

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



*«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» ІХ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР
ЖИНАҒЫ*

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
ІХ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**



Нұр-Сұлтан, 2021

УДК 656
ББК 39.1
А 43

Редакционная коллегия:

Председатель – Мерзадинова Г.Т., проректор по науке и инновациям ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Глазырин С.А. – заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

А 43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: IX Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2021. – 600с.

ISBN 978-601-337-515-1

В сборник включены материалы IX Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 19 марта 2021 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

УДК 656
ББК 39.1

ISBN 978-601-337-515-1

ОБЗОР ВИХРЕВЫХ ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СЖИГАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Баубек Аскар Апошулы¹, Грибков Александр Михайлович², Жумагулов Михаил Григорьевич³, Глазырин Сергей Александрович⁴, Долгов Максим Викторович⁵

maxwellhousebest@yandex.ru

¹к.т.н., доцент, ³PhD, доцент, ⁴к.т.н., доцент, ³ докторант специальности «Теплоэнергетика» ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан;

²к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия

Накопленный мировой опыт в области сжигания различных видов топлива значительно обширен и охватывает практически все возможные сочетания горючих смесей, однако вопрос об эффективном и относительно чистом сжигании до сих пор остаётся открытым.

В процессах сгорания в условиях умеренного горения чистое и эффективное использование топлива достигается за счет смешивания горячих газов со свежей горючей смесью в разреженных условиях посредством сильной рециркуляции в камере сгорания, что приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ.

Первоначально циклонный принцип организации горения был предложен Г. Ф. Кнорре, еще в начале 30-х годов XX века, для сжигания твёрдого топлива [1]. Улучшение горения возможно осуществить закруткой потока, тем самым улучшая смешение топлива и окислителя, способствуя устойчивому горению за счёт тепломассообмена в вихревых зонах между продуктами горения и реагентами.

В системах сгорания, таких как газотурбинные двигатели, дизельные двигатели, промышленные горелки и котлы, циклонические потоки (или вихревые потоки) первоначально использовались для улучшения и управления скоростью смешивания между потоками топлива и окислителя с целью достижения геометрии пламени и интенсивность тепловыделения, соответствующая конкретному процессу [2]. При достаточной степени завихрения создается внутренняя зона рециркуляции, которая обеспечивает высокую скорость выделения тепла, так как продукты сгорания рециркулируют и воспламеняют поступающие потоки топлива / окислителя. Это обеспечивает стабильное компактное пламя с хорошими характеристиками для трудноуглеродистых материалов и газов низкого качества [3]. Закрученные потоки возникают в результате применения спиралевидного движения, при котором тангенциальная составляющая скорости (также известная как тангенциальная или азимутальная составляющая скорости) сообщается потоку через закрученные лопатки в осевом и тангенциальном входном вихре. генератор, прямой тангенциальный вход в камеру сгорания [4, 5, 6]. Экспериментальные исследования показывают, что завихрение оказывает крупномасштабное влияние на поля потока: рост, увлечение и распад струи (для инертных струй), а также размер, форма, стабильность и интенсивность горения (для реагирующих потоков) влияют степенью завихрения, придаваемой потоку.

Можно выделить два основных типа вихревой камеры сгорания:

1) Вихревая горелка, здесь вихревой поток выходит в печь или полость, и горение происходит внутри и сразу за выходом горелки;

2) Циклонная камера сгорания, здесь воздух вводится тангенциально в большую, обычно цилиндрическую камеру, и выходит через выходное отверстие, расположенное в центре на одном конце. Горение в основном происходит внутри циклонной камеры.

