

–Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/KOTB8442>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,

д.т.н., профессор

Новожилов А. Н.,

д.т.н., профессор

Никитин К. И.,

д.т.н., профессор (Россия)

Никифоров А. С.,

д.т.н., профессор

Новожилов Т. А.,

д.т.н., профессор

Алиферов А.И.,

д.т.н., профессор (Россия)

Кошкеков К.Т.,

д.т.н., профессор

Приходько Е.В.,

к.т.н., профессор

Оспанова Н. Н.,

к.п.н., доцент

Нефтисов А. В.,

доктор PhD

Омарова А.Р.,

технический редактор

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

МРНТИ 44.01.05

<https://doi.org/10.48081/RYOY6529>

***Н. Н. Саракешова¹, А. М. Достияров¹, М. С. Коробков²,
А. К. Яманбекова².**

¹Казахский агротехнический исследовательский университет
имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана,

²Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева,
Республика Казахстан, г. Алматы

*e-mail: nurbubi92@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ МИКРОМОДУЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ ГОРЕЛКИ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ СТЕНДЕ ПРИ ВНЕЗАПНОМ РАСШИРЕНИИ НА ВЫХОДЕ

В статье представлено описание экспериментального стенда с целью исследования процессов горения микромодульной газовой горелки при внезапном расширении на выходе. Приводятся результаты испытаний с разными насадками, а именно насадки с прорезями на выходе $d_1=0,12\text{м}$ и $d_2=0,15\text{м}$. Количество режимов в каждом эксперименте - 5. До начала экспериментов вручную производился количественный выбор режимов, наиболее эффективный и оптимальный режим определялся визуальным качеством горения (цветом пламени), по расходу газа и скорости воздуха, а также проводился инструментальный анализ уходящих газов, с точкой отбора для анализа уходящих газов были выбраны точки на расстоянии 13-15см от ядра факела по визуальной длине факела. В ходе эксперимента, исследовалось влияние диаметров насадок на процессы стабилизации и смесеобразования, также эффективное сжигание природного газа (пропан) с устойчивым горением. По полученным данным эксперимента были построены графики (полноты сгорания, температурной неравномерности,

концентрации веществ), и подведены итоги. Полученные в ходе эксперимента данные и могут послужить основой для дальнейшего совершенствования конструкции и достижения максимальной эффективности микромодульной газовой горелки.

Ключевые слова: горелочное устройство, внезапное расширение, стабилизаторы, коэффициент избытка воздуха, полнота сгорания, зоны рециркуляции, температурная неравномерность.

Введение

В структуре тепловых источников некоторых регионов, таких как Акмолинской, Карагандинской и Северо-Казахстанской областях, можно отметить наличие достаточно старых, в основном, малых котельных агрегатов, работающих на твердом (угле) и жидком топливе. В связи со строительством газопровода «Сары-Арка» стоит вопрос о замене поселковых котлов выше упомянутых регионов на водогрейные котлы, работающие на газе. Актуальностью проблемы является их экономичный и экологичный перевод, которую можно достичь с помощью микрофакельного сжигания пропана. Поскольку, микрофакельное сжигание обеспечивает наилучшее протекания процесса горения, в котором происходит процесс стабилизации микрофакелов и уменьшение образования вредных веществ, по результатам теоретических и экспериментальных данных [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7], авторы пришли к выводу, что достичь низкого эмиссионного горения можно с помощью стабилизации микрофакелов.

Принцип работы микромодульной газовой горелки заключается в том, что горелка имеет цилиндрическую насадку большого диаметра, и в местах соединения насадки с трубой Вентури образуется внезапное расширение, что является хорошим стабилизатором. Дополнительно через прорези к насадке поступает вторичный воздух, которая обеспечивает высокую полноту горения, объединённый топливно-воздушная смесь с малым выходом NOx. Таким образом, горелка может обеспечивать низкоэмиссионное и устойчивое сжигание природного газа в малых водогрейных котлах.

