

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-40-47

***Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: suslov1687@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖИГАНИЯ БИОГАЗА В ИНЖЕКЦИОННОЙ ГОРЕЛКЕ С ТЕПЛОВЫМ РАССЕКATEЛЕМ

Аннотация. Целью работы является исследование процесса сжигания биогаза в горелке с тепловым рассекателем. Для исследования процесса сжигания биогаза использовали программный комплекс моделирования *Ansys Fluent*. Разработана инжекционная горелка для сжигания биогаза с тепловым рассекателем конической формы и регулятором первичного воздуха. Проведены исследования процесса сжигания биогаза разного состава в горелках 5 конструкций: без рассекателя, с рассекателем длиной $L=6$ мм, с рассекателем $L=12$ мм, с рассекателем $L=18$ мм и рассекателем $L=24$ мм. В результате моделирования установлено, что размещение рассекателя длиной 6 мм и 12 мм не оказывает влияния на температуру газозооной смеси в корпусе горелки. Увеличение длины рассекателя до 18 мм позволяет повысить температуру потока газозооной смеси, проходящего вдоль рассекателя. Дальнейшее увеличение длины рассекателя до 24 мм приводит к незначительному росту температуры газозооной смеси. Получены зависимости температуры пламени от длины рассекателя при сжигании биогаза с содержанием метана 60 % и 70 %. При размещении в корпусе горелки рассекателя длиной 6 мм и 12 мм температура пламени снижается, при увеличении длины рассекателя до 18 мм температура пламени возрастает, а при увеличении длины рассекателя до 24 мм температура пламени практически не изменяется. Следовательно, размещение в корпусе горелки рассекателя длиной 18...24 мм обеспечивает предварительный подогрев газозооной смеси и позволяет повысить эффективность процесса сжигания биогаза.

Ключевые слова: горение, горелка, инжекция, моделирование, температура газозооной смеси, температура пламени.

Введение. Газификация регионов Российской Федерации является актуальной и социально значимой задачей для компании «Газпром» и страны в целом. При этом развитие системы газоснабжения России заключаются в дифференцированном подходе к газификации, учитывающем модернизацию имеющихся месторождений газа и использование альтернативных источников энергии (сжиженного природного газа, компримированного природного газа и сжиженного углеводородного газа) [1]. Одним из перспективных направлений развития систем газоснабжения населенных пунктов, удаленных от магистральных газопроводов, и получивших широкое применение в развитых странах мира, является получение и использование биогаза [2–4]. Однако, учитывая в составе биогаза большое содержание углекислого газа, сжигание биогаза в традиционных горелках природного газа будет малоэффективным. Поэтому, использование биогаза в системах газоснабжения требует разработки технологических и технических решений по его эффективному применению. Исследованием процесса горения биогаза и других альтернативных газов занимались отечественные и зарубежные ученые [5–9]. В работе Сигала И. Я. [4] рассматривается возможность применения биогаза в котельных агрегатах ДКВР, ДЕ. Разработаны кон-

струкции горелок среднего давления для сжигания биогаза, получены зависимости длины факела при различных составах биогаза. Работа Яковлева В.А. [5] посвящена исследованию процесса сжигания нетрадиционных газов в горелках с принудительной подачей воздуха. В работе [6] проведены экспериментальные исследования процесса сжигания биогаза различного состава в традиционных горелках природного газа. Проанализирован компонентный состав продуктов сгорания биогаза и сделан вывод о низкой эффективности использования биогазового топлива в существующих горелках. При этом большинство работ посвящено исследованию процесса горения биогаза в горелочных устройствах промышленных агрегатов, работающих на высоком и среднем давлении газа.

Следовательно, актуальным является исследование процесса горения биогаза различного состава и разработка высокоэффективного горелочного устройства для сжигания биогаза в бытовых газовых приборах.

Методы, оборудование, материалы. Программа вычислительного эксперимента предусматривает исследование процесса горения биогаза двух составов: с содержанием метана 60 % и 70 %. Это объясняется тем, что в настоящее время действующие биогазовые установки в

качестве исходного субстрата используют отходы сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий [10–12]. Ранее авторами получено [13], что биогаз, производимый из органических отходов птицеводческих и животноводческих комплексов, состоит из 60 % метана, 37,5 % углекислого газа и 2,5 % других газов, а биогаз, производимый из отходов мясоперерабатывающих предприятий, содержит 70 % метана, 27 % углекислого газа и 3 % других газов.

