

DOI: 10.34031/article\_5db3db3a9cb6a3.99321784

\*Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Лобанов И.В.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

\*E-mail: suslov1687@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В КОРПУСЕ ИНЖЕКЦИОННОЙ ГОРЕЛКИ С ТЕПЛОВЫМ РАССЕКATEЛЕМ

**Аннотация.** Статья посвящена разработке конструкции инжекционной горелки низкого давления, оснащенной тепловым рассекателем и исследованию процесса распределения концентрации метана и скорости газозвушной смеси в корпусе горелки. Для исследования процесса образования газозвушной среды в корпусе горелки разработанной конструкции использовали программный комплекс моделирования Solid Works Flow Simulation. Разработана конструкция инжекционной горелки низкого давления с тепловым рассекателем конической формы. Размещение рассекателя в корпусе горелки обеспечивает предварительный подогрев газозвушной смеси и позволяет повысить скорость распространения пламени. Выполнено компьютерное моделирование процесса образования газозвушной смеси в корпусе горелки для 3 конструкций горелок: без рассекателя, с рассекателем длиной 11 мм и рассекателем длиной 25,5 мм. В результате моделирования установлено, что размещение рассекателя длиной  $L=11$  мм не влияет на распределение метана и скорость газозвушной смеси в корпусе горелки и на выходе из огневых отверстий. Увеличение длины рассекателя до 25,5 мм приводит к росту скорости газозвушной смеси и повышению концентрации метана в огневых отверстиях. Следовательно, оптимальным решением повышения эффективности и стабильности процесса горения является размещение в корпусе горелки теплового рассекателя длиной 11 мм.

**Ключевые слова:** газоснабжение, горение, горелка, инжекция, моделирование, концентрация метана, скорость газозвушной смеси.

**Введение.** В Российской Федерации основным видом топлива является природный газ, который занимает первое место в топливно-энергетическом балансе страны. Доля природного газа составляет 40 % в балансе источников энергии РФ [1]. Большая часть потребляемого в РФ природного газа (58,3 %) используется коммунально-бытовыми и промышленными потребителями. Уровень газификации страны составляет 68,1 %, из них 71,4 % в городах и 58,7 % в сельской местности [2]. Несмотря на высокий уровень газификации страны, системы газоснабжения и газораспределения продолжают активно развиваться. Основные направления развития системы газоснабжения России заключаются в модернизации существующих систем газораспределения и использовании альтернативных источников энергии (сжиженного природного газа, компримированного природного газа и сжиженного углеводородного газа) [3]. Одним из перспективных направлений развития систем газоснабжения является развитие систем газопотребления, заключающееся в повышении эффективности процесса горения и разработке высокоэффективного газоиспользующего оборудования, основным элементом которого является горелочное устройство. В настоящее время разработка газогорелочных устройств осуществляется в следующих направлениях: использование современных материалов; применение устройств, улучшающих образование газозвушной смеси и применение

элементов, обеспечивающих предварительный нагрев газозвушной смеси в корпусе горелки [4–8].

Горение газообразного топлива включает следующие стадии: смешение газа с воздухом, подогрев газозвушной смеси, термическое разложение горючих газов, воспламенение и химическое соединение горючего с кислородом воздуха [9–11]. Смешение газа с воздухом и подогрев газозвушной смеси являются начальными этапами процесса горения и оказывают значительное влияние на эффективность процесса горения и тепловую мощность газового оборудования. Следовательно, актуальным является разработка конструкции инжекционной горелки низкого давления, оснащенной тепловым рассекателем и исследование процесса образования и распределения газозвушной смеси в корпусе горелки и на выходе из огневых отверстий.