По данной горелке выполнено численное моделирование аэродинамического течения воздуха при внезапном расширении на выходе, расчеты которого смоделированы в программном комплексе Comsol Multiphysics [8]. На основе этих расчетов были определены геометрические показатели для эксперимента. Разработанная и исследованная горелка может быть использована в различных топливосжигающих устройствах,

где будет использован природный газ в качестве топлива. Полученные результаты исследования будут полезны для создания малых водогрейных котлов, работающие на газе.

Материалы и методы

При проведении эксперимента фиксировались показания газового счетчика и начальное время перед каждым режимом. Таким образом, были определены время и расход газа в каждом режиме. Расход газа определяется следующей формулой:

$$G_{\Gamma} = \frac{\Delta G_{\Gamma}}{\Delta \tau}, \text{ кг/с} \quad (1)$$

где ΔG_{Γ} – расход газа в кг за отрезок времени $\Delta \tau$.

Подача первичного воздуха осуществлялась вентилятором, на выходе которого установлена заслонка (шибер), который, в свою очередь, регулировался вручную. Условно угол открытия ϕ заслонки для подачи воздуха составляли каждые 15° . Для каждого режима статическое давление воздуха на входе в горелку измерялось с помощью многофункциональной измерительной системы Testo 454 п.

Определяя статическое давление воздуха на входе в горелку, определяется скорость воздуха в каждом режиме следующим образом:

$$w_{\text{В}} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{В}}}{\rho}}, \text{ м/с} \quad (2)$$

где, ρ – плотность воздуха, $1,225 \text{ кг/м}^3$;

$P_{\text{В}}$ – статическое давления воздуха на входе в камеру сгорания, Па.

Расход воздуха, кг/с:

$$G_{\text{В}} = w_{\text{В}} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{ кг/с} \quad (3)$$

где, $w_{\text{В}}$ – скорость воздуха, м/с;

d – диаметр при выходе вентилятора, м.

Избыток воздуха α рассчитывался по следующему уравнению:

$$\alpha_{\Sigma} = 3600 \cdot \frac{G_B}{G_r \cdot L_0} \quad (4)$$

где, L_0 – стехиометрический коэффициент;

Коэффициент полноты сгорания топлива. Из уравнения теплового баланса камеры, отнесенного к 1 кг сжигаемого топлива [9]:

$$\eta_r = \frac{(1 + \alpha_{\Sigma} L_0)(c_{pr} T_r^* - c_{pr} T_0^*) - \alpha_{\Sigma} L_0 (c_{pv} T_v^* - c_{pv} T_0^*) - (c_{pt} T_t^*)}{Q_H^p} \quad (5)$$

где, T_r^* - температура газов на выходе из камеры сгорания, К;

T_0^* – стандартная температура определения теплоты сгорания топлива (температура калориметрирования), К;

T_v^* - температура воздуха на входе в камеру сгорания, К;

T_t^* - температура топлива на входе в форсунку;

Q_H^p – низшая теплота сгорания рабочего топлива для пропана, 47540 кДж/кг; 91,27 МДж/м³, 21800 ккал/м³.

c_{pv} , – средняя массовая теплоемкость воздуха при температуре, стоящей сомножителем у названного параметра, кДж/кгК;

c_{pr} – средняя массовая теплоемкость газа при температуре, стоящей сомножителем у названного параметра, кДж/кгК;

c_{pt} – средняя массовая теплоемкость топлива (пропан) при температуре, стоящей сомножителем у названного параметра, кДж/кг К.

При расчете искомой общей неравномерности, в результате обработки полученных в ходе эксперимента, выбираются максимальное и минимальное значение температуры.

$$\delta = \frac{T_{r.max}^* - T_{r.min}^*}{T_v^*} \cdot 100\% \quad (6)$$

где, $T_{r.max}^*$, $T_{r.min}^*$ – температура газов на выходе из камеры сгорания, К;

T_v^* – температура воздуха на выходе из камеры сгорания, К.

