2 – циліндричний стабілізатор; 3 – газоподавальні отвори; 4 – пластинчасті турбулізатори потоку

У циліндричному каналі розміщено стабілізатор полум'я; на вхід каналу надходить повітря; природний газ подається в потік повітря через систему отворів, які розташовані на бічній поверхні стабілізатора.

Дослідження закономірностей течії в пальникових пристроях, що розглядаються, здійснювалося методом математичного моделювання з використанням програмного комплексу FLUENT.

Нижче на рис. 2, 3 представлені характерні результати комп'ютерного моделювання для пальникових пристроїв потужністю 110 кВт за таких значень вихідних параметрів: витрата природного газу – 11 м³/год; витрата повітря – 118,6 м³/год.; швидкість газу на вході в газоподавальні отвори – 33,27 м/с; швидкість повітря на вході до каналу – 11,25 м/с; зовнішній діаметр стабілізатора полум'я $d_{\text{ст}} = 0,04$ м; внутрішній діаметр каналу пальника $D = 0,073$ м; діаметр газоподавальних отворів $d = 0,003$ м; їх кількість – 13; відносний крок розташування газоподавальних

отворів $S/d = 3,22$; довжина стабілізатора $L_{\text{ст}} = 0,25$ м; відстань від затупленої задньої кромки до отворів $L_1 = 0,06$ м; кількість турбулізаторів – 4; ширина турбулізаторів $B_T = 9 \cdot 10^{-3}$ м.

Згідно з отриманими даними картина течії в пальникових пристроях з турбулізаторами потоку і без них суттєво відрізняється. Так, в останньому випадку реалізується зона циркуляції безпосередньо в закормовій області стабілізатора. В умовах, коли на зривній кромці стабілізатора встановлюються турбулізатори потоку, зона циркуляції за стабілізатором відсутня. Однак за кожним із турбулізаторів потоку формується зона циркуляційної течії. При цьому довжини цих зон більш ніж в 2,4 рази перевищують відповідну довжину зони в закормовій області стабілізатора полум'я.

Результати комп'ютерного моделювання свідчать також про те, що наявність турбулізаторів може призводити до значного підвищення рівня пульсацій швидкості. Цю обставину ілюструють, зокрема, дані, наведені на рис. 2. Тут для ситуацій, що зіставляються, наведено об'ємні поля середньоквадратичних значень пульсацій швидкості. Згідно з отриманими даними, максимальні рівні пульсацій швидкості за наявності турбулізаторів у 1,6 рази перевищують відповідні рівні пульсацій для пальників без турбулізаторів потоку.