Для определения оптимальной длины теплового расщепителя были проведены исследования 5 видов конструкций горелки: без расщепителя; с расщепителем длиной 6 мм; с расщепителем длиной 12 мм; с расщепителем длиной 18 мм; с расщепителем длиной 24 мм.

За параметр, характеризующий эффективность процесса горения была принята температура пламени – средняя температура области горения.

Для исследования процесса сжигания биогаза различного состава в горелке разработанной конструкции использовался программный комплекс моделирования Ansys Fluent. Методы компьютерного моделирования получили широкое применение для исследования процесса горения газообразного топлива [14–18].

Исходными данными для моделирования процесса сжигания биогаза являются конструктивные параметры горелки, физические свойства биогаза и воздуха, а также граничные условия:

- скорость, температура (20 °С) и компонентный состав биогаза;
- давление (101325 Па), температура (20 °С), и состав атмосферного воздуха ($O_2=0,233\%$; $N_2=0,767\%$ по массе);
- статическое давление воздуха на выходе из горелки.

Результаты и обсуждение. Разработана конструкция инжекционной горелки низкого давления, оснащенная тепловым расщепителем [19]. Новизной разработанной горелки является использование в корпусе горелки теплового расщепителя конической формы и регулятора первичного воздуха. Применение расщепителя оригинальной формы обеспечивает предварительный подогрев газозвушной смеси за счёт процесса теплопередачи от пламени через расщепитель к газозвушной смеси. Применение регулятора первичного воздуха обеспечивает равномерный подсос и распределение объема первичного воздуха, необходимого для полного сгорания биогаза.

Для исследования горения биогаза была построена твердотельная геометрическая модель горелки разработанной конструкции (рис. 1). Для

построенной модели с помощью сеточного генератора Ansys Meshing произведена генерация нерегулярной, конформной тетраэдральной расчётной сетки конечных объёмов с качеством, позволяющим с достаточной для данной задачи точностью смоделировать процессы, протекающие при сжигании газообразного топлива.

Результаты моделирования процесса сжигания биогаза с содержанием метана 60 % представлены на рис. 2.

Рассмотрим распределение температуры газозвушной смеси в корпусе горелки. В горелке без расщепителя (рис. 2, а) температура газозвушной смеси нагревается только в верхней части корпуса горелки – поток, проходящий вдоль крышки. Размещение расщепителя длиной $L=6$ мм и $L=12$ мм (рис. 2, б и в) не оказывает значительного влияния на температуру газозвушной смеси в корпусе горелки. Увеличение длины расщепителя до $L=18$ мм (рис. 2, г) позволяет значительно повысить область повышенной температуры газозвушной смеси внутри корпуса горелки на величину длины расщепителя. Увеличение длины расщепителя до $L=24$ мм (рис. 2, д) также позволяет увеличить область повышенной температуры газозвушной смеси, но не на всю длину расщепителя, поэтому температура растёт не значительно.

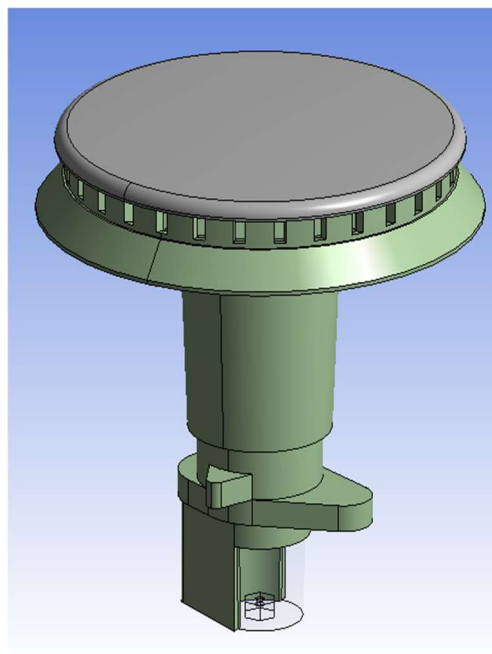


Рис. 1. 3D модель инжекционной горелки с тепловым расщепителем

На рисунке 3 представлен график зависимости средней температуры пламени от длины расщепителя при сжигании биогаза с содержанием метана 60 %.