Целью проведения экспериментального исследования горелочного устройства для сжигания природного газа (пропана) на основе трубы Вентури и внезапного расширения, является выбор оптимального режима

горения с низким выходом NO_x и исследования влияния диаметров насадок на процессы стабилизации и смесеобразования. Стенд для изучения горелочных устройств с разными насадками, которые относятся к микрофакельному способу сжигания топлива представлен на рисунке 1. Локация стенда был расположен на территории «ТОО Казкотлосервис».

Экспериментальный стенд для изучения работы горелочных устройств с различными диаметрами насадок, которые являются стабилизаторами, имитирует работу малых водогрейных котлов.

Топливо подвалась газбалонем 1, температура газа соответствовала температуре наружного воздуха, которая составляла $18 \div 23^\circ\text{C}$. До подачи к микромодульной газовой горелке производились измерения основных характеристик топлива манометром 2 и газовым счетчиком 3.

Воздух подавался вентилятором 4, стабилизационные трубы установлены на выходе из вентилятора 4 для выравниваний полей скоростей, длина, которой составляла 1,2 м, а диаметр $\varnothing 0,15$ см.

Топливная трубка $\varnothing 0,04\text{м}$ установлена на узком сечении горелки, в стабилизационной трубе установлены коллекторы статического давления и насадок полного давления 6, которые входят в многофункциональную измерительную систему «TESTO 454-п», для определения расхода и поля скоростей потока, а температура воздуха на входе определялась с помощью термопарой хромель-копелевой (ТХК) «Метран 232-02» 7, которая предназначена для измерения значений температуры воздуха до 800°C .

Температура продуктов сгорания измерялась с помощью термопары хромель-алюмелевой (ТХА) «Метран 231-02» 8, диапазон измерения которой составляет от -40°C до $+1200^\circ\text{C}$,

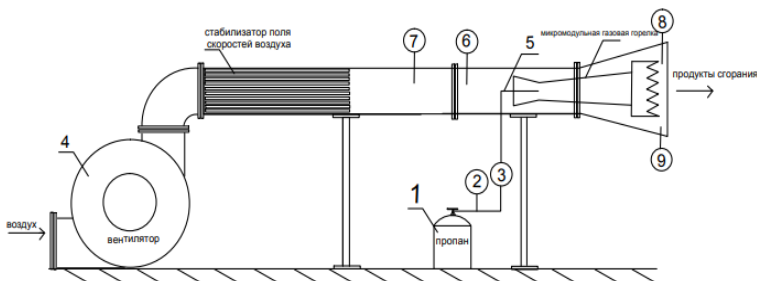
На выходе из горелки проводился газовый анализ, измерение температур, скоростей потоков газовых сред с использованием газоанализатора «TESTO 350» 9. Анализ проб продуктов сгорания для химического анализа производился на выхлопе зондом «Testo-350» на расстоянии 13–15 см от ядра факела.

С помощью портативного компьютера осуществлялся сбор данных по всем измерительным прибора экспериментального стенда.

В качестве микрофакельного горелочного устройства использовано микромодульная газовая горелка для сжигания природного газа (пропан) по патенту на изобретение РК № 36180 [10].

Горелочное устройство для сжигания природного газа состоит из корпуса с сужающимся-расширяющимся каналом, на выходе – по оси горелки имеется распределительный конус, соединенный внутри с корпусом горелки. Пропан подается через топливную медную трубку $\varnothing 0,04$ м, расположенная по оси горелки в самом узком сечении,

происходит впрыск топлива по 6 отверстиям $\varnothing 0,01\text{м}$ перпендикулярно по оси.



