

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 (2023)

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://10.48081/BNAS6555>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., профессор

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*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков 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

© Торайгыров университет

***М. А. Ануарбеков¹, Ж. А. Айдымбаева²,
Н. Н. Саракешова³**

^{1,3}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Астана;

²Алматинский университет энергетики и связи имени
Гумарбека Даукеева, Республика Казахстан, г. Алматы;
email: ma-0795@mail.ru

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СЖИГАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА

В статье приводится описание экспериментального стенда для сжигания синтетического газа в горелочном устройстве. Синтетический газ является низкорреакционным топливом, состав которых постоянно изменяется, в связи с этим необходимо выбрать оптимальный угол стабилизаторов для эффективного сжигания синтетического газа разного состава. Приведены результаты экспериментов с разными стабилизаторами, первый – с углом стабилизаторов равным 45, второй – 60, третий – полукруг. В каждом эксперименте было по 7 режимов. В начале в каждом эксперименте был установлен оптимальный режим по расходу газа и скорости воздуха. В последующих режимах скорость воздуха изменялась, а расход газа был постоянным. В ходе эксперимента, исследовалось влияние угла стабилизаторов на процессы стабилизации, эффективное сжигание синтетического газа с устойчивым горением и уменьшением образования вредных выбросов. Уголкового стабилизаторы для экспериментального стенда были представлены в трех вариантах (45, 60 и полукруг) для нахождения оптимального угла стабилизатора при котором происходит устойчивое горение с низким выходом вредных выбросов оксидов азота. Было проведено достаточно экспериментов, чтобы уменьшить значения абсолютной погрешности. После сбора всех

необходимых данных по исследуемым параметрам вычислялись средние значения арифметических или геометрических параметров. По данным результатов эксперимента были построены графики (плотности сгорания, температурной неравномерности, концентрации веществ), и по ним сделано обсуждение.

Ключевые слова: горелочное устройство, уголковые стабилизаторы, синтетический газ, закрученные потоки, коэффициента избытка воздуха, плотота сгорания.

Введение

Возобновляемые источники энергии, в том числе использование синтетический и биогазов для Казахстана являются актуальными. А индивидуальные аграрные хозяйства все больше нуждаются в универсальных горелочных устройствах, в которых эффективно можно было бы сжигать синтетические газы разного состава. Это возможно в микрофакельных горелках с изменением степени закрутки потока воздуха.

Известно горелочное устройство для сжигания низкокалорийных топлив – трубчатая горелка [1], в котором топливо поступает из множество трубок, а воздух для горения через межтрубное пространство. Смешивание происходит в струйных потоках на выходе из труб. Недостатком такого устройства является плохое перемешивание топлива с окислителем, как следствие его низкая эффективность горения и высокое содержание выбросов.

Прототипом изобретения является блок горелки для сжигания низкокалорийных газов [2], который содержит расширительную трубу горелки с трубой подачи топливовоздушной смеси (ТВС) расположенной на одной оси с ним; на выходе расширительной трубы имеется распределительный узел с завихрительными лопатками с углами поворота 20–45° относительно оси горелки, а с наружи горелки в распределительный узел соединен дефлектор в форме усеченного конуса расширяющегося от выхода горелки относительно оси горелки на 20–45°.

Прототипу присуще следующие недостатки: необходимость подачи предварительно перемешанной ТВС, низкая стабилизация пламени выходным дефлектором и для стабилизации пламени необходимость установки вспомогательных горелок. А также выходной дефлектор имеет низкую микрофакельность горения, как следствие его высокие локальные температуры, соответственно, большие выбросы NOx [3].

В работах [4] разработана конструкция горелки для сжигания синтетических газов, называемая противоточная вихревая горелка. Противоточная вихревая горелка состоит из вихревой камеры, куда поступает топливо и входит окислитель закрученным тангенциальным потоком.

Из-за сильной закрутки потока, воздух с топливом, перемешиваясь, в центре горелки создает противоточное вихревое ядро направленное к выходу вихревой камеры. На выходе из вихревой камеры устанавливается сопло-диафрагма для предотвращения проскока пламени. Авторы показывают, что применение особенностей диафрагмированных ограниченных закрученных течений позволяет увеличить время пребывания ТВС в зоне высокой температуры и повысить устойчивость горения в обеднённой по отношению к топливу смеси за счет организации в проточной части горелочных устройств газодинамического противотока вихрей, а так же развитых крупномасштабных рециркуляционных течений [5, 6]. Эффекты применяемые в противоточной вихревой горелке также используется и циклонно-вихревой горелке Штыма, которая используется в котлах для сжигания твердого топлива [7].