Из графика видно (рис. 3), что температура пламени в горелке без расщепителя составляет

431 °С. При размещении в корпусе горелки рас­секателя длиной 6 мм температура пламени сни­жается на 1,6 %, до 424 °С, а в горелке с рас­секателем 12 мм температура пламени снижается еще на 1 %, до 420 °С. При дальнейшем увеличении длины рас­секателя до 18 мм начальная темпера­тура пламени возрастает на 7,2 %, до 462 °С, а

при увеличении длины рас­секателя до 24 мм тем­пература пламени повышается незначительно, на 1,2 %, до 467 °С. Падение температуры пламени в горелках с рас­секателями 6 и 12 мм объясняется ростом гидравлического сопротивления из-за установки рас­секателя и падением скорости по­тока газозвушной смеси.

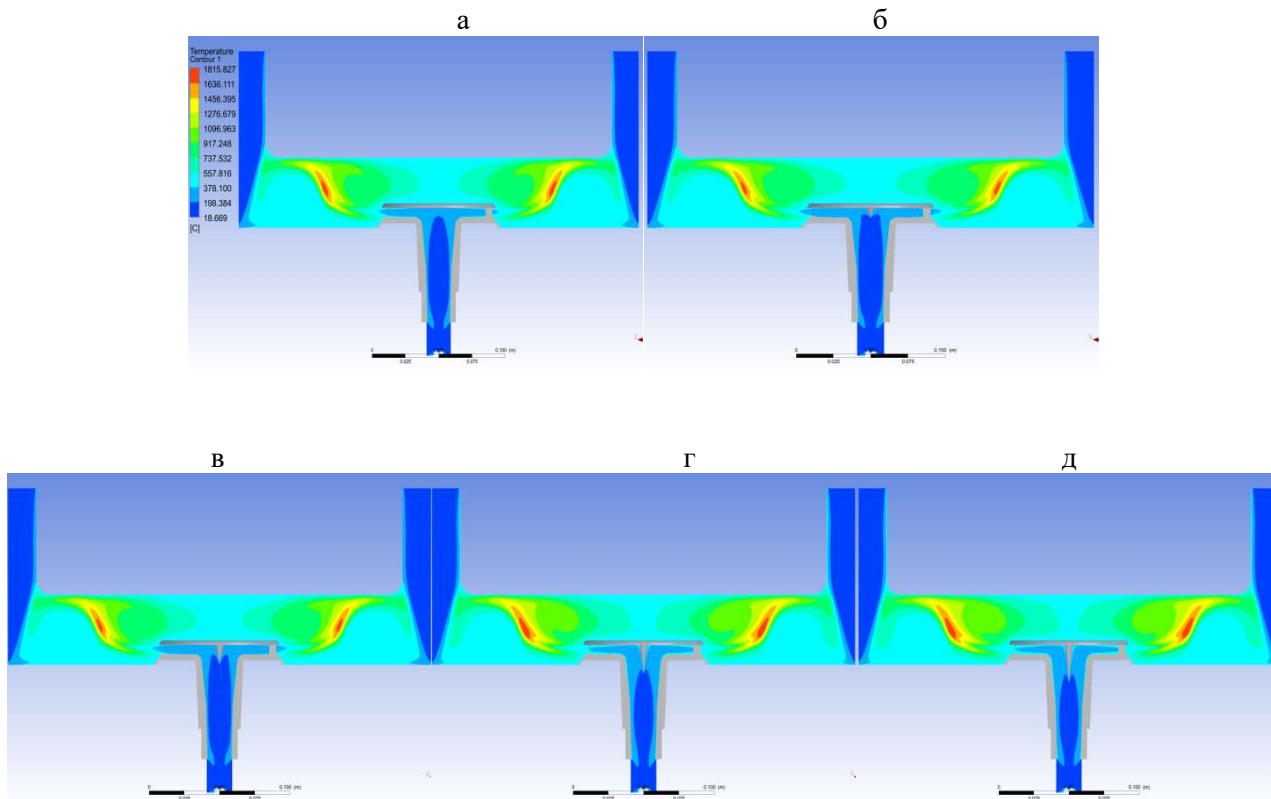


Рис. 2. Распределение температуры при сжигании биогаза с содержанием метана 60 % в горелке: а – без рас­секателя; б – с рас­секателем L= 6 мм; в – с рас­секателем L=12 мм; г – с рас­секателем L=18 мм; д – с рас­секателем L=24 мм

Таким образом, для эффективного сжигания биогаза с содержанием метана 60 % целесооб­разно применять рас­секатель длиной 18...24 мм.

Результаты моделирования процесса сжига­ния биогаза с содержанием метана 70 % пред­ставлены на рис. 4.