1 – газбаллон (пропан), 2 – манометр, 3 – газовый счетчик,
4 – вентилятор, 5 – топливоподающая трубка, 6 –
многофункциональная измерительная система Testo 454 п, 7 – термопара
хромель-копелевая, 8 – термопара хромель-алюмелевая,
9 – газоанализатор Testo 350

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки
с измерительными приборами

Цилиндрические насадки с прорезями на выходе для экспериментального стенда были представлены в двух вариантах: $d_1=0,12\text{м}$ и $d_2=0,15\text{м}$, целью которого является выбор оптимального диаметра для стабилизации. Пропан находился в газовых баллонах, давление и расход которого, регулировался клапаном, манометром. Расход топлива контролировался электрическим расходомером, с точностью 1,25 % по всему диапазону измерений. Смешивание топливо - воздушной смеси происходило на узком сечении внутри трубы Вентури, а вторичный воздух подавался через прорези цилиндрической насадки.

Результаты и обсуждение

По результатам эксперимента, были выявлены влияния диаметров насадок на процессы стабилизации и смесеобразования, также эффективное сжигание природного газа (пропан) с устойчивым горением и уменьшением образования вредных выбросов.

Были проведены два эксперимента, первый – с диаметром $d_1=0,12\text{м}$, второй – $d_2=0,15\text{м}$. В каждом эксперименте было по 5 режимов, в каждом режиме по 5–7 замеров, на один замер понадобилось 1–1,5 минута. До начала экспериментов вручную производился количественный выбор

режимов, наиболее эффективный и оптимальный режим определялся визуальным качеством горения (цветом пламени) и по расходу газа и скорости воздуха, а также проводился инструментальный анализ уходящих газов, с точкой отбора для анализа уходящих газов были выбраны точки на расстоянии 13–15 см от ядра факела по визуальной длине факела. В начале каждого эксперимента производились исследования по выбору наиболее оптимального режима по расходу газа и скорости воздуха, а в последующих режимах или скорость воздуха, или с расход газа были постоянными. По данным, полученным в эксперименте, были построены нижеследующие графики.

Полнота сгорания. На рисунке 2 показаны изменения полноты сгорания топлива от коэффициента избытка воздуха. Зависимость полноты сгорания от коэффициента избытка воздуха зависит от присутствия большого количества воздуха, в данном случае, происходит увеличение полноты сгорания при повышении коэффициента избытка воздуха, тем самым, влияя на повышение уноса из зоны горения. Наблюдается резкое повышение полноты сгорания в насадке большего диаметра за счет снижения времени нахождения газов в зоне рециркуляции, а также происходит наибольшее изменение полноты сгорания в этой насадке.

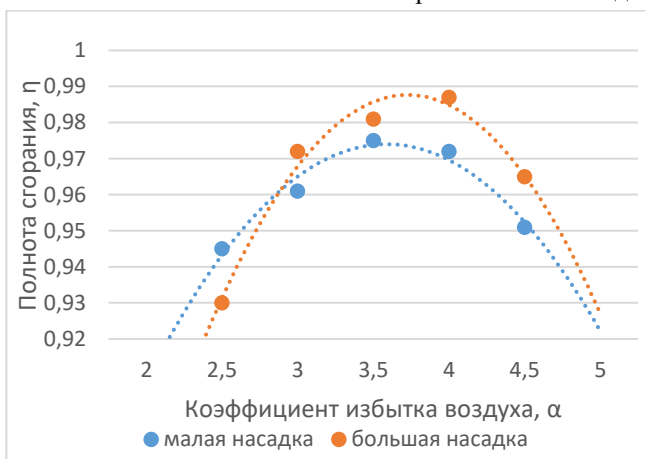


Рисунок 2 – Зависимость полноты сгорания от коэффициента избытка воздуха

На рисунке 3 представлена зависимость полноты сгорания от скорости воздуха. Судя по графику, наиболее полное горение

обеспечивается в большой насадке, диаметр которого равен $d_2=0,15\text{м}$ при скоростях диапазоном 9-11 м/с, что соответствует стехиометрическому соотношению топлива и воздуха. Наиболее эффективной насадкой с точки зрения полноты сгорания является насадка с большей диаметром. Данное обстоятельство объясняется наиболее эффективным перемешиванием топлива с воздухом в зоне рециркуляции. Не менее эффективным является малая насадка $d_1=0,12\text{м}$, так как эта насадка влияет меньше всего на структуру потока, создавая наименьшие рециркуляционные зоны.