**Методы, оборудование, материалы.** Для описания движения газозвушной смеси в корпусе горелки будем использовать уравнения неразрывности и Навье–Стокса, осредненные по времени (уравнения Рейнольдса):

$$\frac{du_j}{dx_j} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j} \Pi_{ij} \quad (2)$$

где  $i, j=1, 2, 3$ ;  $u_1=ux$ ;  $u_2=uy$ ;  $u_3=uz$  – осредненные по времени проекции вектора скорости;  $P$  – осредненное значение давления;  $\Pi_{ij}$  – тензор турбулентных напряжений.

Тензор турбулентных напряжений, возникающих в газозвушном потоке определяется выражением:

$$\Pi_{ij} = -\rho \langle u_i' u_j' \rangle, \quad (3)$$

где  $u_i'$ ,  $u_j'$  – турбулентные пульсации проекций скорости газозвушной среды,  $\langle \dots \rangle$  – знак осреднения.

Учитывая вихревой режим движения газозвушной среды в корпусе горелки и на выходе из огневых отверстий, принимаем к-ε модель турбулентности.

Тензор турбулентных напряжений к-ε модели определяется выражением:

$$\Pi_{ij} = -\rho \left( \frac{2}{3} k \delta_{ij} - \nu_t \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right), \quad (4)$$

где  $k$  – турбулентная кинетическая энергия;  $\epsilon$  – скорость диссипации турбулентной энергии;  $\nu_t$  – коэффициент кинетической турбулентной вязкости;  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера.

Для исследования процесса образования газозвушной среды в корпусе горелки разработанной конструкции будем использовать программный комплекс моделирования Solid Works Flow Simulation. Методы компьютерного моделирования получили широкое применение для исследования процесса горения газообразного топлива [12–15].

**Результаты и обсуждение.** Разработана конструкция инжекционной горелки низкого давления, оснащенная тепловым рассекателем (рис. 1). Основными элементами газовой горелки являются: сопло, камера смешения, отверстия выхода газозвушной смеси, тепловой рассекатель и регулятор подачи первичного воздуха.

Новизна данной конструкции заключается в использовании теплового рассекателя кониче-

ской формы, при этом присоединение рассекателя к крышке горелки выполняется под плавным углом с радиусом изгиба равным длине рассекателя. Это способствует стабилизации потоков газозвушной смеси в корпусе горелки и приводит к снижению потерь давления. Применение рассекателя оригинальной формы обеспечивает предварительный подогрев газозвушной смеси за счёт процесса теплопередачи от пламени через рассекатель к газозвушной смеси. В работе [16] авторами установлено, что предварительный подогрев газозвушной смеси позволяет повысить скорость распространения пламени и температуру горения.

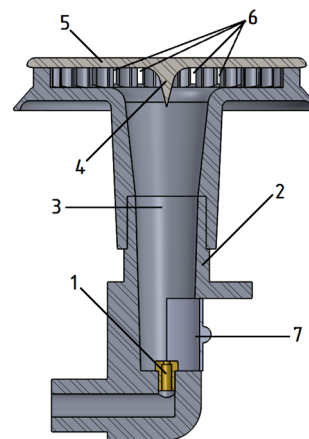


Рис. 1. Модель инжекционной горелки с тепловым рассекателем: 1 – сопло; 2 – корпус горелки; 3 – камера смешения; 4 – тепловой рассекатель; 5 – крышка горелки; 6 – огневые отверстия; 7 – регулятор подачи первичного воздуха

В результате компьютерного моделирования были получены визуальные картины распределения концентрации метана и скорости газозвушной смеси в корпусе горелки и на выходе из огневых отверстий. При этом замеры концентраций и скорости газозвушной смеси производились на 7 разных участках горелки (рис. 2).

Результаты моделирования распределения скорости газозвушной смеси в корпусе горелки представлены на рис. 3.