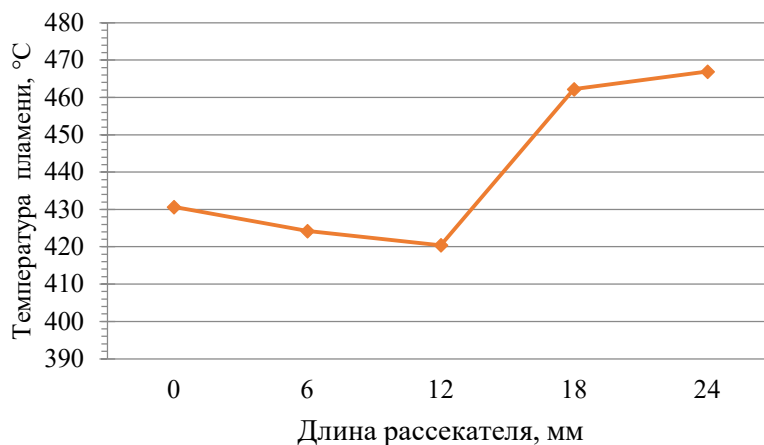


Рис. 3. График зависимости температуры пламени от длины рас­секателя при сжигании биогаза с содержанием метана 60 %

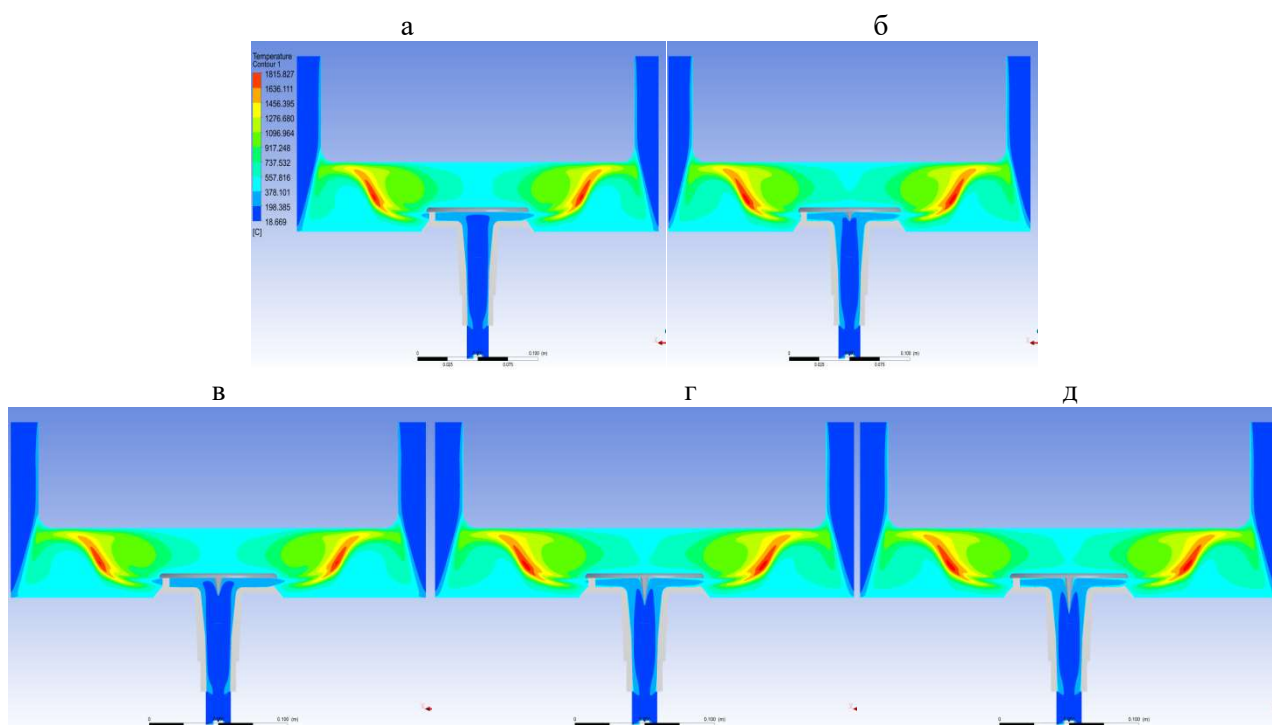


Рис. 4. Распределение температуры при сжигании биогаза с содержанием метана 70 % в горелке: а – без рассекателя; б – с рассекателем L= 6 мм; в – с рассекателем L=12 мм; г – с рассекателем L=18 мм; д – с рассекателем L=24 мм

В горелке без рассекателя (рис.4, а) температура газозвушной смеси нагревается только в верхней части корпуса горелки – поток, проходящий вдоль крышки. Размещение рассекателей длиной L=6 мм и L=12 мм (рис.4, б и в) не оказывает влияния на температуру газозвушной смеси в корпусе горелки. Увеличение длины рассекателя до L=18 мм (рис. 4, г) позволяет значительно повысить область повышенной температуры газозвушной смеси в корпусе горелки.