Разработанная и исследованная горелка может быть использована в различных топливосжигающих устройствах, где будет использован синтетический и биогаз в качестве топлива. Полученные результаты исследования будут полезны для создания малотоксичных камер сгорания, теплогенераторов и водогрейных котлов.

Материалы и методы

В ходе эксперимента перед началом каждого режима записывались показания на счетчике и время начала, а после окончания режима записывалось время окончания с показаниями на счетчике. Таким образом, мы смогли определить время и расход газа в режиме. Расход газа определяем следующим образом:

$$G_T = \frac{\Delta G_T}{\Delta t}, \text{ кг/с} \quad (1)$$

где ΔG_T – расход газа в кг за отрезок времени Δt .

Регулируем необходимый воздух, устанавливая регулятор (заслонка), который регулирует поток воздуха на выходе вентилятора. В каждом режиме статическое давление воздуха на входе в горелку измерялось с помощью многофункциональной измерительной системы Testo 454 п.

Определяя статическое давление воздуха на входе в горелку, определяем скорость воздуха в каждом режиме следующим образом [8]:

$$w_B = \sqrt{\frac{2 \cdot P_B}{\rho}}, \text{ м/с} \quad (2)$$

где, ρ – плотность воздуха, 1,225 кг/м³;

P_B – статическое давления воздуха на входе в камеру сгорания, Па.

Расход воздуха, кг/с:

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

где, w_B – скорость воздуха, м/с;

d – диаметр при выходе вентилятора, м.

Избыток воздуха α [1] рассчитывался по следующему уравнению:

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

где, L_0 – стехиометрический коэффициент [8];

Коэффициент полноты сгорания топлива. Из уравнения теплового баланса камеры, отнесенного к 1 кг сжигаемого топлива [8]:

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

где, T_r^* – температура газов на выходе из камеры сгорания, К [8];

T_0^* – стандартная температура определения теплоты сгорания топлива, К [8];

T_B^* – температура воздуха на входе в камеру сгорания, К [8];

T_r^* – температура топлива на входе в форсунку [8];

Q_n^p – низшая теплота сгорания рабочего топлива [8] кДж/кг; МДж/м₃.

c_{pv}, c_{pr}, c_{pt} – средняя массовая теплоемкость воздуха, газа и топлива при температуре, стоящей сомножителем у названного параметра, кДж/кг · К [9];

Определение степени неравномерности поля температур на выходе из камеры сгорания. При расчете искомой общей неравномерности, в результате обработки полученных в ходе эксперимента, выбираются максимальное и минимальное значение температуры.

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

где, $T_{r,max}^*$ – температура газов на выходе из камеры сгорания, К [8];

Описание экспериментального стенда

Целью проведения экспериментального исследования горелочных устройств для сжигания синтетических газов на основе закрученного потока служит экспериментальный стенд описанный ниже.

Стенд для изучения горелочных устройств с разными уголковыми стабилизаторами, которые относятся к микрофакельному способу сжигания топлива представлен на рисунке 1.

Подача топлива осуществлялась газбаллоном **1**, температура газа соответствовала температуре наружного воздуха, которая составляла 26300С. Перед подачей к горелочному устройству с помощью измерительных приборов: манометр **2** и газовый счетчик **3**, измерялись основные характеристики топлива.

Источником воздуха был вентилятор **4** радиальный «Venus DF5» улитка центробежная высокого давления.

На выходе из вентилятора **4** была установлена стабилизационная труба **5** длина, которой составляла 120 см, а диаметр \varnothing 15 см. Она предназначена для выравнивания полей скоростей.

