

Технические науки

УДК 536.24:533

Фиалко Наталия Михайловна

доктор технических наук, профессор,

Член-корреспондент НАН Украины, заведующий отделом

Кафедра теплофизики энергоэффективных тепловых технологий

Институт технической теплофизики

Национальной академии наук Украины

Fialko Nataliia

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Corresponding Member of NAS of Ukraine, Department Head

Department of Thermophysics of Energy Efficient Heat Technologies

Institute of Engineering Thermophysics of

National Academy of Sciences of Ukraine

Тимошенко Александра Борисовна

младший научный сотрудник

Кафедра теплофизики энергоэффективных тепловых технологий

Институт технической теплофизики

Национальной академии наук Украины

Tymoshchenko Oleksandra

Junior Research

Department of Thermophysics of Energy Efficient Heat Technologies

Institute of Engineering Thermophysics of

National Academy of Sciences of Ukraine

Малецкая Ольга Евгеньевна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Кафедра теплофизики энергоэффективных тепловых технологий
Институт технической теплофизики
Национальной академии наук Украины*

Maletska Olha

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher
Department of Thermophysics of Energy Efficient Heat Technologies
Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

Полозенко Нина Петровна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Кафедра теплофизики энергоэффективных тепловых технологий
Институт технической теплофизики
Национальной академии наук Украины*

Polozenko Nina

*Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher
Department of Thermophysics of Energy Efficient Heat Technologies
Institute of Engineering Thermophysics of
National Academy of Sciences of Ukraine*

Реграги Абубакр

*младший научный сотрудник
Кафедра теплофизики энергоэффективных тепловых технологий
Институт технической теплофизики
Национальной академии наук Украины*

Regragui Aboubakr

Junior Research

Department of Thermophysics of Energy Efficient Heat Technologies

Institute of Engineering Thermophysics of

National Academy of Sciences of Ukraine

Ганжа Марк Владимирович

младший научный сотрудник

Кафедра теплофизики энергоэффективных тепловых технологий

Институт технической теплофизики

Национальной академии наук Украины

Hanzha Mark

Junior Research

Department of Thermophysics of Energy Efficient Heat Technologies

Institute of Engineering Thermophysics of

National Academy of Sciences of Ukraine

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ГОРЕЛОЧНЫХ
УСТРОЙСТВАХ СТАБИЛИЗАТОРНОГО ТИПА
COMPUTER SIMULATION OF TEMPERATURE FIELDS OF
COMBUSTION PRODUCTS IN STABILIZER-TYPE CYLINDER BURNER
DEVICES**

Аннотация. Представлены результаты CFD моделирования теплового состояния зоны горения для микрофакельных цилиндрических горелочных устройств. Выполнен сравнительный анализ температурных

полей данной зоны при наличии и отсутствии турбулизаторов потока на торцевой поверхности стабилизатора пламени.

Ключевые слова: *цилиндрические горелочные устройства, CFD моделирование, турбулизаторы потока, тепловое состояние.*

Summary. *The results of CFD modeling of the heat state of the combustion zone for microjet cylindrical burner devices are presented. A comparative analysis of the temperature fields of this zone in the presence and absence of flow turbulators on the end surface of the flame stabilizer is performed.*

Key words: *cylindrical burner devices, CFD modeling, flow turbulators, heat state.*

Актуальность исследования. Горелочные устройства относительно малой мощности широко применяются в энергетическом оборудовании различного назначения. Их использование является весьма эффективным для огнетехнических объектов не только сравнительно небольшой, но и различной теплопроизводительности в условиях, когда предъявляются высокие требования к равномерности теплоподвода по огневому пространству.

Для отмеченных ситуаций целесообразным оказывается использование горелочных устройств с цилиндрическими стабилизаторами пламени [1-3]. Их более высокая эффективность в сравнении с традиционными горелочными устройствами, в которых применяются плоские стабилизаторы, обусловлена, главным образом, отсутствием различного рода потерь, связанных с концевыми эффектами [4-10].

Практически важным является также то, что цилиндрические горелочные устройства просты в изготовлении, ввиду особенностей

конфигурации сравнительно легко интегрируются в конструкцию энергетического оборудования, характеризуются низкой металлоемкостью, легкостью проведения ремонтных работ и пр.

Отсутствие требуемой полноты исследований теплофизических аспектов технологии сжигания топлива в горелках с цилиндрическими стабилизаторами пламени обуславливает актуальность данной работы.