Увеличение длины рассекателя до L=24 мм (рис. 4, д) также позволяет увеличить область повышенной температуры газозвушной смеси, но не на всю длину рассекателя, поэтому температура растет не значительно.

На рисунке 5 представлен график зависимости средней температуры пламени от длины рассекателя при сжигании биогаза с содержанием метана 70 %.

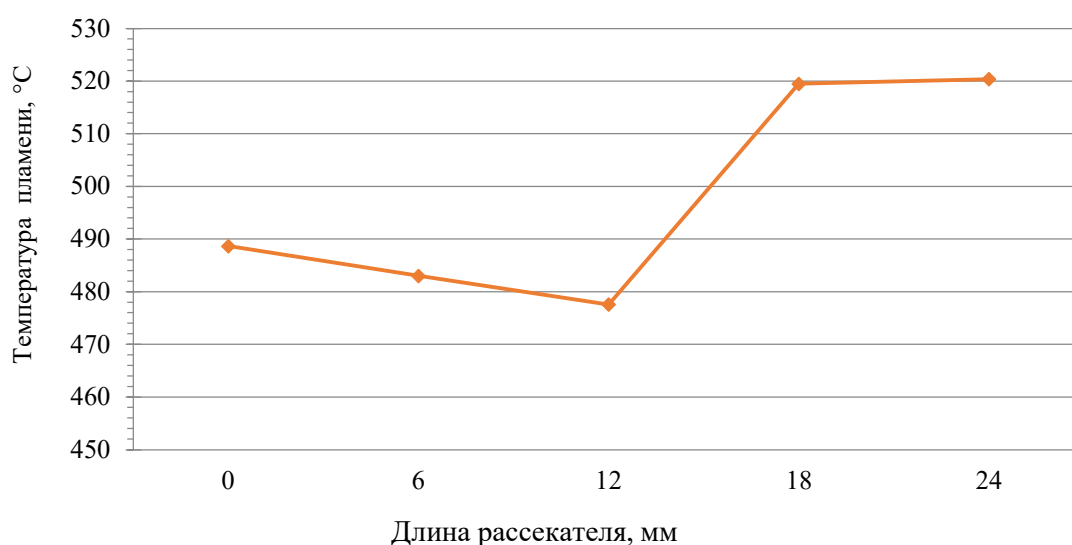


Рис. 5. График зависимости температуры пламени от длины рассекателя при сжигании биогаза с содержанием метана 70 %

Из графика видно (рис. 5), что температура пламени в горелке без расщекателя составляет 489 °С. При размещении в корпусе горелки расщекателя длиной 6 мм температура пламени снижается на 1,2 %, до 483 °С, а в горелке с расщекателем 12 мм температура пламени снижается еще на 1 %, до 478 °С. При дальнейшем увеличении длины расщекателя до 18 мм начальная температура пламени возрастает на 6,2 %, до 519,5 °С, а при увеличении длины расщекателя до 24 мм температура пламени практически не изменяется и составляет 520,4 °С. Падение температуры пламени в горелках с расщекателями 6 и 12 мм объясняется ростом гидравлического сопротивления

расщекателя и падением скорости потока газовой смеси. Повышение температуры пламени в горелках с расщекателями 18 и 24 мм обусловлено ростом скорости потока газовой смеси, связанным с расположением расщекателя в трубке корпуса горелки.

Таким образом, для эффективного сжигания биогаза с содержанием метана 70 % целесообразно применять расщекатель длиной 18 мм.

Результаты моделирования процесса сжигания биогаза различного состава в горелке с расщекателем 18 мм представлены на рис. 6.