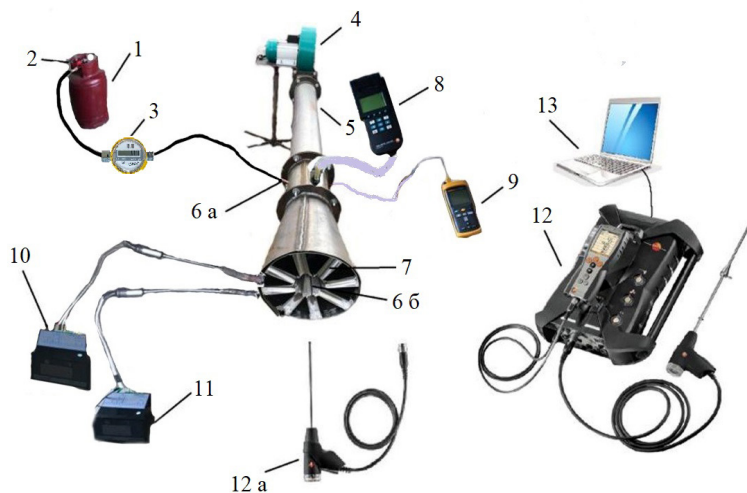
В стабилизационной трубе диффузора фронтального устройства с горелкой **7** находится мерный участок **6a** для измерения параметров подающего воздуха из вентилятора. В мерном участке **6a** установлены коллекторы статического давления и насадок полного давления **8**, которые входят в многофункциональную измерительную систему «TESTO 454-п», для определения расхода и поля скоростей потока, а температура воздуха на входе определялась с помощью контактного термометра «Fluke 52 П» **9**.

Температура продуктов сгорания измерялась с помощью термопары типа термопара хромель-алюмелевая (ТХА) «Метран 231-02» **10**, диапазон измерения которой составляет от -40 0С до +1200 0С, а температура воздуха на выходе из горелки измерялась с помощью термопары типа термопара хромель-копелевая (ТХК) «Метран 232-02» **11**, которая предназначена для измерения значений температуры воздуха до 800°С.

На выходе из горелки **7** проводился газовый анализ, измерение температур, скоростей потоков газовых сред с использованием газоанализатора «TESTO 350». Анализ проб продуктов сгорания для химического анализа производился на выхлопе зондом «Testo-350» **12a**.

С помощью портативного компьютера **13** осуществлялся сбор данных по всем измерительным приборам экспериментального стенда.

В качестве микрофакельного горелочного устройства использовано микрофакельная горелка для сжигания синтетических газов по патенту на изобретение РК № 35652 [10] и биогазов по патенту на изобретение РК №35652 [3].



1 – газбалон (пропан), 2 – клапан, 3 – газовый счетчик, 4 – вентилятор, 5 – стабилизирующая труба, 6 а – топливоподающая трубка, 6 б – топливоподающая трубка каждому стабилизатору, 7 – стабилизаторы, 8 – многофункциональная измерительная система testo 454 п, 9 – контактный термометр Fluke 52 II, 10 – термопара хромель копелевая, 11 – хромель-алюмелевая термопара, 12, 12 а – газоанализатор Testo 350, 13 – портативный компьютер.

Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда с измерительными приборами

Синтетический газ является низкорекреационным топливом, состав которых постоянно изменяется, в связи с этим необходимо выбрать оптимальный угол стабилизаторов для эффективного сжигания синтетического и биогаза разного состава. Уголкиевые стабилизаторы для экспериментального стенда были представлены в трех вариантах (45, 60 и полукруг) для нахождения оптимального угла стабилизатора при котором происходит устойчивое горение с низким выходом вредных выбросов оксидов азота. Общий вид уголкиевых стабилизаторов представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общий вид угловых стабилизаторов

Результаты и обсуждение

По итогам проведенных экспериментальных исследований осуществляется сбор данных и их дальнейший анализ для эффективного сжигания синтетического газа с устойчивым горением и уменьшением образования вредных выбросов.

Было проведено достаточно экспериментов, чтобы уменьшить значения абсолютной погрешности. После сбора всех необходимых данных по исследуемым параметрам вычислялись средние значения арифметических или геометрических параметров. По данным, полученным в эксперименте, были построены нижеследующие графики.

Полнота сгорания

На рисунке 3 представлены изменение полноты сгорания топлива от коэффициента избытка воздуха. При увеличении коэффициента избытка воздуха происходит повышение полноты сгорания до достижения максимума и затем снижение за счет участия большого количество воздуха, что приводит к повышению уноса топлива из зоны горения. Более резкое падение полноты сгорания топлива замечено для стабилизаторов имеющие полукруглую форму. Наибольшее изменение полноты сгорания происходит для стабилизаторов с углом 60°, за счет снижения времени нахождения газов в зоне рециркуляции.

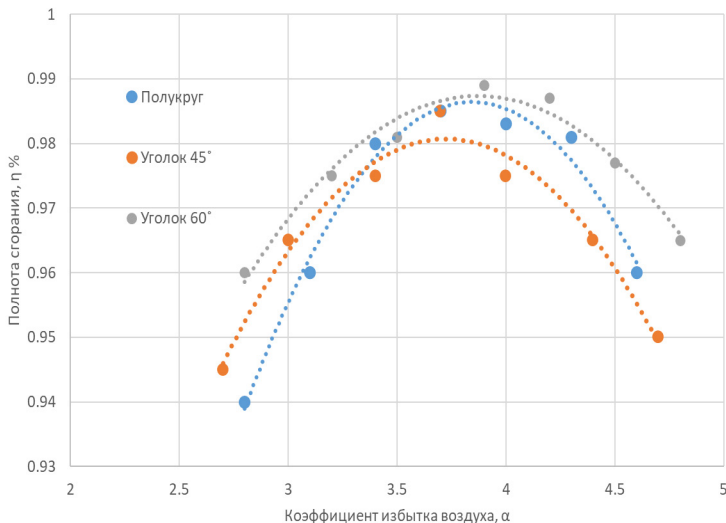


Рисунок 3 – Зависимость полноты сгорания от коэффициента избытка воздуха

На рисунке 4 представлены зависимость полноты сгорания от скорости воздуха. Как видно из рисунка, наиболее полное горение обеспечивает полукруглый стабилизатор. Как видно из рисунка, наиболее полное сгорание топлива происходит при скоростях воздуха равным 10–12 м/с, что соответствует стехиометрическому соотношению топлива и воздуха. Наиболее эффективным стабилизатором с точки зрения полноты сгорания является стабилизатор в форме полукруга. Данное обстоятельство объясняется наиболее эффективным перемешиванием топлива с воздухом в зоне рециркуляции. Менееэффективным является уголок в 45°, так как такой уголок влияет меньше всего на структуру потока – создает наименьшие рециркуляционные зоны.

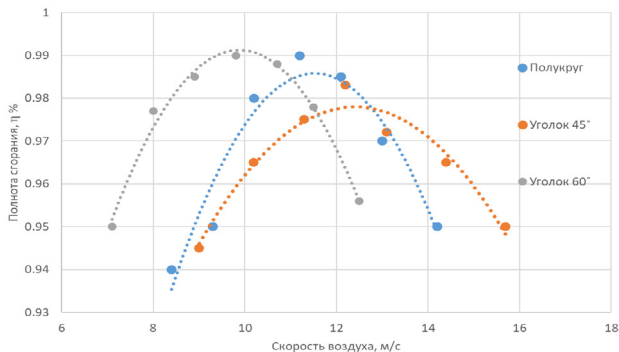


Рисунок 4 – Зависимость полноты сгорания от скорости воздуха

Температурная неравномерность

На рисунке 5 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 можно увидеть на рисунке 5, что приводит к образованию неравномерных течений, увлечению горячих потоков в сторону и другие процессы.

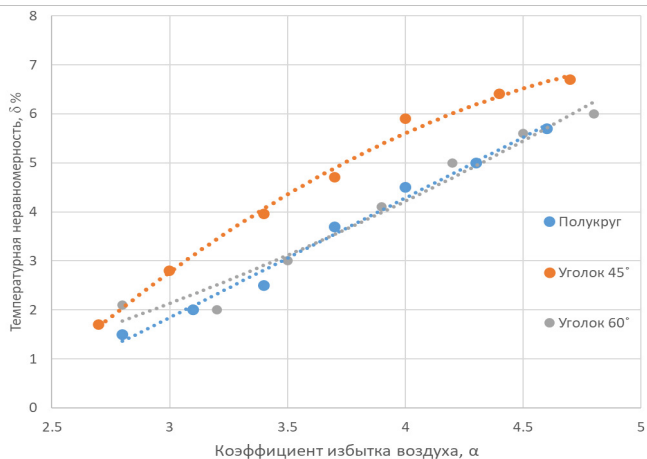


Рисунок 5 – Зависимость температуры неравномерности от коэффициента избытка воздуха

На рисунке 6 представлена зависимость температуры неравномерности от скорости воздуха. Как видно из рисунка, наиболее эффективным с точки зрения обеспечения равномерного распределения температуры являются полукруглые стабилизаторы. Угловые имеют схожий характер. Исследования показывают, что увеличение скорости приводит к увеличению температурной неравномерности, это объясняется повышением турбулентности течения потока.

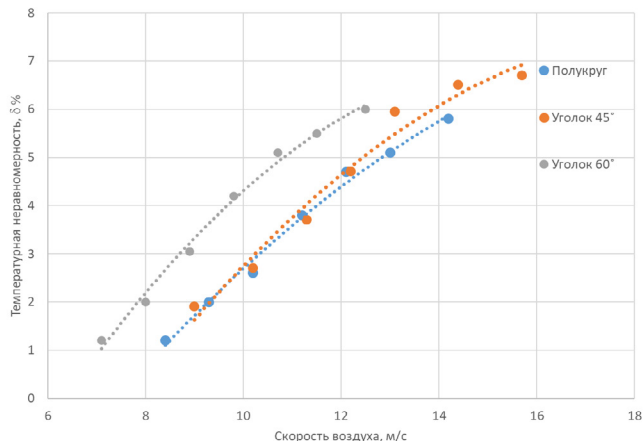


Рисунок 6 – Зависимость температуры неравномерности от скорости воздуха

Концентрации веществ

На рисунке 7 представлена зависимость концентрации оксидов азота от коэффициента избытка воздуха. Известно, что температура газов зависит от количества воздуха поступающего в зону горения. При увеличении воздуха в зоне горения средняя температура в ней снижается. Аналогично предыдущему графику, со снижением температуры газов, за счет наличия большого количества воздуха в зоне горения, снижаются и концентрации оксидов азота. Наименьшие концентрации оксидов азота присущи стабилизаторам в виде полукруга.

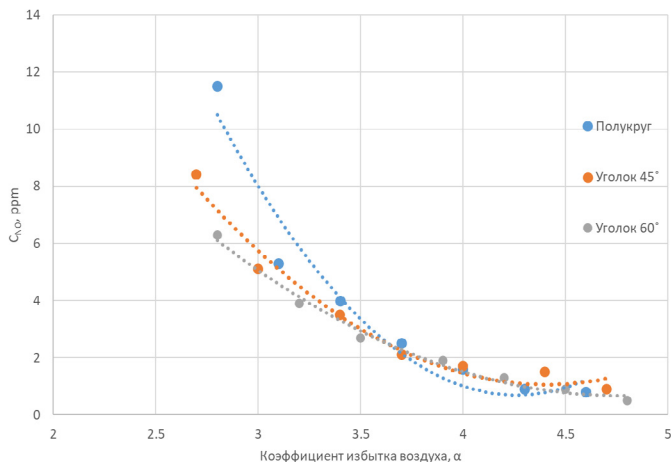


Рисунок 7 – Зависимость C_{NO} от коэффициента избытка воздуха

Выводы

При проведении эксперимента с уголковыми стабилизаторами 45 в ряде случаях наблюдалось неполное сжигание топлива в связи с некачественным перемешиванием топливно-воздушной смеси и неразвитой зоной обратных токов на стабилизаторах, в следствии чего расход топлива увеличился до 1,2 г/с.

При проведении эксперимента с уголковыми стабилизаторами 60, были внесены изменения в количество стабилизаторов с 8 до 6 единиц, для увеличения межстабилизаторного пространства и уменьшения расхода топлива до 0,92 г/с. Однако, в ходе эксперимента наблюдалось нестабильное горение бедной смеси.

При проведении эксперимента с уголковыми стабилизаторами, выполненными в виде полукруга, наблюдалось горение синего пламени на выходе из горелки, что связано с развитой зоной обратных токов и качественным перемешиванием ТВС.

Эксперимент показал, что наиболее приемлемыми для эффективного сжигания синтетических и биогазов являются стабилизаторы в виде полукруга.

Хотелось бы отметить, что в ряде режимов при установке стабилизаторов с углами 45/60 было зафиксировано наличие синего пламени, но в отношении к общему количеству просчитанных режимов эти случаи незначительны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Хзмалян, Д. М., Каган, Я. А.**, Теория горения и топочные устройства. Учебное пособие для студ. вузов. М. : «Энергия», 1976. – С. 174 – 175.
- 2 Патент RU2622353. Блок горелки для сжигания низкокалорийных газов/ Скачков, Р. А., Менгер, К., Гусев, М. П., Сердюк, К. М., Хан, В. К., Оpubл. 2017–06–14
- 3 Патент на изобретение РК №35652. Микрофакельная горелка для сжигания синтетических газов/Ануарбеков, М. А., Достияров, А. М., Картджанов, Н. Р., Оpubл. 06.05.2022.
- 4 **Гурьянов, А. И.**, Экспериментальное и теоретическое исследование механизмов горения в ограниченном закрученном потоке / Гурьянов, А. И., Пиралишвили, Ш. А., // Тепловые процессы в технике. – 2009. – Т. 1 – №5. – С. 170–177.
- 5 **Бирюк, В. В., Веретенников, С. В., Гурьянов, А. И., Пиралишвили, Ш. А., Вихревой эффект.** Технические приложения. Том 2 (Часть 1). М. : Научтехлитиздат, 2014. – 288 с.
- 6 Патент RU2740240С1. Горелка вихревая противоточная / Илиев, Р. Л., Мешков, С. А., Миславский, Б. В., Опубликовано 2021–01–12.
- 7 **Штым, А. Н.**, Аэродинамика циклонно-вихревых камер. – Владивосток: Изд. ДВГУ, 1984. – 200 с.
- 8 **Пчелкин, Ю. М.**, Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – М. : Машиностроение, 1984. – 280 с.
- 9 **Пчелкин, Ю. М.**, Учебное пособие «Характеристики работы камер сгорания ГТД». М., 1978. – 282 с.
- 10 Патент на изобретение РК №35865. Горелочное устройство для сжигания биогаза/Ануарбеков М. А., Достияров А. М., Оpubл. 30.09.2022.

REFERENCES

- 1 **Khzmalyan, D. M., Kagan, Ya. A.**, «Teoriya goreniya i topochnye ustrojstva», [Theory of combustion and furnace devices]. Textbook for students. universities. Moscow: Energia, 1976. – P. 174–175.
- 2 Patent RU2622353. «Blok gorelki dlya szhiganiya nizkokalorijnyh gazov», [Burner unit for burning low-calorie gases]/ Skachkov, R. A., Menger, K., Gusev, M. P., Serdyuk, K. M., Khan, V. K., Publ. 2017–06–14
- 3 Patent for the invention of RK No. 35652. «Mikrofakelnaya gorelka dlya szhiganiya sinteticheskikh gazov», [Microfakel burner for burning synthetic gases]/ Anuarbekov, M. A., Dostiyarov, A. M., Kartdzhanov, N. R., Publ. 06.05.2022.

4 **Guryanov, A. I.** «Eksperimentalnoe i teoreticheskoe issledovanie mekhanizmov gorenija v ogranichenom zakruchennom potoke», [Experimental and theoretical study of combustion mechanisms in a limited swirling flow] / Guryanov, A. I., Piralishvili, Sh. A., // Thermal processes in technology. – 2009. – Vol.1– No. 5. – P. 170–177.

5 **Biryuk, V. V., Veretennikov, S. V., Guryanov, A. I., Piralishvili, S., A.** «Vihrevoj effekt», [Vortex effect]. Technical applications. Volume 2 (Part 1). Moscow: Nauchtekhlitizdat, 2014. – 288 p.

6 Patent RU2740240C1. «Gorelka vihrevaya protivotochnaya», [Countercurrent vortex burner] / Iliev, R. L., Meshkov, S. A., Mislavsky, B. V., Published 2021-01-12.

7 **Shtym, A. N.**, «Aerodinamika ciklonno-vihrevykh kamer», [Aerodynamics of cyclone-vortex chambers]. – Vladivostok: Publishing House of DVSU, 1984. – 200 p.

8 **Pchelkin, Yu. M.**, «Kamery sgoraniya gazoturbinykh dvigatelej», [Combustion chambers of gas turbine engines]. – Moscow: Mechanical Engineering, 1984. – 280 p

9 **Pchelkin, Yu. M.**, Textbook «Harakteristiki raboty kamer sgoraniya GTD», [Characteristics of the combustion chambers of the gas turbine engine]. Moscow, 1978. – 282 p.

10 Patent for the invention of the Republic of Kazakhstan No. 35865. «Gorelochnoe ustrojstvo dlya szhiganiya biogaza», [Burner for biogas combustion] / Anuarbekov M. A., Dostiyarov A. M., Publ. 30.09.2022.

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

**М. А. Ануарбеков¹, Ж. А. Айдымбаева², Н. Н. Саракешова³,*

^{1,3}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қ.;

²Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және телекоммуникация
университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

ЭКСПЕРИМЕНТТІК СТЕНДТІҢ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ СИНТЕТИКАЛЫҚ ГАЗДЫ ЖАҒУҒА АРНАЛҒАН ЖАНАРҒЫ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Мақалада жану құрылғысында синтетикалық газды жағуға арналған эксперименттік стендтің сипаттамасы келтірілген. Синтетикалық газ құрамы үнемі өзгеріп отыратын төмен реактивті отын болып табылады, осыған байланысты әртүрлі құрамдағы

синтетикалық газды тиімді жағу үшін стабилизаторлардың оңтайлы бұрышын таңдау қажет. Әр түрлі стабилизаторлармен тәжірибе нәтижелері келтірілген, біріншісі – стабилизаторлардың бұрышы 45°, екіншісі–60°, үшіншісі-жарты шеңбер. Әр экспериментте 7 режим болды. Басында әр экспериментте газ шығыны мен ауа жылдамдығы үшін оңтайлы режим орнатылды. Кейінгі режимдерде ауа жылдамдығы өзгеріп, газ шығыны тұрақты болды. Эксперимент барысында, әсері стабилизаторлар процестеріне тұрақтандыру, тиімді жағу синтетикалық газды тұрақты жануына азаюымен зиянды. Эксперименттік стендке арналған стабилизаторлар үш нұсқада ұсынылды (45°, 60° және жартылай шеңбер) стабилизаторлардың оңтайлы бұрышын табу үшін онда азот оксидтерінің зиянды шығарындыларының төмен шығуымен тұрақты жану жүреді. Абсолютті қателік мәндерін азайту үшін жеткілікті эксперименттер жүргізілді. Зерттелетін параметрлер бойынша барлық қажетті деректерді жинағаннан кейін арифметикалық немесе геометриялық параметрлердің орташа мәндері есептелді. Эксперимент нәтижелеріне сәйкес графиктер салынды (жанудың толықтығы, температураның біркелкі концентстігі, заттардың концентрациясы) және олар бойынша талқылау жасалды.

Кілтті сөздер: жану құрылғысы, стабилизаторлар, синтетикалық газ, бұралған ағындар, артық ауа коэффициенті, жану толықтығы.

*М. А. Anuarbekov¹, Zh. A. Aydimbayeva², N. N. Sarakeshova³

^{1,3}S. Seifullina, Kazakh Agrotechnical University,
Republic of Kazakhstan, Astana;

²Gumarbek Daukeev Almaty University of Power Engineering
and Telecommunications, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Material received on 13.03.23

DESCRIPTION OF THE EXPERIMENTAL STAND AND THE RESULTS OF THE STUDY OF THE BURNER DEVICE FOR BURNING SYNTHETIC GAS

The article describes an experimental stand for burning synthetic gas in a burner device. Synthetic gas is a low-reaction fuel, the composition of which is constantly changing, and therefore it is necessary to choose the optimal angle of stabilizers for efficient combustion of synthetic gas of

different composition. The results of experiments with different stabilizers are presented, the first with the angle of the stabilizers equal to 45 °, the second – 60°, the third – a semicircle. There were 7 modes in each experiment. At the beginning of each experiment, the optimal mode for gas flow and air velocity was established. In subsequent modes, the air velocity changed, and the gas consumption was constant. During the experiment, the influence of the angle of stabilizers on the stabilization processes, the efficient combustion of synthetic gas with steady gorenje and reduction of harmful emissions was investigated. Corner stabilizers for the experimental stand were presented in three versions (45°, 60° and a semicircle) to find the optimal stabilizer angle at which stable combustion occurs with a low yield of harmful emissions of nitrogen oxides. Gorenje Enough experiments have been carried out to reduce the absolute error values. After collecting all the necessary data on the studied parameters, the average values of arithmetic or geometric parameters were calculated. According to the results of the experiment, graphs were constructed (completeness of combustion, temperature unevenness, concentration of substances), and a discussion was made on them.

Keywords: burner device, corner stabilizers, synthetic gas, swirling flows, excess air coefficient, completeness of combustion.

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«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