Целью работы является установление закономерностей формирования температурных полей зоны горения для цилиндрических горелочных устройств стабилизаторного типа с пластинчатыми турбулизаторами потока.

Постановка задачи и методика проведения исследований. Общий вид рассматриваемого горелочного устройства с турбулизаторами потока и его геометрические характеристики представлены на рис. 1.

В цилиндрический канал (1) помещен стабилизатор (2); на вход канала поступает воздух, природный газ подается в сносящий поток воздуха через систему отверстий (3), на боковой поверхности стабилизатора; турбулизаторы потока (4) располагаются на срывной кромке стабилизатора пламени.

Решение рассматриваемой задачи получено с использованием программного пакета FLUENT. В работе были выполнены специальные исследования по верификации моделей турбулентного переноса. По результатам данных исследований установлено, что рассматриваемой физической ситуации в наибольшей мере отвечает RNG k-ε модель турбулентности.

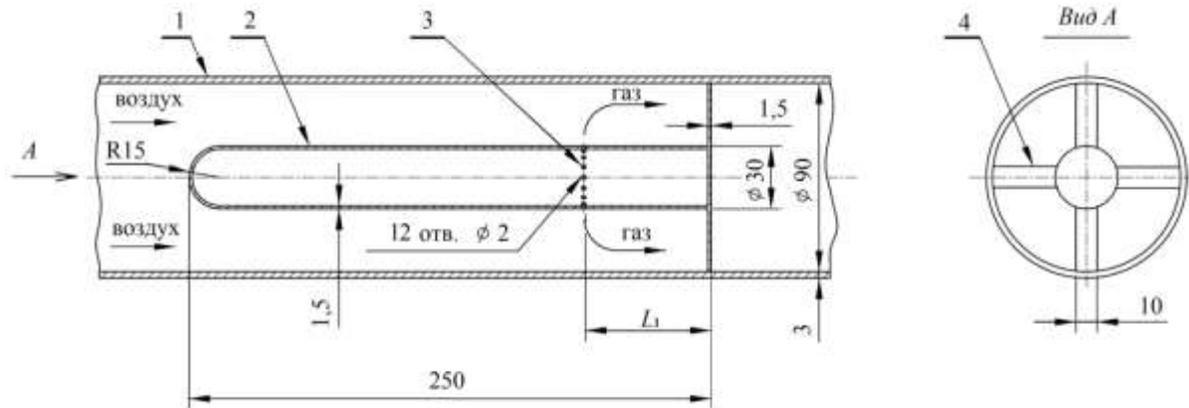


Рис. 1. Продольное сечение цилиндрического стабилизаторного горелочного устройства с пластинчатыми турбулизаторами потока:

1 – цилиндрический канал; 2 – цилиндрический стабилизатор пламени; 3 – газоподающие отверстия; 4 – пластинчатый турбулизатор

Анализ результатов. Ниже приводятся результаты компьютерного моделирования, отвечающие следующим исходным данным: расход природного газа – $10 \text{ м}^3/\text{час}$; коэффициент избытка воздуха – 1,1; абсолютная температура газа и воздуха на входе – 300 К; интенсивность турбулентности потока воздуха на входе в горелку – 3 %; $L_1 = 0,06 \text{ м}$.

В ходе исследований проводилось сопоставление полученных данных при наличии и отсутствии пластинчатых турбулизаторов потока на срывной кромке стабилизаторов пламени. Соответствующие результаты представлены на рис. 2, 3.

Что касается особенностей процесса горения при наличии и отсутствии турбулизаторов потока, то в первом случае ввиду существенного увеличения периметра поджигания горение начинается на значительной части сечения, отвечающего срывной кромке стабилизатора. При отсутствии же турбулизатора начало горения соответствует лишь площади торцевой

поверхности стабилизатора. Данное обстоятельство иллюстрирует картина температурного поля вблизи стабилизаторов пламени на рис. 2.