Вихревые горелки обычно используются для значительного увеличения пределов устойчивости большинства пламен; фактически, у некоторых вихревых горелок пределы продувки практически бесконечны. Циклонные камеры сгорания имеют большие внутренние

зоны обратного потока, которые обеспечивают очень долгое время пребывания топливно-воздушной смеси. Обычно они используются для сжигания сложных материалов, таких как отходы низкого качества или растительные отходы. В отличие от вихревой горелки, у которой обычно один центральный тороидальный. В зоне рециркуляции циклонная камера сгорания часто имеет до трех концентрических тороидальных зон рециркуляции. Также имеется достаточная информация, указывающая на то, что расслоение или ступенчатая подача топлива или воздуха может использоваться для минимизации шума, выбросов углеводородов и NOx из вихревых камер сгорания.

Вихревая горелка.

При сжигании без предварительного смешивания, чтобы поддерживать пламя, должен быть обеспечен постоянный источник воспламенения для свежих реагентов, расположенных в корне пламени. При высокой скорости сдувание происходит, если тепла, полученного рециркулирующими вихрями от горячих дымовых газов, недостаточно для поддержания температуры, достаточно высокой, чтобы вызвать воспламенение.

В струях с большим числом закрутки, когда отношение углового импульса к импульсу превышало критическое значение, в центральной области потока и вблизи сопла возникала зона рециркуляции тороидального вихря. Этот тороидальный вихрь играет ключевую роль в стабилизации пламени. Турбулентность высокой интенсивности, возникающая в области вихря, увеличивает перемешивание, которое может быть усилено до 5 раз [7,8]. Горячие газы и активные химические вещества рециркулируют обратно в горелку за счет центральной зоны рециркуляции.

Другие преимущества использования завихрения для стабилизации пламени связаны с компактным пламенем и высоким уровнем рециркуляции массы по сравнению с потоком без завихрения. Следовательно, все промышленные камеры сгорания имеют завихрение, достаточно интенсивное, чтобы создать большую центральную зону рециркуляции.

Циклонная камера сгорания.

Циклонная камера сгорания обычно используется для сжигания и обработки материалов, которые обычно считаются трудными для сжигания или эффективной обработки, таких как растительные отходы, уголь с высоким содержанием золы, антрацит, масла с высоким содержанием серы, отходящие газы с низкой теплотворной способностью [9, 10].

Основными характеристиками циклонной камеры сгорания являются:

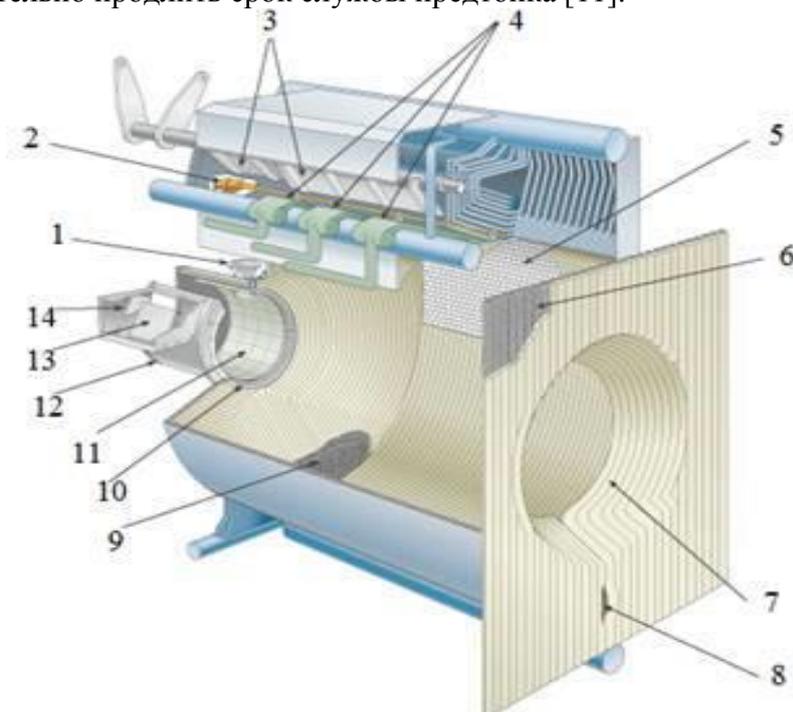
- 1) длительное время пребывания, которое зависит от количества завихрений и длины камеры;
- 2) длинная тонкая кольцевая зона рециркуляции, сформированная внутри вблизи стенок, которая может использоваться для усиления стабилизации пламени;
- 3) из-за очень высоких уровней завихрения на входящую топливно-воздушную смесь накладываются исключительно высокие уровни искусственного гравитационного ускорения, что значительно влияет на скорость пламени;
- 4) они могут быть адаптированы в двухступенчатую камеру сгорания, при этом поток вихревой горелки на выходе используется для обеспечения процесса дожигания, который обеспечивает полное выгорание топлива.