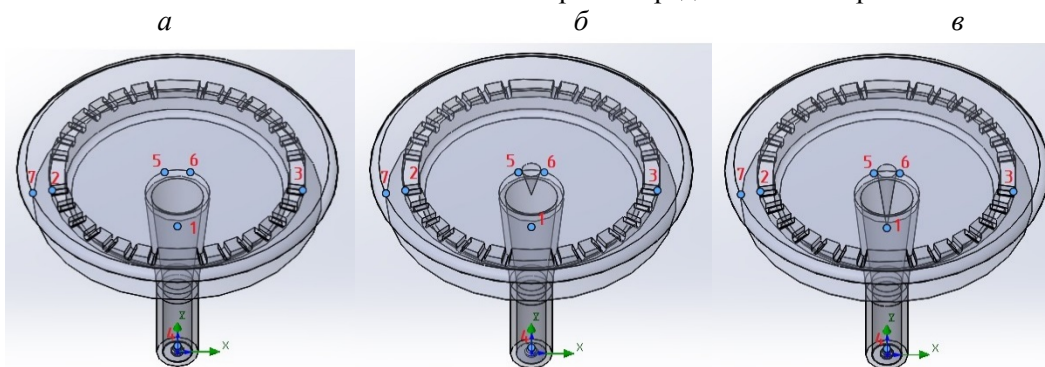


Рис. 2. Точки измерений концентраций и скорости газозвушной смеси: а – без теплового рассекателя; б – с тепловым рассекателем  $L=11$  мм; в – с тепловым рассекателем  $L=25,5$  мм

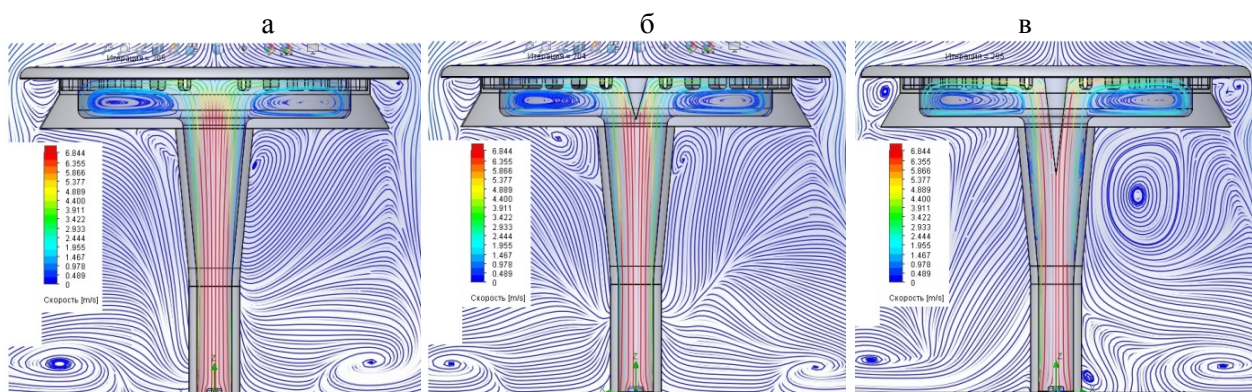


Рис. 3. Распределение скорости газозвушной смеси в корпусе горелки:

а – без теплового рассекателя; б – с тепловым рассекателем L= 11 мм; в – с тепловым рассекателем L=25,5 мм

Из рис. 3 видно, что скорости газа в центральной части корпуса (точка 1) в горелке без рассекателя и в горелке с рассекателем L=11 мм имеют похожие значения – 14,15 м/с и 14,18 м/с соответственно. А в горелке с рассекателем L=25,5 мм скорость значительно возрастает (20,82 м/с).

Скорость газа в точках 5 и 6 в горелке без рассекателя составляет 3,10 м/с, в горелке с рассекателем L=11 мм скорость снижается до 2,54 м/с. А в горелке с рассекателем L= 25,5 мм скорость возрастает до 3,45 м/с.

Результаты моделирования распределения скорости газозвушной смеси в огневых отверстиях представлены на рис. 4.