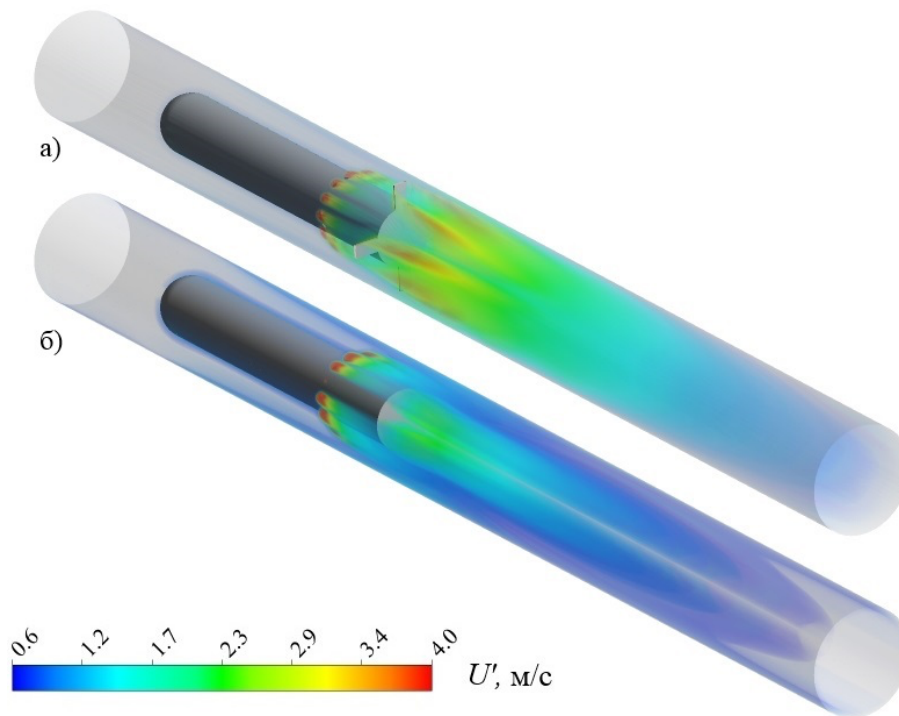


Рис. 2. Об'ємні поля середньоквадратичних пульсацій швидкості U' для циліндричного пальникового пристрою потужністю 110 кВт за наявності (а) та відсутності (б) турбулізаторів потоку

Рис. 3 ілюструє поля середньоквадратичних значень пульсацій швидкості в поперечних перерізах каналу для двох ситуацій, що зіставляються. Як бачимо, порівнювані поля пульсацій швидкості відрізняються як в якісному, так і у кількісному відношенні. За наявності турбулізаторів зони з підвищеними рівнями пульсацій стежать за місцем розташування чотирьох турбулізаторів потоку, точніше за положенням меж зон циркуляційної течії за даними турбулізаторами. У разі відсутності турбулізаторів ці зони знаходяться в центральній частині каналу і відповідають зоні циркуляції в закормовій області стабілізатора.

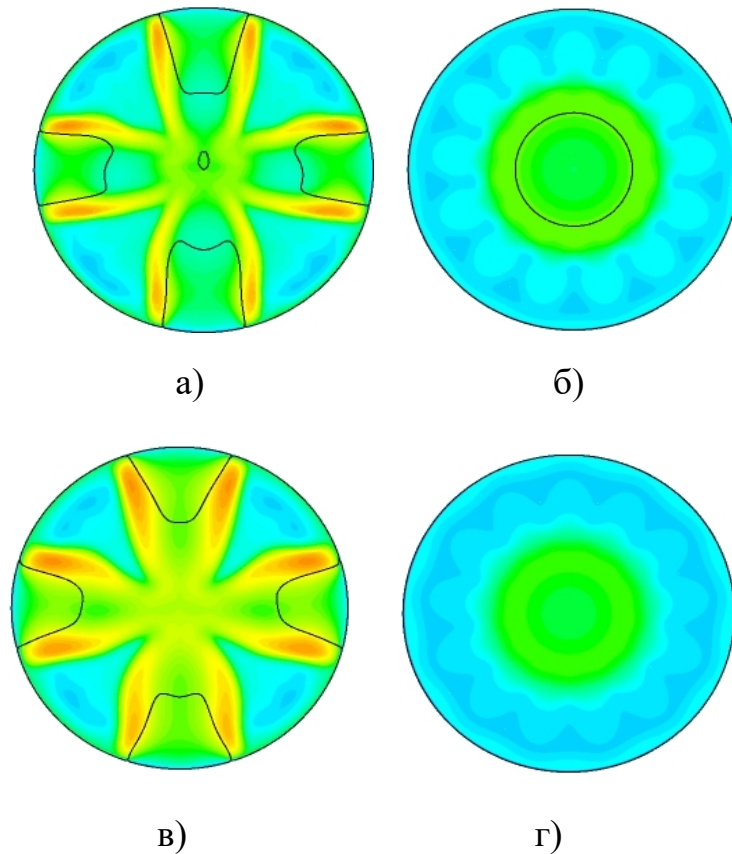


Рис. 3. Поля середньоквадратичних значень пульсацій швидкості в поперечних перерізах пальника $z = 0,28$ м (а, б) та $z = 0,30$ м (в, г) за наявності (а, в) та відсутності (б, г) турбулізаторів потоку

Привертає увагу також той факт, що за відсутності турбулізаторів потоку на деякому віддаленні від зривної кромки пульсації швидкості в поперечних перерізах власне струменів є кілька підвищеними. На цих же відстанях від затупленої задньої кромки стабілізаторів полум'я при встановленні турбулізаторів потоку струмені виявляються вже великою мірою розмитими.

