

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

№ 2 (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/ZSHT7059>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.,

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*
Сағындық Ә. Б. *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцен;</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А.Р.	<i>технический редактор</i>

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

МРНТИ 44.31.01

<https://doi.org/10.48081/GOHN5422>***М. А. Ануарбеков¹ А. К. Яманбекова²***¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана**²Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Республика Казахстан, г. Алматы***e-mail: maxatanuarbekov@gmail.com*

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРА ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Синтетический газ является низкорреакционным топливом, и его состав постоянно меняется. Поэтому для эффективного сжигания синтетического газа различного состава необходимо подобрать оптимальный угол наклона стабилизатора. Угольковые стабилизаторы имеют три разных угла: стабилизатор под углом 45° , стабилизатор под углом 60° и стабилизатор под углом в виде полукруга. Размеры угольковых стабилизаторов, оптимальные аэродинамические сечение за стабилизатором были просчитаны с применением численного моделирования в программе «Comsol Multiphysics 6.0». Основная цель заключалась в разработке физических моделей и численном исследовании аэродинамического потока воздуха (синтетического газа) в горелочном устройстве с целью определения оптимального угла стабилизаторов для эффективного горения топливно-воздушной смеси. Проведя анализ результатов численного моделирования угольковых стабилизаторов, что размеры, угол стабилизаторов существенно влияют на скоростные профили и аэродинамику. Особое внимание следует уделить области внутри угольковых стабилизаторов, где находится зона обратных токов. Влияние изменения скоростей на контуры скорости оказалось незначительным, однако общий вывод состоит в том, что угол наклона и форма стабилизатора оказывают влияние на процессы смешивания топливно-воздушной смеси и, следовательно, на стабилизацию, неполное сгорание топлива и выбросы оксидов азота.

Ключевые слова: угольковые стабилизаторы, аэродинамические сечение, закрученные потоки, зона обратных токов, контуры скорости, топливно-воздушной смеси.

Введение

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) в современном мире являются наиболее актуальными. В частности для Казахстана это получение биогазов от растительного и животного мира и использование биогазов для выделения тепла при сгорании для различных нужд фермерских хозяйств. Поэтому биогаз представляет собой состав различных газов и где CH_4 метана содержится гораздо меньше чем по сравнению с природным газом, поэтому они низкорекреационный и по составу постоянно меняется от газогенератора зависят. Добавление ферментов и условия режима от температуры биомассы. Поэтому необходимо создать универсальные горелочные устройства которые бы эффективно могли сжигать синтетические или биогазы разного состава. Анализ различных горелочных устройств показал что наиболее подходящими приемлими можно создать при использовании микрофакельного сжигания, с различными закрутками, с различными возвратами обратными течениями, но имеются циркуляционные эффекты. Потому что, для воспламенения биогаза и синтетического газа необходимо как можно в горячей зоне находились больше объема газов. Второе вы знаете температура воспламенения оно гораздо будет выше чем у метана и так далее. Поэтому, масса горячих газов и по времени должно определенным образом исследовать, провести исследование и выбрать наиболее лучший вариант рационально.

Закрученный поток характеризуется тремя составляющими скорости – радиальной, осевой и тангенциальной, которые около закручивающегося устройства соизмеримы друг с другом (рис. 1). При слабой закрутке потока аксиальная (осевая) составляющая скорости будет максимальной по оси. С увеличением закрутки аксиальная составляющая проваливается по оси и профиль скорости примет M-образную форму. При сильной закрутке появляется зона обратных токов по оси, называемые в горелках центральной зоной рециркуляции (ЦЗР). Дальнейшее увеличение закрутки образует прецессирующее вихревое ядро по оси потока. Одной из наиболее важных характеристик закрученного потока является создание отрицательного градиента давления как вдоль, так и поперек потока.

Сообщалось, что отрицательный градиент давления способствовал разрушению вихрей, что приводило к образованию зоны рециркуляции [1, 2], что, в свою очередь, улучшало стабильность пламени при сохранении более низких уровней выбросов [3] и работал как источник тепла и химических радикалов [4].

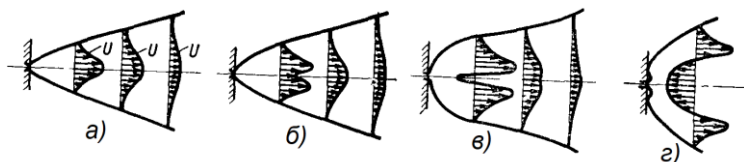


Рисунок 1 – Профиль скоростей свободных затопленных струй различной степени крутки:

а – слабо закрученная струя, б – умеренно закрученная струя, в – сильно закрученная сомкнутая струя, г – сильно закрученная разомкнутая струя.

Увеличение скорости закрутки входящего в камеру сгорания воздушного потока является подходом к увеличению скорости смешивания топлива с воздухом при сжигании без предварительного смешивания [5, 6]. В пламени без предварительного смешивания увеличение числа завихрений увеличивает время пребывания горючих веществ внутри камеры сгорания, что влияет на распределение температуры пламени, скорость теплопередачи пламени и образование загрязняющих веществ [7]. [8] исследовали эффект увеличения числа завихрений входящего воздуха в горелках на жидком топливе. Они обнаружили, что увеличение числа завихрений уменьшит выброс оксидов азота (NO_x) и приведет к более низкой температуре выхлопных газов камеры сгорания.

Материалы и методы

Для численного моделирования использовалась программа COMSOL Multiphysics 6.0 [9], предназначенная для анализа структур, устройств и процессов в различных областях инженерии, производства и науки. Основная цель заключалась в разработке физических моделей и численном исследовании аэродинамического потока воздуха (синтетического газа) в горелочном устройстве с целью определения оптимального угла стабилизаторов для эффективного горения топливно-воздушной смеси.

Это моделирование позволяет анализировать отдельные и взаимосвязанные физические процессы, также визуализировать газовые потоки в естественных и технических объектах с использованием методов компьютерной графики [10,11].

На рисунке 2 изображены этапы моделирования трех разновидностей стабилизаторов, созданных с применением моделирования в двумерном пространстве на основе реализуемой модели турбулентности к-ε. В исследовании использовались стабилизатор в виде полукруга и два уголкового стабилизатора с углами равными 45 и 60°. Данные углы были выбраны исходя из того, что они являются наиболее оптимальными с точки зрения обеспечения горения, согласно предыдущим экспериментам [12].

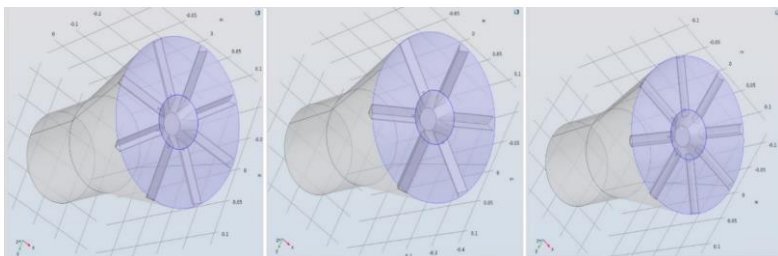


Рисунок 2 – Общий вид исследуемых горелок
в программе «Comsol Multiphysics 6.0»

- а) уголкового стабилизатора под углом 45°; б) уголкового стабилизатора под углом 60°; в) уголкового стабилизатора под углом в виде полукруга

На рисунке 3 демонстрируется тетраэдральная адаптивная сетка, охватывающая моделируемую область. Количество элементов в данной области на рисунке 3а составляет 4820, на рисунке 3б – 3640, а на рисунке 3в – 4505. Сетка представлена группой тетраэдров, что обеспечивает эффективное вычисление различных вариантов поля напряжений и достижение высокоточных результатов.

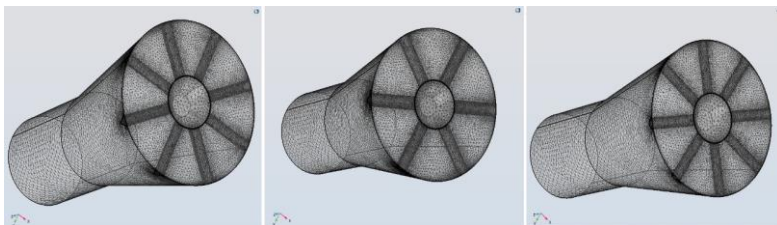


Рисунок 3 – сетка моделируемой области
в программе «Comsol Multiphysics 6.0»

а) уголкового стабилизатора под углом 45° ; б) уголкового стабилизатора под углом 60° ; в) уголкового стабилизатора под углом в виде полукруга

Результаты и обсуждение

Размеры уголкового стабилизатора, межстабилизаторное расстояние, скорость воздуха, оптимальные аэродинамические сечение за стабилизатором были просчитаны с применением численного моделирования в программе «Comsol Multiphysics». Результаты численного моделирования представлены на рисунках 4-6.

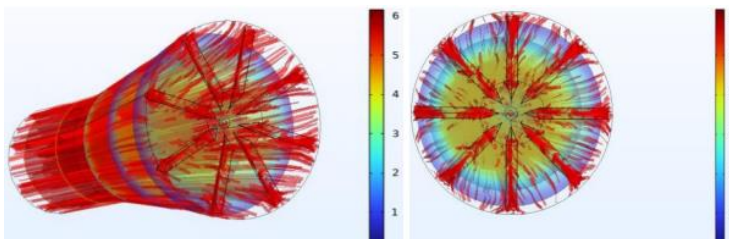


Рисунок 4 а – Уголкового стабилизатора под углом 45° при 6 м/с

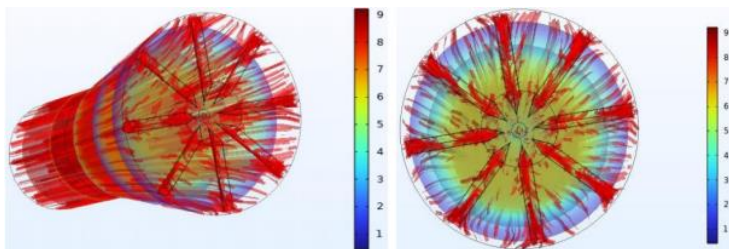


Рисунок 4 б – Уголкового стабилизатора под углом 45° при 9 м/с

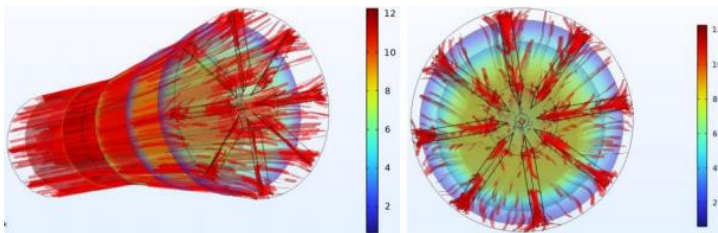


Рисунок 4 а – Угловой стабилизатор под углом 45° при 12 м/с

На рисунке 4 а, б, с показан контур скорости в стабилизаторе под углом 45° при скоростях выбранных из расчета 6, 9, 12 м/с. Угловой стабилизатор имеет строение конструкции под углом 45° из-за чего в зоне рециркуляции объем воздуха становится меньше, область обратного тока за стабилизатором не является оптимальной, что следует недожогу в процессе смешивания воздуха и топлива, приводящему к неустойчивому горению. При смешивании воздуха и топлива выявлена минимальная расчетная скорость срыва на богатой смеси – 6 м/с, а максимальная расчетная скорость срыва на бедной смеси – 12 м/с, в следствие расчетов для более стабильного горения была выбрана оптимальная скорость – 9 м/с. Вычисленные скорости использовались в экспериментальных исследованиях.

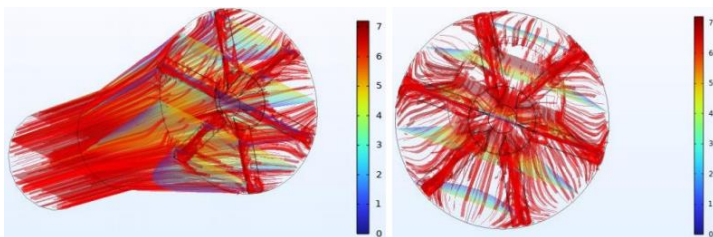
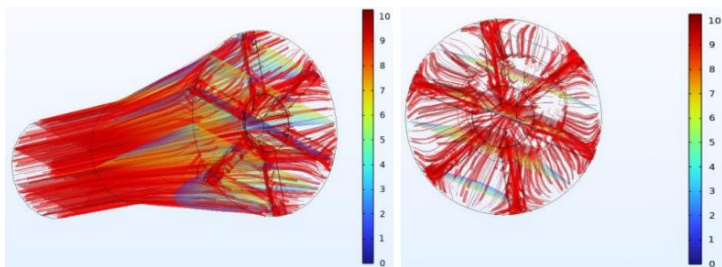
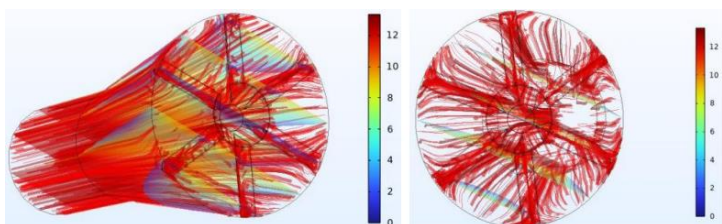


Рисунок 5 а – Угловой стабилизатор под углом 60° при 7 м/с

Рисунок 5 б – Уголковый стабилизатор под углом 60° при 10 м/сРисунок 5 с – Уголковый стабилизатор под углом 60° при 13 м/с

На рисунке 5 а, б, с показан контур скорости в стабилизаторе под углом 60° при скоростях выбранных из расчета 7, 10, 13 м/с. Уголковый стабилизатор под углом 60° имеет меньший расход топлива, а из-за строения его конструкции в зоне рециркуляции объем воздуха становится меньше, область обратного тока за стабилизатором не является оптимальной, что следует недожогу в процессе смешивания воздуха и топлива, приводящему к неустойчивому горению. При смешивании воздуха и топлива выявлена минимальная расчетная скорость срыва на богатой смеси – 7 м/с, а максимальная расчетная скорость срыва на бедной смеси – 13 м/с, в следствие расчетов для более стабильного горения была выбрана оптимальная скорость – 10 м/с. Вычисленные скорости использовались в экспериментальных исследованиях.

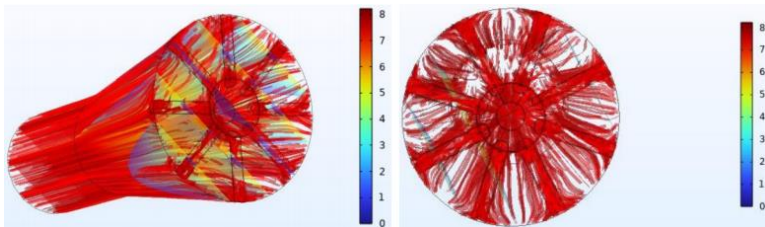


Рисунок 6 а – Уголковый стабилизатор под углом виде полукруга при 8 м/с

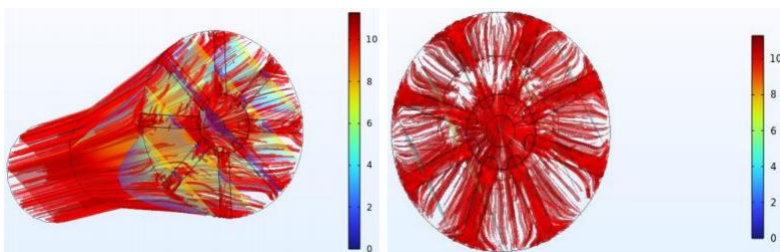


Рисунок 6 б – Уголковый стабилизатор под углом виде полукруга при 11 м/с

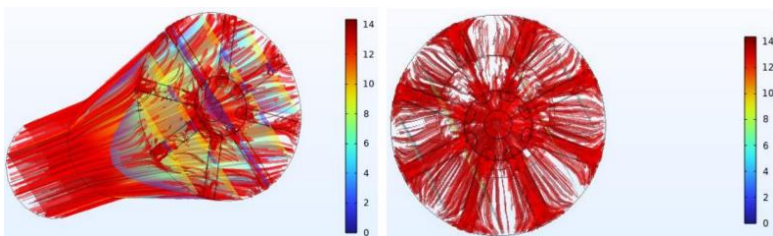


Рисунок 6 с – Уголковый стабилизатор под углом виде полукруга при 14 м/с

На рисунке 6 а, б, с показан контур скорости в стабилизаторе под углом виде полукруга при скоростях выбранных из расчета 8, 11, 14 м/с. Полукруглый уголковый стабилизатор имеет строение конструкции в виде полукруга из-за чего в зоне рециркуляции объем воздуха становится больше, область обратного тока за стабилизатором является оптимальной, что следует улучшению процесса смешивания воздуха и топлива, приводящему к устойчивому горению. При смешивании воздуха и топлива

выявлена минимальная расчетная скорость срыва на богатой смеси – 8 м/с, а максимальная расчетная скорость срыва на бедной смеси – 14 м/с, в следствие расчетов для более стабильного горения была выбрана оптимальная скорость – 11 м/с. Вычисленные скорости использовались в экспериментальных исследованиях.

Выводы

Проведя анализ результатов численного моделирования уголковых стабилизаторов, что размеры, угол стабилизаторов существенно влияют на скоростные профили и аэродинамику. Влияние изменения скоростей на контуры скорости оказалось незначительным, однако общий вывод состоит в том, что угол наклона и форма стабилизатора оказывают влияние на процессы смешивания топливно-воздушной смеси и, следовательно, на стабилизацию, неполное сгорание топлива и выбросы оксидов азота. Особое внимание следует уделить области внутри уголковых стабилизаторов, где находится зона обратных токов. Стабилизатор в форме полукруга продемонстрировал наилучшие параметры контуров давлений и скоростей благодаря присутствию обширной зоны медленной рециркуляции за ним. При смешивании воздуха и топлива выявлена минимальная расчетная скорость срыва на богатой смеси, а максимальная расчетная скорость срыва на бедной смеси, в следствие расчетов для более стабильного горения была выбрана оптимальная скорость. Расчетные скорости были использованы в ходе экспериментальных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ахмедов, Р. Б.** Аэродинамика закрученной струи [Текст]. / Р. Б. Ахмедов, Т. Б. Балагуда, Ф. К. Рашидов [и др.]; под ред. Р. Б. Ахмедова. –М. : Энергия, 1977. – 240 с.
- 2 **Leibovich, S.** Vortex stability and breakdown // Survey and extension AIAA J., – 22 (9). – (1984), P. 1192-1206.
- 3 **Coghe, A., Solero, G., Scribano, G.** Recirculation phenomena in a natural gas swirl combustor Exp. Therm. Fluid Sci. – 28 (7). – (2004), P. 709–714.
- 4 **Сударев, А. В., Маев, В. А.** Газотурбинные камеры сгорания с закрученным движением воздушных потоков. – М., 1968. – 50 с.

5 **Tong, Y., Liu, X., Wang, Z., Richter, M., Klingmann, J.** Experimental and numerical study on bluff-body and swirl stabilized diffusion flames // *Fuel*, 217. (– 2018), P. 352–364.

6 **Wang, L.-Y., Chatterjee, S., An, Q., Steinberg, A.M., Gülder, Ö.L.** Soot formation and flame structure in swirl-stabilized turbulent non-premixed methane combustion. // *Combust. Flame*, 209. (–2019), P. 303–312.

7 **Rashwan, S. S.** The effect of Swirl number and oxidizer composition on combustion characteristics of non-premixed methane flames. // *Energy Fuels*, – 32 (2) – (2018). P. 2517–2526.

8 **Poorhoseini, H., Saeedi, A., Moghiman, M.** Experimental and numerical investigation of the inlet air swirl angle effects on temperature profile and CO, NO pollutants. *Energy Engineering Management* –2 (1). (2012). P. 32-39.

9 User Guide. Introduction to COMSOL Multiphysics [Electronic resource]. – www.comsol.ru.

10 **Veynante, D., Vervisch, L.** Turbulent combustion modeling. // *Journal: Progress in Energy and Combustion Science*. – V. 28 – Issue 3. – March 2002. – 193–266 p. – [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(01\)00017-X](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(01)00017-X)

11 **Gonzalez-Jueza, E. D., Kersteinb, A. R., Ranjanc, R., Menonc, S.** Advances and challenges in modeling high-speed turbulent combustion in propulsion systems // *Journal : Progress in Energy and Combustion Science* – V. 60. – May, 2017. – P. 26–67.

12 **Zinser W.** Zur Entwicklung mathematischer Flammenmodelle für die Verbrennung technischer Brennstoffe // *Fortschritt-Berichte VDI-Verlag*. – 1984. – Vol. 6. – № 171. – P. 191 (in German).

REFERENCES

1 **Akhmedov, R. B.** Aerodinamika zakruchennoj strui [Aerodynamics of a swirling jet] [Text] / Р.Б. Ахмедов, Т.Б. Балагуда, Ф.К. Рашидов [и др.]; под ред. Р.Б. Ахмедова. – М. : Энергия, 1977. – 240 с.

2 **Leibovich, S.** Vortex stability and breakdown – Survey and extension *AIAA J.*, 22 (9) (1984), P. 1192-1206.

3 **Coghe, A., Solero, G., Scribano, G.** Recirculation phenomena in a natural gas swirl combustor // *Exp. Therm. Fluid Sci.* – 28 (7). 2004 P. 709–714.

4 **Sudarev, A. V., Mayev, V. A.** Gazoturbinnnye kamery sgoraniya s zakruchennym dvizheniem vozdushnyh potokov [Gas turbine combustion chambers with swirling air flow]. – Moscow., 1968. – 50 с.

5 **Tong, Y., Liu, X., Wang, Z., Richter, M., Klingmann, J.** Experimental and numerical study on bluff-body and swirl stabilized diffusion flames // Fuel, 217. 2018. P. 352–364.

6 **Wang, L.-Y., Chatterjee, S., An, Q., Steinberg, A. M., Gülder, Ö. L.** Soot formation and flame structure in swirl-stabilized turbulent non-premixed methane combustion. // Combust. Flame. 209. 2019. P. 303–312.

7 **Rashwan, S. S.** The effect of Swirl number and oxidizer composition on combustion characteristics of non-premixed methane flames. // Energy Fuels.– 32 (2) – (2018), P. 2517-2526.

8 **Poorhoseinni, H., Saeedi, A., Moghiman, M.** Experimental and numerical investigation of the inlet air swirl angle effects on temperature profile and CO, NO pollutants. // Energy Engineering Management. 2 (1). – (2012), P. 32–39.

9 User Guide. Introduction to COMSOL Multiphysics, [Electronic resource] www.comsol.ru.

10 **Veynante, D., Vervisch, L.** Turbulent combustion modeling.// Journal: Progress in Energy and Combustion Science. – V. 28 – Issue 3. – March 2002 – P. 193–266 – [https://doi.org/10.1016/S0360-1285\(01\)00017-X](https://doi.org/10.1016/S0360-1285(01)00017-X)

11 **Gonzalez-Jueza, E. D., Kersteinb, A. R., Ranjanc, R., Menonc, S.** Advances and challenges in modeling high-speed turbulent combustion in propulsion systems // Journal : Progress in Energy and Combustion Science – V. 60. – May, 2017. – P 26–67

12 **Zinser W.** Zur Entwicklung mathematischer Flammenmodelle für die Verbrennung technischer Brennstoffe // Fortschritt-Berichte VDI-Verlag. – 1984. – Vol. 6. № 171. – P. 191. (in German).

Поступило в редакцию 05.04.24.

Поступило с исправлениями 18.04.24.

Принято в печать 02.06.24.

*М. А. Ануарбеков¹, А. К. Яманбекова²

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

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

19.03.24 ж. баспаға түсті.

29.04.24 ж. түзетулерімен түсті.

02.06.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ОҢТАЙЛЫ ПАРАМЕТРЛЕРДІ АНЫҚТАУ МАҚСАТЫНДА ЖАНАРҒЫ ҚҰРЫЛҒЫСЫНЫҢ ТҰРАҚТАНДЫРҒЫШЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ҚИМАСЫН МОДЕЛЬДЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Синтетикалық газ төмен реактивті отын болып табылады және оның құрамы үнемі өзгеріп отырады. Сондықтан әртүрлі құрамдағы синтетикалық газды тиімді жағу үшін тұрақтандырғыштың оңтайлы бұрышын таңдау керек. Бұрыштық тұрақтандырғыштардың үш түрлі бұрышы бар: 45° бұрыштық тұрақтандырғыш, 60° бұрыштық тұрақтандырғыш және жартымлай шеңбер тәрізді бұрыштық тұрақтандырғыш. Бұрыштық тұрақтандырғыштардың өлшемдері, тұрақтандырғыштың артындағы оңтайлы аэродинамикалық қималар «Comsol Multiphysics 6.0» бағдарламасында сандық модельдеуді қолдану арқылы есептелді. Негізгі мақсат отын-ауа қоспасының тиімді жануына тұрақтандырғыштардың оңтайлы бұрышын анықтау үшін оттық құрылғысындағы ауаның (синтетикалық газдың) аэродинамикалық ағынын физикалық модельін жасау мен сандық зерттеу болды. Бұрыштық тұрақтандырғыштардың сандық модельдеу нәтижелеріне талдау жасай отырып, тұрақтандырғыштардың өлшемдері, бұрышы жылдамдық профилдері мен аэродинамикаға айтарлықтай әсер етеді. Кері ток аймағы орналасқан бұрыштық тұрақтандырғыштардың ішіндегі аймаққа ерекше назар аудару керек. Жылдамдықтың өзгеруінің жылдамдық тізбектеріне әсері шамалы болды, дегенмен жалпы қорытынды – тұрақтандырғыштың көлбеу бұрышы мен пішіні отын-ауа

қоспасын араластыру процестеріне, демек, тұрақтандыруға, жанармайдың толық жанбауына және азот оксидтерінің шығарындыларына әсер етеді.

Кілтті сөздер: бұрыштық тұрақтандырғыштар, аэродинамикалық қима, бұралған ағындар, кері ток аймағы, жылдамдық тізбектері, отын-ауа қоспасы.

**М. А. Anuarbekov¹, А. К. Yamanbekova²*

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

²Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Republic of Kazakhstan, Almaty.

Received 05.04.24.

Received in revised form 18.04.24.

Accepted for publication 02.06.24.

THE RESULTS OF MODELING THE AERODYNAMIC SECTION OF THE STABILIZER OF THE BURNER DEVICE IN ORDER TO DETERMINE THE OPTIMAL PARAMETERS

Synthetic gas is a low-reaction fuel, and its composition is constantly changing. Therefore, in order to effectively burn synthetic gas of various compositions, it is necessary to choose the optimal angle of inclination of the stabilizer. Angular stabilizers have three different angles: a stabilizer at an angle of 45°, a stabilizer at an angle of 60° and a stabilizer at an angle of a semicircle. The dimensions of the corner stabilizers and the optimal aerodynamic cross-section behind the stabilizer were calculated using numerical modeling in the Comsol Multiphysics 6.0 program. Gorenje's main goal was to develop physical models and numerical study of the aerodynamic flow of air (synthetic gas) in a burner device in order to determine the optimal angle of stabilizers for efficient combustion of the fuel-air mixture. After analyzing the results of numerical modeling of angular stabilizers, it was found that the size and angle of the stabilizers significantly affect the speed profiles and aerodynamics. Special attention should be paid to the area inside the corner stabilizers, where the reverse

current zone is located. The effect of velocity changes on the velocity contours turned out to be insignificant, but the general conclusion is that the angle of inclination and the shape of the stabilizer affect the mixing processes of the fuel-air mixture and, consequently, stabilization, incomplete combustion of fuel and emissions of nitrogen oxides.

Keywords: angular stabilizers, aerodynamic cross section, swirling flows, reverse current zone, velocity contours, fuel-air mixture.

Теруге 03.06.2024 ж. жіберілді. Басуға 28.06.2024 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

Корректоры: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс №4248

Сдано в набор 03.06.2024 г. Подписано в печать 28.06.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

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

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Заказ № 4248

«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