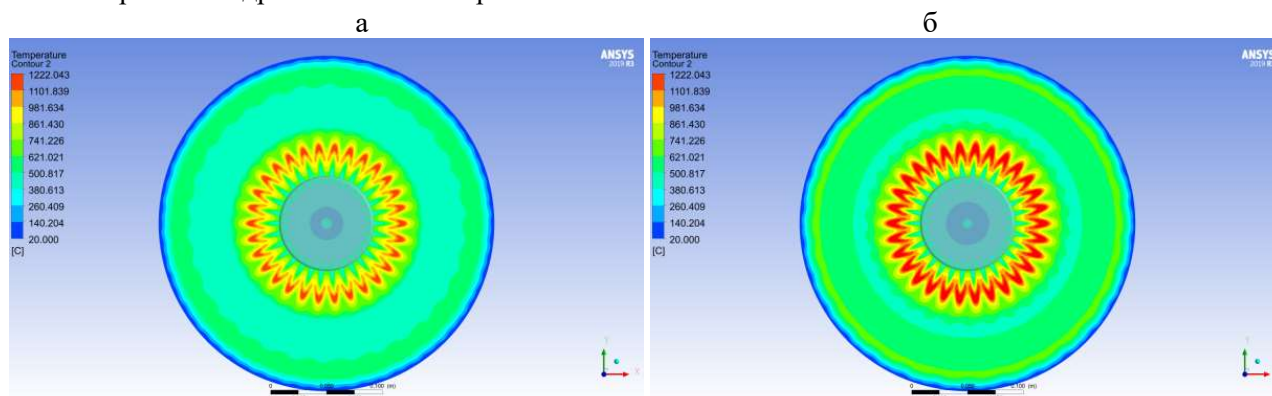


Рис. 6. Распределение температуры пламени в горелках с расщекателем 18 мм: а – биогаз с содержанием 60 % метана; б – биогаз с содержанием 70% метана

Из рисунка 6 видно, что с повышением содержания метана в биогазе температура пламени увеличивается. Так, средняя температура пламени при сжигании биогаза с содержанием 60 % составляет 462 °С, при увеличении содержания метана до 70% температура повышается до 520 °С, т.е. на 12,5 %.

Выводы. Разработана инжекционная горелка для сжигания биогаза, оснащенная тепловым расщекателем в форме конуса и регулятором первичного воздуха. Применение расщекателя оригинальной формы обеспечивает предварительный подогрев газовой смеси и позволяет повысить температуру горения.

Проведены исследования процесса сжигания биогаза разного состава в горелках 5 конструкций: без расщекателя, с расщекателем длиной $L=6$ мм, с расщекателем $L=12$ мм, с расщекателем $L=18$ мм и расщекателем $L=24$ мм.

В результате моделирования установлено, что размещение расщекателя длиной 6 мм и 12 мм не оказывает влияния на температуру газовой смеси в корпусе горелки. Увеличение длины расщекателя до 18 мм позволяет повысить температуру потока газовой смеси, проходящего вдоль расщекателя. Увеличение длины

расщекателя до 24 мм приводит к незначительному росту температуры газовой смеси, т.е. не по всей длине расщекателя.

Получены зависимости температуры пламени от длины расщекателя при сжигании биогаза. При размещении в корпусе горелки расщекателя длиной 6 мм и 12 мм температура пламени снижается на 1,2 % и 2,2 % соответственно. При увеличении длины расщекателя до 18 мм температура пламени возрастает на 6,2 %, а при увеличении длины расщекателя до 24 мм температура пламени практически не изменяется.

Можно сделать вывод, что оптимальным решением повышения эффективности и стабильности процесса сжигания биогаза с содержанием метана 60 % является установка в корпусе горелки расщекателя длиной 18...24 мм, а для сжигания биогаза с содержанием метана 70 % – установка расщекателя длиной 18 мм. Это позволяет повысить тепловую мощность горелки при минимальных металлозатратах.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Газификация [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/>

gasification/ (дата обращения 20.02.2020).

2. IEA Bioenergy Task 37 – Country Reports Summary 2014 // IEA Bioenergy. 2015. 50 p.

3. Scarlat N. et al. Renewable Energy. 2018. № 129. Pp. 457–472.

4. Lambert M. Biogas: A significant contribution to decarbonising gas markets? The Oxford Institute for Energy Studies. June 2017.

5. Сигал И.Я., Марасин А.В., Смихула А.В., Сигал А.И., Колчев В.А. Экспериментальное исследование горения биогаза и его использование в промышленных котлах // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2013. №17 (139). С. 84–89.

6. Яковлев В.А., Комина Г.П. Оптимизация воздухораспределительных систем газогорелочных устройств с принудительной подачей воздуха и целевой камерой смешения методом математического моделирования // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 163–170.

7. Ilbas M., Sahin M., Karyeyen S. Combustion Behaviours of Different Biogases in an Existing Conventional Natural Gas Burner: An Experimental Study // International Journal of Renewable Energy Research. 2016. Vol. 6. No. 3. Pp. 1178–1188.

8. Anggono W., Wardana I.N.G., Lawes M. [et al.] Biogas laminar burning velocity and flammability characteristics in spark ignited premix combustion. Journal of Physics: Conference Series. 2013. 423 (1).

9. Suprianto F., Anggono W., Tanoto M. Effect of Carbon Dioxide on Flame Characteristics in Biogas External Premix Combustion International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11. Number 4. Pp. 2240–2243.

10. Wagner L. Trends from the use of biogas technology in Germany. VIV Asia Biogas Conference on March 12th 2015. Bangkok. 50 p.

11. Biogas is based on renewable raw materials. A comparative analysis of sixty-one biogas plants in Germany (Germany: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Gülzow). 115 p.

12. Wu B., Zhang X., Di Bao, Xu Y., Zhang S., Deng L. Biomethane production system: Energetic analysis of various scenarios // Bioresour Technol. 2016. №206. Pp. 155–163. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.01.086.

13. Suslov D.Y., Sedyh P.S. Experimental Studies of the Process of Obtaining Biogas from Wastes from Agricultural Enterprises // International Science and Technology Conference "EastConf". Vladivostok. Russia. 2019. Pp. 1–4.

14. Liu Y.-F., Liang X.-J., Gao Z.-Y., Wang, J.-Q. Numerical simulation of O₂/CO₂ recycled flue gas combustion in a 300 MW Boiler. Reneng Dongli Gongcheng // Journal of Engineering for Thermal Energy and Power. March 2009. Vol. 24, Issue 2. Pp. 177–181.

15. Kuznetsov V.A., Trubaev P.A. Resources and Problems of the Mathematical Simulating Thermo-Technological Processes. J. Phys.: Conf. Ser. 2018. 1066. 012024.

16. Anggono W., Wardana I., Pourkashanian M., Hughes K., Lawes M., Wahyudi S., Hamidi N., Hayakawa A. Experimental and Numerical Simulation on Biogas Flame Propagation Characteristic in Spark Ignition Premixed Combustion Proceeding The 3rd International Conference on Engineering and ICT (ICEI2012) (Melaka-Malaysia). 2012. Vol. 2. Pp. 290–294.

17. 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. 357–65.

18. Feng M.-J., Li D.-L., Wang E. Numerical simulation of an adjustable length of flame gas burner // Journal of Northeastern University. 2014. 35. Pp. 1279–1283.

19. Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Лобанов И.В. Исследование распределения газозооной 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.

Информация об авторах

Сулов Денис Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: 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. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Поступила 24.02.2020

© Сулов Д.Ю., Рамазанов Р.С., 2020

*Suslov D.Yu., Ramazanov R.S.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: suslov1687@mail.ru

SIMULATION OF BIOGAS COMBUSTION IN INJECTION BURNER WITH HEAT DIVIDER

Abstract. The purpose of this work is to develop a design of a biogas combustion equipped with a thermal divider and study the process of burning biogas of different composition. To study the biogas combustion process in the burner of the developed design, the Ansys Fluent modeling software package is used. An injection burner for biogas combustion with a cone-shaped thermal divider and primary air regulator has been developed. Studies of the process of burning biogas of different composition in burners of 5 designs were carried out: without a divider, with a divider with a length of $L = 6$ mm, with a divider $L = 12$ mm, with a divider $L = 18$ mm and a divider $L = 24$ mm. As a result of modeling, it is found that the placement of a divider with a length of 6 mm and 12 mm does not affect the temperature of the gas-air mixture in the burner body. Increasing the length of the divider to 18 mm allows to increase the temperature of the flow of the gas-air mixture passing along the divider. A further increase in the length of the divider to 24 mm leads to a slight increase in the temperature of the gas-air mixture. The dependences of the flame temperature on the length of the divider during the combustion of biogas with a methane content of 60% and 70% are obtained. When a divider with a length of 6 mm and 12 mm is placed in the burner body, the flame temperature decreases, with an increase in the length of the divider to 18 mm, the flame temperature increases, and with an increase in the length of the divider to 24 mm, the flame temperature remains practically unchanged. Consequently, the placement of a divider with a length of 18...24 mm in the burner body ensures preliminary heating of the gas-air mixture and allows increasing the efficiency of the biogas combustion process.

Keywords: combustion, burner, injection, modeling, temperature of gas-air mixture, flame temperature.