Преимущества циклонных камер сгорания:

- 1) отличное перемешивание окислителя топлива;
- 2) тепловыделение сосредоточено в уменьшенном объеме (высокая тепловая нагрузка);
- 3) работа с низким избытком воздуха;
- 4) высокий температурный уровень при использовании топлива с высокой теплотворной способностью.

Анализируя рынок устройств для сжигания альтернативных видов топлива нужно выделить разработку компании Babcock & Wilcox - циклонный предтопок. Усовершенствованный и модифицированный предтопок (рисунок 1) выполнен с

применением новых поверхностей охлаждения повышенной механической прочности, что позволило значительно продлить срок службы предтопка [11].



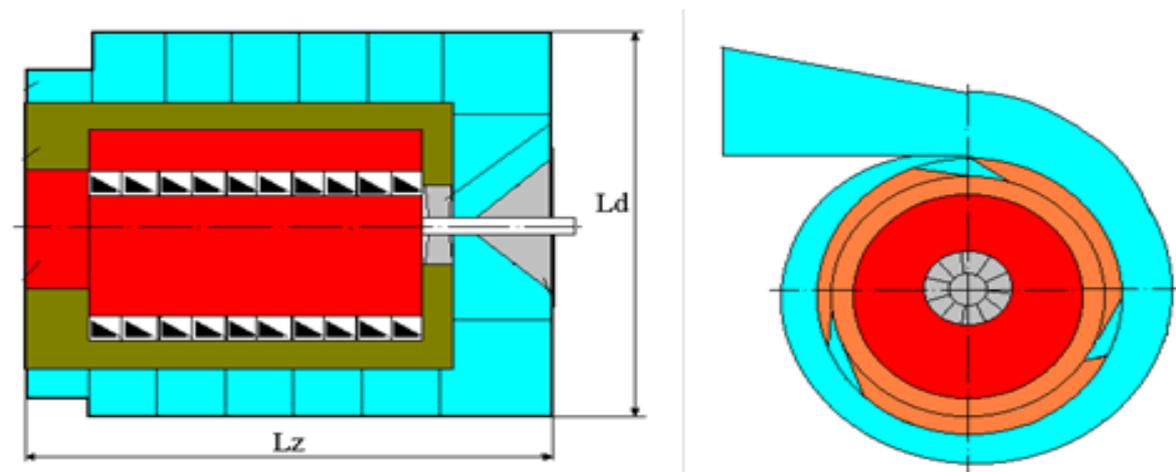
1-вход угольной пыли; 2- жидкотопливная горелка; 3-заслонка регулирования скорости вторичного воздуха; 4-газовые горелки; 5- зона ошипованной поверхности; 6-экранный панель топки котла; 7- выходная амбразура; 8-шлакоотвод; 9- экранная панель циклонного предтопка; 10-ошипованная амбразура; 11-износостойкая обмуровка; 12-радиальная горелка; 13-первичный воздух; 14-третичный воздух

Рисунок 1 - Циклонный предтопок конструкции Babcock & Wilcox

Конструктивно воздух в циклонный предтопок подводится двумя независимыми потоками в ось предтопка и тангенциально через один ввод. Относительный диаметр пережима не более 0,5. Изготавливаются предтопки единичной мощностью от 44 до 125 МВт с водяным охлаждением, которые имеют длину от 6 до 10 м и диаметр от 1,8 до 3 м. Предтопки оснащаются горелками для сжигания различных видов топлива, таких как мазут, дизельное топливо, природный газ, лигнит, шламы бумажного производства, дерево, а также имеется опыт по сжиганию коксового газа и использованных шин.