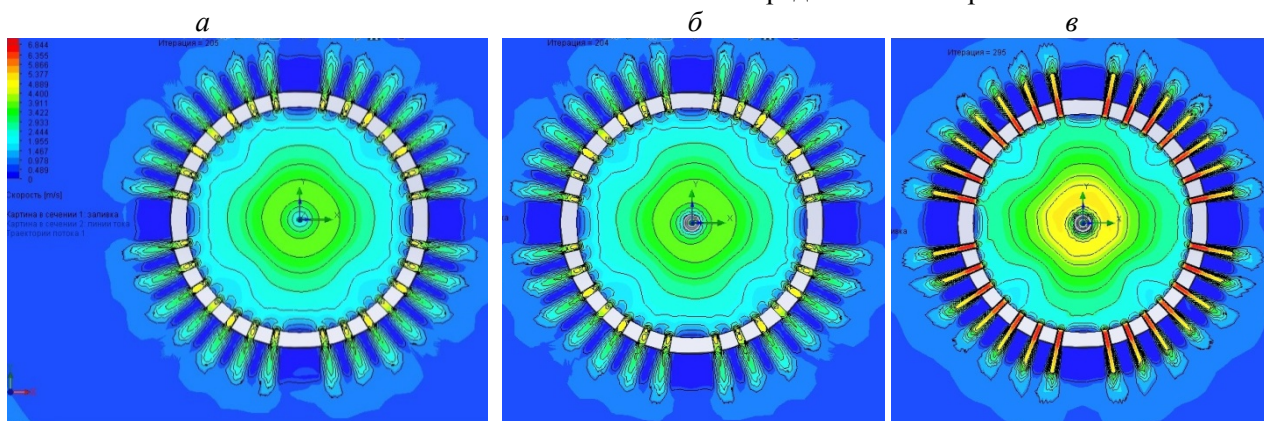


Рис. 4. Распределение скорости газозвушной смеси в отверстиях: а – без теплового рассекателя; б – с тепловым рассекателем L= 11 мм; в – с тепловым рассекателем L=25,5 мм

Из рисунка 4 видно, что скорости газозвушной смеси на выходе из огневых отверстий (точки 2, 3) в горелке без рассекателя и в горелке с рассекателем L=11 мм имеют похожие значения – 3,617 м/с и 3,620 м/с соответственно. При этом скорость смеси в горелке с рассекателем L=25,5 мм повышается до 6,710 м/с.

Скорости газозвушной смеси на некотором расстоянии от огневых отверстий (точка 7) в горелке без рассекателя и в горелке с рассекателем L=11 мм также имеют похожие значения – 2,828 м/с и 2,834 м/с соответственно. Скорость смеси в горелке с рассекателем L=25,5 мм также повышается (5,580 м/с).

Увеличение скорости газозвушной смеси в корпусе горелки с рассекателем L= 25,5 объясняется тем, что вершина рассекателя расположена в камере смешения, вследствие чего уменьшается площадь поперечного сечения камеры

смешения. Уменьшение площади поперечного сечения при неизменном расходе приводит к увеличению скорости потока. Таким образом, установка рассекателя длиной L=11 мм в корпусе горелки не оказывает влияния на скорость газозвушной смеси в корпусе горелки и в огневых отверстиях.

Результаты моделирования распределения концентраций метана в корпусе горелки представлены на рис. 5.

Из рисунка 5 видно, что концентрации метана в центральной части корпуса (точка 1) в горелке без рассекателя и в горелке с рассекателем L=11 мм имеют одинаковые значения – 26,5 %, а в горелке с рассекателем L=25,5 мм концентрация метана возрастает до 31,2 %.

Концентрация метана в точках 5, 6 в горелке без рассекателя и в горелке с рассекателем

$L=11$  мм имеют практически одинаковые значения – 21,6 % и 21,7 % соответственно. А в горелке с рассекателем  $L=25,5$  мм концентрация метана незначительно повышается до 22,1 %.

Результаты моделирования распределения концентрации метана в огневых отверстиях представлены на рис. 6.