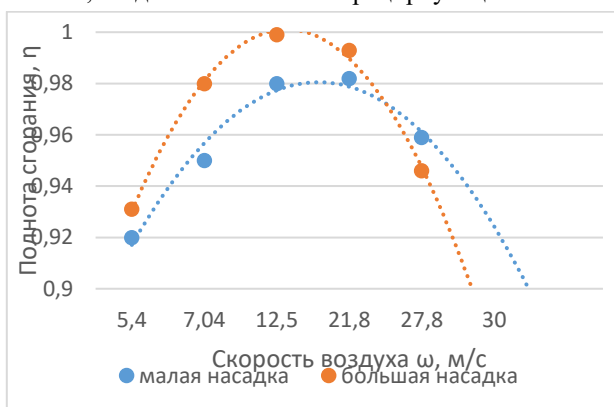


Рисунок 3 – Зависимость полноты сгорания от скорости воздуха

Температурная неравномерность. На рисунке 4 представлена зависимость температуры неравномерности от коэффициента избытка воздуха. Как видно из рисунка, увеличение избытка воздуха, т.е. увеличение расхода воздуха приводит к увеличению неравномерности в виду роста турбулентности в зоне горения. Большой поток воздуха, создает большие возмущения, что приводит к образованию неравномерных течений, увлечению горячих потоков в сторону и другие процессы.

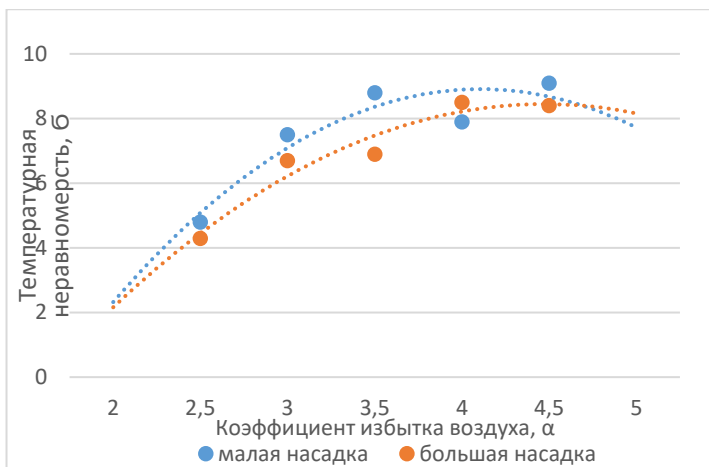


Рисунок 4 – Зависимость температуры неравномерности от коэффициента избытка воздуха

На рисунке 5 представлена зависимость температуры неравномерности от скорости воздуха. Как видно из рисунка, наиболее эффективной, с точки зрения обеспечения равномерного распределения температуры, является насадка с диаметром $d_2=0,15$ м.