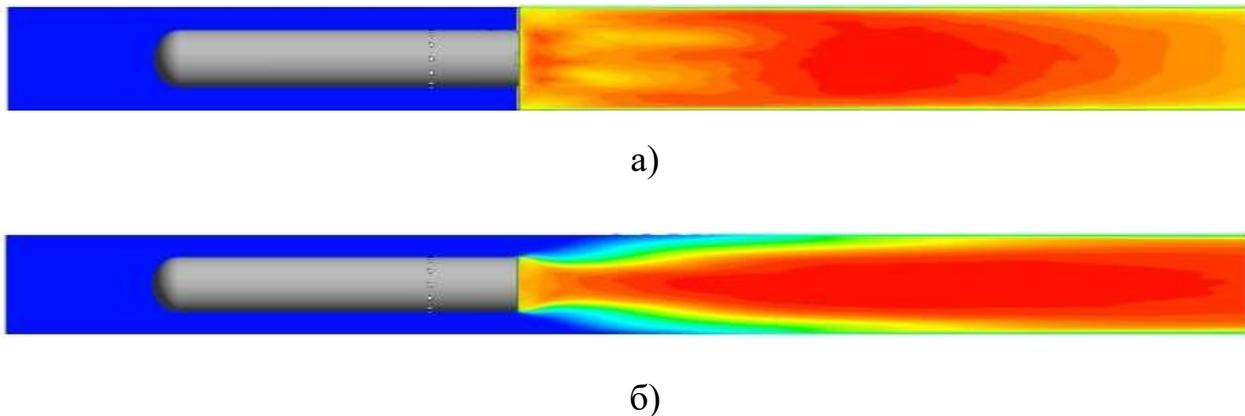


Рис. 2. Поля температур в продольном сечении, проходящем через ось газоподающих отверстий, при наличии (а) и отсутствии (б) турбулизаторов потока

Как видно из рис. 3, характер температурных полей в поперечных сечениях факела также существенно отличается в сопоставляемых ситуациях. Так, форма изотерм в случае наличия турбулизаторов как бы повторяет их конфигурацию. В условиях отсутствия турбулизаторов потока в сечениях, близких к срывной кромке, форма изотерм соответствует расположению струй топливного газа. По мере удаления от торца стабилизатора и развития данных струй конфигурация изотерм стремится к концентрическим окружностям.

Указанная трансформация полей температур в случае отсутствия турбулизаторов потока обусловлена эффектом пространственной локализации влияния особенностей подачи топливного газа. На некотором удалении от торца стабилизатора поля температур в поперечных сечениях потока оказываются независимыми от условий подачи газа в виде системы круглых струй. Данные поля формируются таким образом, как если бы подача топливного газа осуществлялась одной кольцевой струей. То есть влияние распределенной многоструйной топливоподачи на характер поля

температур ограничивается некоторой областью, непосредственно прилегающей к торцевой поверхности стабилизатора.

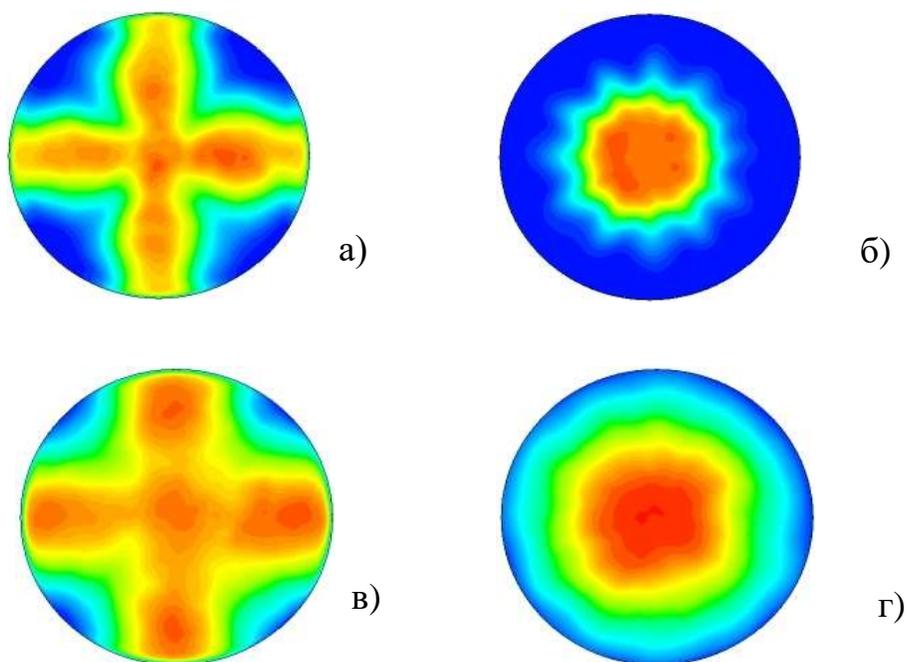


Рис. 3. Поля температур в поперечных сечениях $z = 0,28\text{м}$ (а, б) и $z = 0,35\text{ м}$ (в, г) для горелочного устройства мощностью 90 кВт при наличии (а, в) и отсутствии (б, г) турбулизаторов потока

Выводы. Получены данные компьютерного моделирования полей температуры в зоне горения для цилиндрических горелочных устройств стабилизаторного типа при наличии и отсутствии турбулизаторов потока на их торцевых поверхностях.

Литература

1. Фиалко Н.М. Интенсификация процессов переноса в горелочном устройстве с цилиндрическим стабилизатором пламени /Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, Н.В. Майсон, Н.О. Меранова, Л.С. Бутовский, М.З.

- Абдулин, Н.П. Полозенко, А.В. Клищ, С.Н. Стрижеус, А.Б. Тимощенко // Науковий вісник НЛТУ України. 2014. № 24. С.136-142.
2. Фиалко Н.М. Математическое моделирование процессов течения и смесеобразования в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, Н.В. Майсон, Н.О. Меранова, М.З. Абдулин, Л.С. Бутовский, Н.П. Полозенко, А.В. Клищ, С.Н. Стрижеус, А.Б. Тимощенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2014. №3. С.40-44
 3. Фіалко Н.М. Підвищення інтенсивності процесів переносу в циліндричному стабілізаторному пальнику шляхом застосування прямокутних кільцевих ніш / Н.М. Фіалко, Ю.В. Шеренковський, М.В. Майсон, М.З. Абдулін, С.В. Хомук, А.О. Єніна, В.С. Новицький, О.Б. Тимощенко // Сб. трудов «Проблемы экологии эксплуатации объектов энергетики. Киев: ИПЦ АЛКОН НАН Украины. 2014. С.122-125.
 4. Фиалко Н.М. Влияние пластинчатых турбулизаторов потока на характеристики течения и смесеобразования топлива и окислителя в цилиндрическом стабилизаторном горелочном устройстве / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, Н.В. Майсон, Н.О. Меранова, М.З. Абдулин, Л.С. Бутовский, Н.П. Полозенко, А.В. Клищ, С.Н. Стрижеус, А.Б. Тимощенко // Науковий вісник НЛТУ України. 2014. № 6(24). С.114-121.
 5. Фиалко Н.М. Компьютерное моделирование процесса смесеобразования в горелочных устройствах стабилизаторного типа с подачей газа внедрением в сносящий поток воздуха/ Н.М. Фиалко, Л.С. Бутовский, В.Г. Прокопов, Ю.В. Шеренковский, Н.О. Меранова, С.А. Алёшко, Н.П. Полозенко // Промышленная теплотехника. 2011. №1. С. 52-56.

6. Фиалко Н.М. Особенности обтекания плоских стабилизаторов ограниченным потоком / Н.М. Фиалко, Л.С. Бутовский, В.Г. Прокопов, Е.А. Грановская, Ю.В. Шеренковский, С.А. Алёшко, П.С. Коханенко // Промышленная теплотехника. 2010. № 5. С. 26-33.
7. Фиалко Н.М. Моделирование структуры течения в эшелонированных решетках стабилизаторов при варьировании шага их смещения/ Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, В.Г. Прокопов, Н.П. Полозенко, Н.О. Меранова, С.А. Алешко, Г.В. Иваненко, В.Л. Юрчук, Е.И. Милко, Н.Н. Ольховская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. №2/8. С.29-34.
8. Фиалко Н.М. Компьютерное моделирование процессов переноса в системах охлаждения горелочных устройств стабилизаторного типа/ Н.М. Фиалко, В.Г. Прокопов, Ю.В. Шеренковский, С.А. Алёшко, Н.О. Меранова, М.З. Абдулин, Л.С. Бутовский, А.Н. Миргородский // Промышленная теплотехника. 2012. №1. С. 64-71.
9. Фиалко Н.М. Особенности смесеобразования при эшелонированном расположении стабилизаторов пламени в микрофакельных горелочных устройствах / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, В.Г. Прокопов, С.А. Алёшко, Л.С. Бутовский, А.А. Серый, В.С. Новицкий, Л.А. Швецова // Труды XXI Межд. конференции «Проблемы экологии эксплуатации объектов энергетики». Киев: ИПЦ АЛКОН НАН Украины. 2011. С.167-170.
10. Фиалко Н.М. Эффективность систем охлаждения горелочных устройств струйно-стабилизаторного типа/ Н.М. Фиалко, С.А. Алешко, Ю.В. Шеренковский, Н.О. Меранова, А.Б. Тимощенко, М.З. Абдулин, Л.С. Бутовский // Технологические системы. 2012. 58/1. С.52-57.