REFERENCES

1. Gasification [Gazifikaciya]. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/gasification> (accessed 20.02.2020). (rus).
2. IEA Bioenergy Task 37 – Country Reports Summary 2014. IEA Bioenergy. 2015. 50 p.
3. Scarlat N. et al. Renewable Energy. 2018. No. 129. Pp. 457-472.
4. Lambert, M. Biogas: A significant contribution to decarbonising gas markets? The Oxford Institute for Energy Studies. June 2017.
5. Sigal I.Ya., Marasin A.V., Smihula A.V., Sigal A.I. and Kolchev V.A. Experimental study of biogas burning and its use in industrial boilers [Eksperimental'noe issledovanie goreniya biogaza i ego ispol'zovanie v promyshlennykh kotlah]. International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. No. 17 (139). Pp. 84-89. (rus).
6. Yakovlev V., Komina G. Optimization of air distribution systems of gas burner devices with forced air supply and a slit mixing chamber by mathematical modeling [Optimizaciya vozduxoraspredelitel'nykh sistem gazogorelochnykh ustrojstv s prinuditel'noj podachej vozduxa i shhelevoj kameroj smesheniya metodom matematicheskogo modelirovaniya]. Vestnik grazhdanskix inzhenerov. 2016. No. 2 (55). Pp. 163–170. (rus).
7. Ilbas M., Sahin M., Karyeyen S. Combustion Behaviours of Different Biogases in an Existing Conventional Natural Gas Burner: An Experimental Study. International Journal of Renewable Energy Research. 2016. Vol. 6. No. 3. Pp. 1178–1188.
8. Anggono W., Wardana, I.N.G., Lawes M. [et al.] Biogas laminar burning velocity and flammability characteristics in spark ignited premix combustion. Journal of Physics: Conference Series. 2013. 423 (1).
9. Suprianto F., Anggono W., Tanoto M. Effect of Carbon Dioxide on Flame Characteristics in Biogas External Premix Combustion International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Volume 11. No. 4. Pp. 2240-2243.
10. Wagner L. Trends from the use of biogas technology in Germany. VIV Asia Biogas Conference on March 12th 2015. Bangkok. 50 p.
11. Biogas is based on renewable raw materials. A comparative analysis of sixty-one biogas plants in Germany (Germany: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe Gülzow). 115 p.
12. Wu B, Zhang X, Di Bao, Xu Y, Zhang S, Deng L. Biomethane production system: Energetic analysis of various scenarios. Bioresour Technol. 2016. No. 206. Pp. 155–163. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.01.086.
13. Suslov D.Y., Sedyh P.S. Experimental Studies of the Process of Obtaining Biogas from Wastes from Agricultural Enterprises. International Science and Technology Conference "EastConf". Vladivostok. Russia. 2019. Pp. 1–4.
14. Liu Y.-F., Liang, X.-J., Gao Z.-Y., Wang, J.-Q. Numerical simulation of O₂/CO₂ recycled flue gas combustion in a 300 MW Boiler. Reneng Dongli

Gongcheng. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power. March 2009. Vol. 24, Issue 2. Pp. 177–181.

15. Kuznetsov V.A., Trubaev P.A. Resources and Problems of the Mathematical Simulating Thermo-Technological Processes. J. Phys.: Conf. Ser. 2018. No. 1066. 012024.

16. Anggono W., Wardana I., Pourkashanian M., Hughes K., Lawes M., Wahyudi S., Hamidi N. and Hayakawa A. Experimental and Numerical Simulation on Boigas Flame Propagation Characteristic in Spark Ignition Premixed Combustion Proceeding The 3rd International Conference on Engineering and ICT (ICEI2012) (Melaka-Malaysia). 2012. Vol. 2. Pp. 290–294.

17. 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. No. 90(2). Pp. 357–65.

18. Feng M.-J., Li D.-L., Wang E. Numerical simulation of an adjustable length of flame gas burner. Journal of Northeastern University. 2014. No. 35. Pp. 1279–1283.

19. 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. [Issledovanie raspredeleniya gazovozdushnoy smesi v korpuse inzhekcionnoj gorelki s teplovym rassekatelom]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 10. Pp. 60–66. DOI: 10.34031/article_5db3db3a9cb6a3.99321784. (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.

Received 24.02.2020

Для цитирования:

Суслов Д.Ю., Рамазанов Р.С. Моделирование сжигания биогаза в инжекционной горелке с тепловым рассекателем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 4. С. 40–47. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-40-47

For citation:

Suslov D.Yu., Ramazanov R.S. Simulation of biogas combustion in injection burner with heat divider. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 4. Pp. 40–47. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-40-47