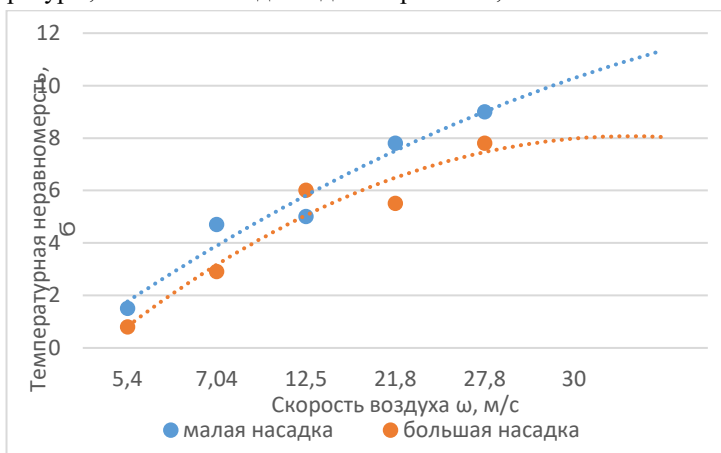


Рисунок 5 – Зависимость температуры неравномерности от скорости

Выводы

Пламя зажигалось при среднем расходе топлива, равным 0,0028кг/с, и изменяемым расходе воздуха в диапазоне 5-27,8 м/с при давлении подачи топлива от 0,02-0,14 МПа .

В результате эксперимента в насадке с диаметром $d_1=0,12\text{м}$ наблюдалось неполное сжигание топлива в связи неразвитой зоной обратных токов на насадке, в следствии чего, увеличивались концентрации вредных веществ. А также, при открытии угла щибера $\varphi=30^\circ$ со скоростью потока воздуха 11 м/с и при показании манометра 0,02МПа был зафиксирован срыв факела. Наиболее оптимальный режим в данной насадке был при $\varphi=50^\circ$ и при скорости потока воздуха 22 м/с с давлением подачи топлива 0,11МПа. При проведение эксперимента с насадкой диаметром $d_2=0,15\text{м}$, установлен наиболее оптимальный режим и достигнуто горение синего пламени на выходе из горелки при открытии угла щибера 55° , что, соответствовал, скорости потока воздуха 21,8 м/с при давлений подачи топлива 0,13МПа, а также, наблюдалось снижение образование концентрации вредных веществ при коэффициенте избытка воздуха от 3–5. К тому же, в данном режиме были развиты зоны обратных токов и качественное перемешивание ТВС. Эксперимент показал, что наиболее приемлемым для эффективного сжигания пропана является насадка диаметром $d_2=0,15\text{м}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Достяров, А. М., Умышев, Д. Р., Яманбекова, А. К., Катранова, Г. С., Ожикенова, Ж. Ф.** Сравнительный анализ различных микрофакельных устройств при помощи численного моделирования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. – №2. – С. 23–27
- 2 **Ishihara, T., Gotoh, T., Kaneda, Y.** Study of high-Reynolds number isotropic turbulence by direct numerical simulation. // Annu. Rev. Fluid Mech. – 2009. – 41. –С.165–180.
- 3 **Мизхер, У. Д., Чукалин, А. В., Бусыгин, С. В., Ковальногов, В. Н, Федоров, Р. В.** – «Моделирование исследование процессов горения топливовоздушных смесей на основе биогаза» // Вестник : УлГТУ2–3/2020. –Р. 35–41.
- 4 **Redko, A., Redko, I.** – «Numerical Investigation Low-Caloric Gas Burning Process in a Bottom Burner» // PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 2(34)2017 TERMOENERGETICA. – Р. 71-80.

5 **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.

6 **Reijnders, J., Luijten, B. C., Goey, L. D.** Investigation of direct-injection via micro-porous injector nozzle // Proceedings of the 4th European combustion meeting conference paper. – Vienna: 2009. – P. 1–6.

7 **Campbell, A., Goldmeer, J., Healy, T., Washam, R., Molière, M.** Heavy duty gas turbines fuel flexibility // Proceedings of the ASME Turbo Expo 2008: Combustion, Fuels and Emissions, Parts A and B. – Berlin : ASME, 2008. – P. 1077–1085.