За результатами виконаних досліджень можна зробити висновок про те, що встановлення пластин на зривній кромці циліндричних стабілізаторів полум'я обумовлює суттєву турбулізацію потоку, що покликане інтенсифікувати процеси сумішоутворення та вигорання палива.

Література

1. Фіалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О. и др. 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>.
2. Абдулін М. З., Фіалко Н. М., Тимощенко О. Б., Сірий О. А. та ін. Температурні режими зон зворотних потоків у ближньому сліді циліндричних стабілізаторів полум'я. *Науковий вісник НЛТУ*. 2018. 28, № 3. С. 97-100. <https://doi.org/10.15421/40280320>.
3. Фіалко Н. М., Майсон Н. В., Тимощенко О. Б., Меранова Н. О. та ін. Особливості аеродинаміки пальникових пристроїв з циліндричними стабілізаторами полум'я за наявності турбулізаторів потоку на їхніх зривних кромках. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК»*. 2016. № 252. С. 52-61.
4. Фіалко Н.М., Полозенко Н.П., Кутняк О.Н., Тимощенко О.Б. та ін. Моделювання турбулентних течій в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я за наявності прямокутних нішових порожнин. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2020. № 12 (92). С. 43-46. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-12>.
5. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В. та ін. Аналіз можливостей регулювання процесу сумішоутворення в мікрофакельних пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2020. № 12 (92). С. 49-53. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2020-12-6215>.
6. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Майсон М.В. та ін. Теплофізичні засади спалювання газу в мікрофакельних пальниках з

циліндричними стабілізаторами полум'я. Миколаїв: СПД Румянцева Г.В., 2021. 118 с.

7. Фиалко Н.М., Абдулин М.З., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В. Характеристики циркуляционных течений в ближнем следе цилиндрических стабилизаторов пламени. *Промышленная теплотехника*. 2015. № 3. С.47–53.

8. Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Майсон М.В., Шеренковський Ю.В. та ін. Особливості течії та сумішоутворення в мікрофакельних циліндричних пальникових пристроях різної потужності. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України Серія «Техніка та енергетика АПК»*. 2014. 194/3. С. 94-101.

9. Фиалко Н.М., Майсон Н.В., Шеренковский Ю.В., Ганжа М.В. и др. Сравнительный анализ закономерностей течения и смесеобразования при использовании в качестве стабилизаторов пламени плоских и цилиндрических тел. *Промышленная теплотехника*. 2015. № 7. С. 181–186.

10. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Майсон Н.В., Меранова Н.О., Тимощенко О.Б. Тепломассообменные процессы в цилиндрических горелочных устройствах с нишевыми полостями. *Промышленная теплотехника*. 2016. Т. 38, № 6. С. 3-11.

11. Фиалко Н.М., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Тимощенко А.Б., Майсон Н.В. Особенности течения в цилиндрических горелочных устройствах с пластинчатыми турбулизаторами потока. *Промышленная теплотехника*. 2017. № 1. С. 5-12.

12. Фиалко Н. М., Тимощенко А. Б., Малецкая О. Е., Полозенко Н. П., Реграги А., Ганжа М. В. Компьютерное моделирование температурных полей продуктов горения в цилиндрических горелочных устройствах стабилизаторного типа. *Международный научный журнал "Интернаука"*. 2019. № 16. С. 73-77. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-16>.

13. Абдулин М.З., Фиалко Н.М., Тимощенко А.Б., Серый А.А. и др. Устойчивость факела в цилиндрических горелочных устройствах стабилизаторного типа *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: сб. трудов*. Институт промышленной экологии. К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2018. С. 79-82.

14. Фиалко Н.М., Тимощенко А.Б., Иваненко Г.В., Майсон Н.В. и др. Температурные поля в зоне горения для горелочных устройств с плоскими и цилиндрическими стабилизаторами пламени. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: сб. трудов*. Институт промышленной экологии. К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2018. С. 74-78.

15. Фиалко Н.М., Меранова Н.О., Майсон М.В., Тимощенко А.Б., Иваненко Г.В., Клищ А.В. Математическое моделирование течения в прямоугольных кольцевых нишах цилиндрических стабилизаторных горелочных устройств. *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: сб. трудов*. Институт промышленной экологии. К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2017. С. 110-114.