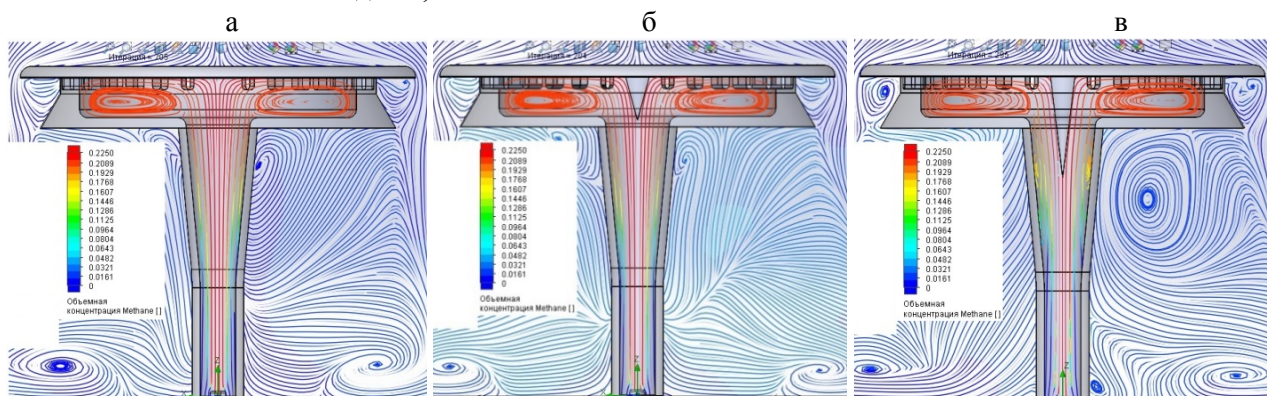


Рис. 5. Распределение концентрации метана в корпусе горелки:

а – без теплового рассекателя; б – с тепловым рассекателем  $L= 11$  мм; в – с тепловым рассекателем  $L=25,5$  мм

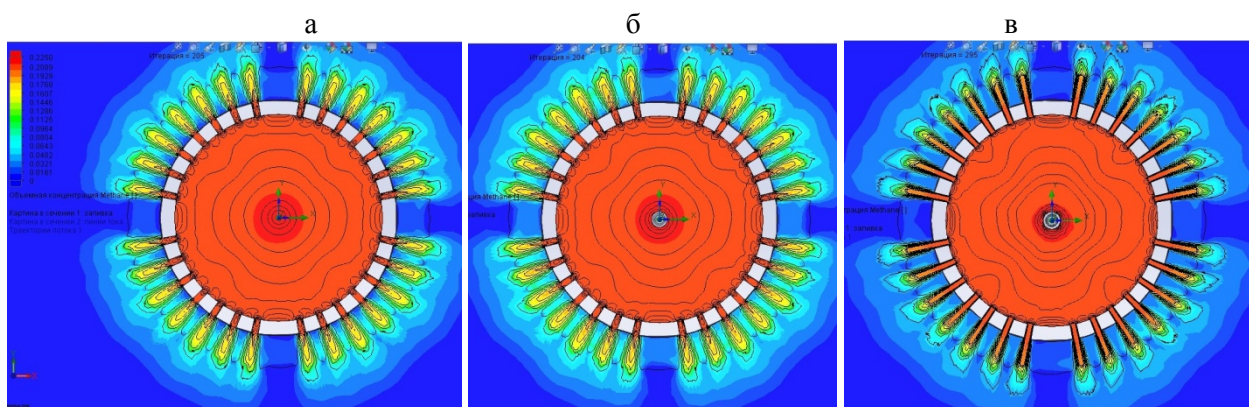


Рис. 6. Распределение концентрации метана в огневых отверстиях:

а – без теплового рассекателя; б – с тепловым рассекателем  $L= 11$  мм; в – с тепловым рассекателем  $L=25,5$  мм

Из рисунка 6 видно, что концентрации метана на выходе из огневых отверстий (точки 2, 3) в горелке без рассекателя и в горелке с рассекателем  $L=11$  мм имеют похожие значения – 20,5 % и 20,7 % соответственно. При этом концентрация метана в горелке с рассекателем  $L=25,5$  мм незначительно повышается до 21 %.