8 **Sarakeshova, N. N., Makzumova, A. K., Vernitskas, P., Kartjanov, N. R.** «NUMERICAL SIMULATION OF AERODYNAMIC AIR FLOW IN A MICROMODULE GAS BURNER» // Proceedings of the XI International scientific-practice conference «Actual problems of transport and energy: The ways of its innovative solutions». – Astana – 2023;

9 **Пчелкин, Ю. М.** Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.

10 **Саракешова, Н. Н., Достияров, А. М.** Патент на изобретение РК №36180. Микромодульная газовая горелка // Оpubл. 21.07.2023 г.

REFERENCES

1 **Dostiyarov, A. M., Umyshev, D. R., Yamanbekova, A. K., Katranova, G. S., Ozhikenova, J. F.** Srovnitelnyy analiz razlichnykh mikrofaekelnykh ustroystv pri pomoshi chislennogo modelirovaniya // Mejdunarodnyi jurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy [Comparative analysis of various microfakel devices using numerical modeling // International Journal of Applied and Fundamental Research] – 2019. – №2. – P. 23–27.

2 **Ishihara, T., Gotoh, T., Kaneda, Y.** Study of high-Reynolds number isotropic turbulence by direct numerical simulation. Annu. Rev. Fluid Mech. –2009, –41, –С.165–180.

3 **Mizher, U. D., Chukalin, A. V., Busygin, S. V., Kovalnogov, V. N., Fedorov, R. V.** – «Modelirovanie issledovanie protsessov goreniya toplivovozdushnykh smesei na osnove biogaza» [Modeling the study of combustion processes of fuel-air mixtures based on biogas] // Vestnik : UIGTU2–3/2020, –P. 35–41.

4 **Redko, A., Redko, I.** – «Numerical Investigation Low-Caloric Gas Burning Process in a Bottom Burner» // PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 2(34)2017 TERMOENERGETICA, –С. 71–80.

5 **Suslov, D. Yu., Ramazanov, R. S.** – «Modelirovanie sjiganiya biogaza v injeksionnoi gorelke s teplovym rassekatelom» [«Modeling of biogas combustion in an injection burner with a thermal divider»] // Vestnik BGTU im.

V.G. Shuhova – 2020. –№4, – P. 40–47.

6 **Reijnders, J., Luijten, B. C., Goey, L. D.** Investigation of direct-injection via micro-porous injector nozzle // Proceedings of the 4th European combustion meeting conference paper. – Vienna: 2009. – P. 1–6.

7 **Campbell, A., Goldmeer, J., Healy, T., Washam, R., Molie`re, M.** Heavy duty gas turbines fuel flexibility // Proceedings of the ASME Turbo Expo 2008:Combustion, Fuels and Emissions, Parts A and B. – Berlin : ASME, 2008. – P. 1077–1085.

8 **Sarakeshova, N. N., Makzumova, A.K., Vernitskas, P., Kartjanov, N.R.** «NUMERICAL SIMULATION OF AERODYNAMIC AIR FLOW IN A MICROMODULE GAS BURNER»//Proceedings of the XI International scientific-practice conference «Actual problems of transport and energy: The ways of its innovative solutions» - Astana –2023;

9 **Pchelkin, Yu. M.** Kamery sgoraniya gazoturbinnih dvigatelei [Combustion chambers of gas turbine engines.] – Moscow :Mashinostroenie - 1984. – 280 p.

10 **Sarakeshova, N. N., Dostiyarov, A. M.** Patent na izobretenie RK №36180. Mikromodulnaya gazovaya gorelka [Patent for the invention of the Republic of Kazakhstan No. 36180. Micromodule gas burner] // Opubl. 21.07.2023g.

Поступило в редакцию 31.01.24.

Поступило с исправлениями 07.02.24.

Принято в печать 01.03.24.

**Н. Н.Саракешова¹, А. М. Достияров¹, М. С.Коробков²,
А. К. Яманбекова²*

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.

²Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

31.01.24 ж. баспаға түсті.

07.02.24 ж. түзетулерімен түсті.