При сжигании топлива в перегретой струе пара концентрации окиси азота и окиси углерода в продукты сгорания значительно ниже предельно допустимых концентраций. Способ сжигания топлива обеспечивает высокую энергоэффективность, экологическую безопасность и может быть использован при разработке технологий утилизации нестандартных жидкостей, углеводородного топлива и промышленных отходов с одновременной выработкой тепловой энергии [12].

Рассматривая вихревое горелочное устройство Штыма (рисунок 2) следует отметить что использование циклонно-вихревого метода сжигания жидкого и газообразного топлива позволяет увеличить их теплопроизводительность на 10-20 %, уменьшить удельный расход топлива, довести выбросы оксидов азота до уровня, не превышающего установленные нормы во всем диапазоне нагрузок, уменьшить затраты электроэнергии на тягу и дутье на 10-20 %. Кроме этого, значительно упрощается система автоматического управления котлоагрегатом, повышается надежность процессов зажигания, горения и регулирования нагрузки [13].



а) продольное сечение; б) поперечное сечение

Рисункок 2 - Циклонный предтопок

В предтопке сжигается основная часть мазута или газа, от 40 до 90 %, с минимальными избытками воздуха.

На основании представленного анализа различных устройств, использующих вихревой (циклонный) способ сжигания, большинство представленных конструкций вне зависимости от применяемого топлива имеют общий существенный недостаток выраженный в следующих положениях:

- В аэродинамической структуре циклонно-вихревых камер сгорания свойственно присутствие устойчивых высоконапряженных циркуляционных зон;
- Имеет место высокое гидравлическое сопротивление циклонной камеры, достигающее при номинальной нагрузке 600-800 мм.вод.ст.
- При неправильной организации аэродинамики и распыла топлива практически сразу начинается разрушение внутренней поверхности предтопка.

Данный недостаток возможно существенно сократить с применением предлагаемой конструкции вихревого горелочного устройства. Аэродинамическое сопротивление в целом снижается по сравнению с известными аналогами. К тому же характер возрастания аэродинамического сопротивления по сечению конструкции плавный вместо ступенчатого по сравнению с циклонными предтопками, что также положительно сказывается на работе горелочного устройства.

Список использованных источников

1. Циклонные топки / Под ред. Г.Ф.Кнорре, М.А.Наджарова. М.: ГЭИ, 1958. – 216 с.
2. Weber R, Boysan F, Swithenbank J, Roberts PA. Computation of near field aerodynamics of swirling expanding flows. 21st International Symposium on Combustion, 1986. p. 1435-1443.
3. N. Syred and J.M. Beer. Combustion in swirling flows- A review. Combustion and Flame, 23:143–201, 1974. 11
4. S. Wang, V. Yang, G. Hsiao, S.Y. Hsieh, and H.C. Mongia. Large-eddy simulations of gasturbine swirl injector flow dynamics. Journal of Fluid Mechanics, 583:99–122, 2007.
5. A. Kempf, W. Malalasekera, K.K.J. Ranga-Dinesh, and O. Stein. Large eddy simulations of swirling non-premixed flames with flamelet models: a comparison of numerical methods. Flow, Turbulence and Combustion, 81(4):523–561, 2008.
6. AK Gupta. Swirl flows. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, 1984.
7. Valera-Medina, N. Syred, and A. Griffiths. Characterization of Large Coherent Structures in a Swirl Burner under Combustion Conditions. In 47 th AIAA aerospace sciences meeting

including the new horizons forum and aerospace exposition. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1801 Alexander Bell Drive, Suite 500, Reston, VA, 20191-4344, USA., 2009.

8. Y.M. Al-Abdeli and A.R. Masri. Turbulent swirling natural gas flames: Stability characteristics, unsteady behavior and vortex breakdown. *Combustion Science and Technology*, 179[1]:207–225, 2007. 15

9. Syred, N, Dahmen, K R, Styles, A C, Najim, S E: *J. Inst. Fuel*, 50, 405, 1977, p. 195.

10. Tsarev, V K, Troyankin, Y V: *Thermal Eng.*, 18, 12, 1971, p. 84.

11. Pat. 6,021,724 United States, Int. Cl.7 F23D 1/02; F22B 37/00, Cyclone furnace for retrofit applications / Manvil O. Dahl and oth. // New Orleans. Babcock & Wilcox Company; McDermott Technology, Inc., Appl № 08/966,110; filed: Nov. 7, 1997; date of patent: Feb. 8, 2000.

12. Anufriev, I. S., Alekseenko, S. V., Sharypov, O. V., & Kopyev, E. P. (2019). Diesel fuel combustion in a direct-flow evaporative burner with superheated steam supply. *Fuel*, 254 doi:10.1016/j.fuel.2019.115723.

13. А.Н.Штым, К.А. Штым, Е.Г. Воротников, О.В. Распутин. Исследование и освоение вихревой технологии сжигания топлива // Вестник Дальневосточного государственного технического университета. 2010 год. № 2 (4).

УДК 621.1

АМБАРЛЫ МҰНАЙДЫ КӘДЕГЕ ЖАРАТУ БОЙЫНША ӘДІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ КЕШЕНДЕРДІ ӘЗІРЛЕУ

Бияхметова Аяулым Канатбековна

ayaulymbiyahmetova@mail.ru

Қазақстан, Нұр-Сұлтан қаласы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің 2-курс магистранты

Бүкіл әлемде мұнай өндіру мен өндеудің жоғары өсуі қазіргі уақытта қоршаған ортаның мұнай өнімдерімен ластану деңгейінің жаһандық сипатқа ие болуына алып келеді. Мұнай-газ кен орындарын пайдалану процесінде мұнайды жинау және дайындау жүйесіндегі технологиялық бұзушылықтар жиі анықталады, ұңғымаларды пайдалану кезінде, аумақты тазарту және жинау кезінде айтарлықтай аумақты алып жатқан технологиялық мұнай амбарлары пайда болады.

Тұтқыр мұнай өнімдері ағызу нүктесіне жылытқыштармен және жылу окшаулағышымен жабдықталған арнайы сыйымдылықтарда жеткізіледі, бұл тасымалдау кезінде өнімді ыдысқа салғанда болған жылуды сақтап қалуға мүмкіндік береді немесе мұнай өнімдеріне жүктелген кезде қымбат қоспалар енгізіледі тұтқырлығы мен оның құю температурасын төмендететін цистерналарға тұтқырлығы жоғары мұнай өнімдерін (мазут, битум, ауыр май және т.б.) толтыру және, әсіресе, ағызу үшін оларды алдын ала қыздыру, арнайы түсіру жабдықтарын пайдалану, сонымен қатар бактар мен ыдыстарды жылыту құрылғыларымен жабдықтау қажет. Жылыту құралдарының жетіспеушілігі цистерналар мен ыдыстарды өндеу уақытының ұлғаюына және олардан мұнай өнімдерінің толық шығарылуына әкеледі. Осы қалдықтардың кейбіреулері кәдеге жарату мүмкін еместігіне байланысты қайтымсыз жоғалады. Мұнай өнімдерінің едәуір мөлшері көлік цистерналарының қабырғаларында қалады, олардың жүк көтергіштігі төмендейді және қайтадан тиелетін өнімнің сапасы нашарлайды.

Темір жол цистерналарында жылу өткізгіштік коэффициенті төмен мұнай өнімдерін қыздырудың мынадай әдістері белгілі: ашық бумен жылыту; бу күртешесі бар цистерналар; мұнай өнімін жоғары жиілікті қыздыру; циркуляциялық жылыту; жабық жылытқыштардағы цистерналарды жылыту [1].