Концентрация метана на некотором расстоянии от огневых отверстий (точка 7) в горелке без рассекателя составляет 17,4 %. В горелке с рассекателем  $L=11$  мм концентрация повышается до 17,8 %, а в горелке с рассекателем  $L=25,5$  мм повышается до 20,2 %.

Повышение концентрации метана в горелках с рассекателями обусловлено повышением скорости потока газа, вследствие чего уменьшается количество первичного воздуха.

**Выводы.** Разработана конструкция инжекционной горелки низкого давления, оснащенной тепловым рассекателем в форме конуса. Применение рассекателя оригинальной формы обеспечивает предварительный подогрев газозвушной смеси и позволяет повысить скорость распространения пламени и температуру горения

Проведены исследования процесса образования газозвушной смеси в корпусе горелки для 3 конструкций горелок: без рассекателя, с рассекателем длиной 11 мм и рассекателем длиной 25,5 мм.

В результате моделирования установлено, что концентрация метана и скорость газозвушной смеси в горелке без рассекателя и в горелке с рассекателем длиной 11 мм имеют похожие значения. Увеличение длины рассекателя до  $L= 25,5$  мм приводит к уменьшению площади поперечного сечения камеры смешения, вследствие чего повышается скорость газозвушной смеси и увеличивается концентрация метана. Увеличение скорости газозвушной смеси может привести к нарушению процесса горения и отрыву пламени.

Можно сделать вывод, что оптимальным решением повышения эффективности и стабильности процесса сжигания газа является установка в корпусе горелки рассекателя длиной 11 мм. Это позволяет повысить скорость распространения пламени и тепловую мощность горелки.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00351.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Россия имеет одну из самых «зеленых» в мире структур топливно-энергетического баланса [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/4055397> (дата обращения 19.06.2019).
2. «Газпром» в 2017 году газифицировал 207 российских населённых пунктов. [Электронный ресурс]. URL: <https://bel.ru/news/economy/29-06-2018/gazprom-v-2017-godu-gazifitsiroval-207-rossiyskih-naselyonnyh-punktov> (дата обращения 11.07.2019).
3. Газификация [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/gasification/> (дата обращения 11.07.2019).
4. Пелипенко В.Н. Горелки бытовых газовых плит: Учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2004. 138 с.
5. Пат. 2522260 Российская Федерация, МПК F23D 14/06, F23D 14/58. Энергосберегающая газовая горелка / В.В. Ветер, А.В.Коняхин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Валок" (ООО НПП "Валок"). №2013108121/06; заявл. 22.02.2013; опубл. 10.07.2014 Бюл. № 19.
6. Пат. 2498157 Российская Федерация, МПК F23D 14/06. Система горелок бытовой газовой плиты / Лакке Тициано; заявитель и патентообладатель Индезит компани. №2009135756/06; заявл. 14.02.2008; опубл. 10.04.2011 Бюл. № 10.
7. Пат. 2528787 Российская Федерация, МПК F23D 14/06. Газовая горелка (варианты) / М. Паджетт Б. Шивз; заявитель и патентообладатель Электролюкс хоум продакс. №2011138273/06; заявл. 17.02.2010; опубл. 27.03.2013 Бюл. № 26.
8. Горелки стола бытовых газовых плит [Электронный ресурс]. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/gorelki-stola-bytovyih-gazovyih-plit> (дата обращения 20.12.2018).
9. Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С. Изучение механизма горения биогазового топлива // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: материалы Всероссийск. науч.-техн. конф. (г. Белгород, 17–19 сентября 2018 г.) Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. С. 243–249.
10. Гуськов Б.И., Кряжев Б.Г. Газификация промышленных предприятий: Учебник для техникумов. М.: Стройиздат. 1982. 368 с.
11. Брюханов О.Н., Жила В.А., Плужников А.И. Газоснабжение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 448 с.
12. Liu Y.-F., Liang X.-J., Gao Z.-Y., Wang J.-Q. Numerical simulation of O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> recycled flue gas combustion in a 300 MW Boiler // Reneng Dongli Gongcheng / Journal of Engineering for Thermal Energy and Power. 2009. Vol. 24, Issue 2. Pp. 177–181.
13. Kuznetsov V.A., Trubaev P.A. Resources and Problems of the Mathematical Simulating Thermo-Technological Processes // Journal of Physics: Conference Series. 2018. 1066. 012024. doi: 10.1088/1742-6596/1066/1/012024
14. Kuznetsov V.A. Mathematical Model of the Radiative Heat Exchange in the Selective Gases of a Diffusion Flame // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2017. 90(2). Pp. 357–365.
15. Feng M.-J., Li D.-L., Wang E.-G. Numerical simulation of an adjustable length of flame gas burner // Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University. Vol. 35, Issue 9. 2014. Pp. 1279–1283. doi: 10.3969/j.issn.1005-3026.2014.09.015
16. Кушев Л.А., Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Швыдкакая М.А. Интенсификация процесса сжигания природного газа в системах газоснабжения ЖКХ // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №11. С. 95–99.

#### Информация об авторах

**Сулов Денис Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: [suslov1687@mail.ru](mailto:suslov1687@mail.ru). Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Рамазанов Рафшан Салманович**, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: [boss.rafshan@mail.ru](mailto:boss.rafshan@mail.ru). Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Лобанов Иван Владимирович**, студент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в июле 2019 г.

© Сулов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Лобанов И.В., 2019

\*Suslov D. Yu., Ramazanov R.S., Lobanov I.V.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

\*E-mail: suslov1687@mail.ru

## RESEARCH OF THE DISTRIBUTION OF A GAS-AIR MIXTURE IN THE BODY OF INJECTION BURNER WITH THERMAL DIVIDER

**Abstract.** The article is devoted to the development of the design of a low-pressure injection burner equipped with a thermal divider and the study of the process of distribution of methane concentration and velocity of gas-air mixture velocity in the burner body. The Solid Works Flow Simulation software complex is used to study the process of formation of the gas-air medium in the burner body. The design of a low pressure injection burner with a conical-shaped heat spreader has been developed. Placing the divider in the burner body provides preheating of the gas-air mixture and allows to increase the speed of flame propagation. Computer simulation of the process of gas-air mixture formation in the burner body for 3 burner constructions is performed: without a divider, with a divider length of 11 mm and a divider length of 25,5 mm. As a result of modeling, it is found that the placement of the divider with a length of  $L = 11$  mm does not affect the distribution of methane and the velocity of the gas-air mixture in the burner body and at the exit of the firing holes. Increasing the length of the divider to 25,5 mm leads to an increase in the speed of the gas-air mixture and an increase in the concentration of methane in the firing holes. Therefore, the placement of the burner housing to the heat spreader with a length of 11 mm is the best solution to improve the efficiency and stability of the combustion process.

**Keywords:** gas supply, combustion, burner, injection, simulation, methane concentration, gas-air velocity.

### REFERENCES

1. Russia has one of the world's "greenest" energy balance structures [Rossiya imeet odnu iz samy`x «zelenyx» v mire struktur toplivno-energeticheskogo balansa]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/4055397> (accessed 19.06.2019). (rus)
2. In 2017, Gazprom gasified 207 Russian settlements [«Gazprom» v 2017 godu gazificiroval 207 rossijskix naselyonnyx punktov]. URL: <https://bel.ru/news/economy/29-06-2018/gazprom-v-2017-godu-gazifitsiroval-207-rossijskih-naselyonnyh-punktov> (accessed 11.07.2019). (rus)
3. Gasification [Gazifikaciya]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/gasification/> (accessed 11.07.2019). (rus)
4. Pelipenko V.N. The burners of domestic gas cookers [Gorelki bytovyx gazovyx plit]. Study guide. Tolyatti: TSU, 2004. 138 p. (rus)
5. Veter V.V., Konyakhin A.V. Energy Saving Gas Burner. Patent RF, no. 2522260. 2014.
6. Lakke T. Gas stove system. Patent RF, no. 2498157. 2011.
7. Padgett M., Shivz B. Gas burner (options). Patent RF. No. 2528787. 2013.
8. The burners of domestic gas cookers [Gorelki stola bytovyx gazovyx plit]. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/gorelki-stola-bytovyh-gazovyh-plit> (accessed 11.07.2019) (rus).
9. Suslov D.Yu., Ramazanov R.S. Study of the combustion mechanism of biogas fuel [Izuchenie mexanizma gorenija biogazovogo topliva]. Materialy Vserossijsk. nauch.-texn. konf. "Aktualnye voprosy oxrany okruzhayushhej sredy" Belgorod: Publ BSTU, 2018. Pp. 243–249. (rus)
10. Gus`kov B.I., Kryazhev B.G. Gasification of industrial enterprises [Gazifikaciya promyshlennyx predpriyatij]. Moscow, Stroizdat Publ. 1982, 368 p. (rus).
11. Bryuxanov O.N., Zhila V.A., Pluzhnikov A.I. Gas supply [Gazosnabzhenie]. Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij. Moscow, Publishing Center "Academy". 2008. 448 p. (rus)
12. Liu Y.-F., Liang X.-J., Gao Z.-Y., Wang J.-Q. Numerical simulation of O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> recycled flue gas combustion in a 300 MW Boiler. Reneng Dongli Gongcheng / Journal of Engineering for Thermal Energy and Power. 2009. Vol. 24, Issue 2. Pp. 177–181.
13. Kuznetsov V.A., Trubaev P.A. Resources and Problems of the Mathematical Simulating Thermo-Technological Processes. Journal of Physics: Conference Series. 2018. 1066. 012024. doi: 10.1088/1742-6596/1066/1/012024
14. Kuznetsov V.A. Mathematical Model of the Radiative Heat Exchange in the Selective Gases of a Diffusion Flame // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2017. 90(2). Pp. 357–365.
15. Feng M.-J., Li D.-L., Wang E.-G. Numerical simulation of an adjustable length of flame gas burner. Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University. Vol. 35, Issue 9. 2014. Pp. 1279–1283. doi: 10.3969/j.issn.1005-3026.2014.09.015
16. Kushev L.A. Suslov D.Yu., Ramazanov R.S., Shvydkaya M.A. Intensification of the process of burning natural gas in gas supply systems of housing and public utilities [Intensifikaciya processa szhiganiya prirodno go gaza v sistemax gazosnabzheniya ZhKX]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 11. Pp. 95–99. (rus)

*Information about the authors*

**Suslov, Denis Yu.** PhD, Assistant professor. E-mail: suslov1687@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Ramazanov, Rafshan S.** Postgraduate student. E-mail: boss.rafshan@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Lobanov, Ivan V.** Bachelor student. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received in July 2019*

**Для цитирования:**

Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Лобанов И.В. Исследование распределения газозвоздушной смеси в корпусе инжекционной горелки с тепловым рассекателем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 60–66. DOI: 10.34031/article\_5db3db3a9cb6a3.99321784

**For citation:**

Suslov D.Yu., Ramazanov R.S., Lobanov I.V. Research of the distribution of a gas-air mixture in the body of injection burner with thermal divider. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 10. Pp. 60–66. DOI: 10.34031/article\_5db3db3a9cb6a3.99321784