01.03.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫҚ СТЕНДТЕ МИКРОМОДУЛЬДІ ГАЗ ОТТЫҒЫНЫҢ ШЫҒЫСЫНДА КЕНЕТТЕН КЕҢЕЙТУ АЙМАҒЫНДАҒЫ ЖАНУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада микромодульдік газ оттығының шығуда кенеттен кеңею кезінде жану процесстерін зерттеу мақсатында эксперименттік стендтің сипаттамасы келтірілген. Әр түрлі саптамалармен эксперименттердің нәтижелері келтірілген, атап айтқанда, $d_1=0,12$ м және $d_2=0,15$ м шығатын саңылаулары бар саптамалар. Әр эксперименттегі режимдер саны – 5. Эксперименттер басталғанға дейін сандық режимін таңдау жүргізілді, неғұрлым тиімді және оңтайлы режимі визуалды түрде анықталды. Олар: жану сапасы (түспен жалынның), шығыс бойынша газ және ауаның жылдамдығы. Сондай-ақ, шығатын газдардың сапасы мен құрамын зерттеу мақсатында отын ядросының алауынан 13–15 см қашықтықта болатын іріктеу нүктелері бойынша аспаптық талдау жүргізілген. Эксперимент барысында саптамалардың диаметрлерінің тұрақтандыру және қоспа түзілу процесстеріне әсері зерттелді. Эксперимент барысында алынған мәліметтер дизайнды одан әрі жетілдіруге және микро модульді газ оттығының максималды тиімділігіне қол жеткізуге негіз бола алады. Алынған эксперимент деректері бойынша графиктер (жанудың толықтығы, температураның біркелкі еместігі, заттардың концентрациясы) салынды және қорытындылар шығарылды.

Кілтті сөздер: жану құрылғысы, тұрақтандырғыштар, кенеттен кеңею, артық ауа коэффициенті, жану толықтығы, рециркуляция аймақтары, температураның біркелкі еместігі.

*N. N. Sarakeshova¹, A. M. Dostiyarov¹, M. S. Korobov²,
A. K. Amanbekova²

¹ Kazakh Agrotechnical Research University named S. Seifullin,
Republic of Kazakhstan, Astana.

² Almaty University of Energy and Communications named G. Daukeev,
Republic of Kazakhstan, Almaty

Received 31.01.24.

Received in revised form 07.02.24.

Accepted for publication 01.03.24.

INVESTIGATION OF THE COMBUSTION PROCESS OF A MICROMODULE GAS BURNER ON AN EXPERIMENTAL STAND WITH A SUDDEN EXPANSION AT THE OUTLET

The article presents a description of an experimental stand for the purpose of studying the combustion processes of a micromodule gas burner with a sudden expansion at the outlet. The results of tests with different nozzles are presented, namely nozzles with slots at the outlet $d_1=0.12\text{m}$ and $d_2=0.15\text{m}$. The number of modes in each experiment is 5. Prior to the start of the experiments, a quantitative selection of modes was manually performed, the most effective and optimal mode was determined by the visual quality of combustion (flame color), gas consumption and air velocity, and an instrumental analysis of exhaust gases was carried out, with a selection point for the analysis of exhaust gases, points at a distance of 13–15cm from the core of the torch along the visual length of the combustion. During the experiment, the influence of nozzle diameters on stabilization and mixing processes, as well as effective combustion of natural gas (propane) with stable combustion and reduction of harmful emissions were studied. Based on the experimental data obtained, graphs were constructed (completeness of combustion, temperature unevenness, concentration of substances), and the results were summarized. The data obtained during the experiment can serve as a basis for further improvement of the design and achievement of maximum efficiency of a micromodule gas burner.

Keywords: burner device, sudden expansion, stabilizers, excess air coefficient, combustion completeness, recirculation zones, temperature unevenness.

Теруге 06.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс №4204

Сдано в набор 06.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4204

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz