

«Сейфуллин окулары – 18(2): «XXI ғасыр ғылымы – трансформация дәуірі» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18(2): «Наука XXI века - эпоха трансформации» - 2022 .- Т.І, Ч.IV. – С.172-175

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОФАКЕЛЬНОГО СЖИГАНИЯ НА МАЛЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛАХ ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Н.Н. Саракешова, докторант 2 курса
НАО «Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина», г.
Нур-Султан

Водогрейные котлы предназначены для получения горячей воды с определенными параметрами для систем теплоснабжения бытовых и технологических потребителей. Производители выпускают широкий спектр разных по существу малых водогрейных котлов. Их работа определяется такими характеристиками, как теплопроизводительность (мощность), температура и давление воды, важным считается тип металла, из которого выпускают водогрейные котлы.

На сегодняшний день ввиду наличия большого количества установленных водогрейных котлов, актуально направление исследований, ориентированных на такие вопросы, как: повышение эффективности использования сжигаемого топлива, снижение объема выбросов вредных веществ в свете постоянно возрастающих требований по защите окружающей среды, обеспечение высокой степени маневренности в сочетании с увеличением диапазона регулирования, повышением уровня автоматизации, возможностью сжигания широкой гаммы топлив.

Системы теплоснабжения (отопление, вентиляция и горячее водоснабжение) промышленных предприятий, жилых и общественных зданий потребляют значительное количество топлива. Так в 2021 году в Республике Казахстан на нужды теплоснабжения было израсходовано более 45 млн. тут (40 % составляет децентрализованное теплоснабжение и 60 % централизованное теплоснабжение от ТЭЦ и котельных) при суммарном потреблении первичных энергоресурсов порядка 130 млн. тут в год. Значительное потребление топлива в системах теплоснабжения во многом определяется географическим положением Казахстана [1]. До настоящего времени в Казахстане актуален вопрос замены водогрейных котлов малой тепловой производительности до 3,15 МВт, в том числе на твердом топливе (около 25 % тепловой энергии вырабатывается малыми котельными, которые характеризуются КПД на уровне 60 %, что приводит к перерасходу более 645 тыс. тонн условного топлива в год, а также к дополнительным выбросам в окружающую среду) на новые водогрейные

котлы с КПД на уровне 84-88% и с режимом сжигания твердого топлива с существенно сниженными выбросами CO₂, SO₂ и других вредных и токсичных выбросов. В [2] отмечается необходимость замены устаревших водогрейных котлов на новые энергоэффективные с существенно более низкими выбросами вредных веществ.

Учитывая современные тренды в мире и Казахстане по декарбонизации, рост экологического давления на окружающую среду, рост цен на первичные энергоресурсы, требуется срочно осуществлять внедрение новых технологий сжигания топлива, в том числе на малых котельных, со снижением значительных расходов топливных ресурсов, с резким сокращением выбросов парниковых газов и токсичных веществ в атмосферу [2-4].

В Республике Казахстан действуют ГОСТ 20548-93 и ГОСТ 30735-2001, стандарты предприятий, охватывающие водогрейные котлы малой тепловой мощностью до 3,15 МВт, которые начали выпускаться с 01.01.2018 г. Выполненный обзор работ по методам интенсификации теплообмена с конвективными поверхностями нагрева и анализ современного состояния водогрейных котлов малой тепловой мощности на угле в Республике Казахстан выявил ряд проблем, которые необходимо решать безотлагательно. Особенно актуальной является задача замены морально устаревших конструкций водогрейных котлов на твердом топливе малой тепловой мощности от 0,25 до 3,15 МВт с КПД не более 60-65% на экономичные, надежные и со сниженными выбросами парниковых и токсичных газов.

Как уже отмечалось выше, в разрезе тепловых источников Казахстана большинство крупных источников генерации являются тепловыми электрическими станциями [3], однако наряду с ними существует и по статистическим данным приобретает новый тренд к росту развитая децентрализованная сеть малых и средних котельных государственного и частого владения [6]. При этом разброс по типам, мощности и первичному топливу весьма широк. В структуре тепловых источников некоторых регионов, таких как Акмолинской, Карагандийской и Северо-Казахстанской областях, можно отметить наличие достаточно старых, в основном, малых котельных агрегатов, работающих на твердом (угле) и жидком («солярка») топливе [7,8]. Особое место занимают малые районные котельные типовых конструкций:

- КВТс от 0.1 до 0.4 - ИП Столяренко, ТОО "STEM-4" (с. Зеренда);
- КВУ от 0.1 до 3.5 - ТОО Титан (г.Костанай);
- КДГ от 220 кВт до 525 кВт - ТОО АЗИЯКОТЛОМАШ (г. Щучинск);
- КО от 60 кВт до 525 кВт- ТОО Тепломеханик (г. Караганда);
- КСВр от 0.1 до 0.3 - ТОО АЗИЯКОТЛОМАШ (г. Щучинск);
- Котлы ТЕНТЕК – бытовые от 12 до 100 кВт – ТОО «Карагандийский Котельный Завод» (г. Караганда);
- Также самодельные (маломощные) котлы печного типа.

Анализируя общие сведения по актуальности состояния вопроса работы котельных в Казахстане, необходимо учитывать уже известный и широко обсуждаемый факт наличия проблем морального и физического износа значительной доли теплоэнергетического оборудования [5,9], в том числе водогрейных котлов. Действительное положение может говорить о том, что фактический эксплуатационный КПД таких котельных может варьироваться от 55% до 92%, при этом замечается, что не все котельные (особенно неподведомственные муниципальным и государственным структурам) обладают возможностью полноценно обеспечивать профессиональное эксплуатационное обслуживание на высоком технико-экономическом уровне. К тому же существует огромное количество малых котельных, в которых отмечается острая необходимость замены устаревшего оборудования, либо ремонта и наладки, однако по различным причинам эти работы не выполняются. Совокупность таких проблемных вопросов создает большой открытый дискуссионный вопрос о необходимости проведения модернизации, обеспечения экономичности работы старых котлов и соответствия ужесточающим требованиям экологического законодательства.

Суммируя текущее состояние фонда теплоэнергетического оборудования, современные тренды к декарбонизации (введение Углеродного налога ЕС), экологической стабильности и повышению энергетической эффективности, наиболее приемлемым является решение о переводе устаревших водогрейных котлов на твердом топливе на малые водогрейные котлы, работающие на природном газе. При этом, существует достаточно большой потенциал и в вопросе модернизации котельных агрегатов, по которым разрешенный срок эксплуатации ещё не истек и число часов наработки не приближается к критическому значению. Такой вариант оказывается более привлекательным в первую очередь с экономической точки зрения, обеспечивая повышение технического совершенства котельного агрегата и, позволяя «не раздувать» бюджет котельных на новое строительство на ближайший и среднесрочный период перспективы.

Так, ярким примером, является возможность модернизации и разработки системы смесеобразования и стабилизации микрофакелов для малых водогрейных котлов при сжигании природного газа. В последние годы со строительством магистрального газопровода «Сары-Арка», который пройдет через Кызылординскую, Карагандийскую, Акмолинскую и Северо-Казахстанские области в научном плане важным является перевод поселковых котельных, сжигающих твердое топливо на природный газ. Актуальностью исследования которого, является обеспечения их эффективного перевода и при этом обеспечить жесткие требования как по экономичности, так и по экологичности можно при микрофакельном сжигании природного газа в топках котлов. С этой целью исследуются эффективные системы смесеобразования (т.е. смешение воздуха и природного газа) и условия стабилизации пламени в огневом пространстве.

В природном газе различают теплонеустойчивые и теплоустойчивые горючие компоненты. Так CO_2 и H_2 относятся к группе теплоустойчивых,

которые при нагревании даже до высоких температур без доступа воздуха сохраняют свою молекулярную структуру. В свою очередь большинство углеводородов, находящихся в составе природных газов, теплоустойчивы и разлагаются с выделением углерода в виде сажи. Термическая диссоциация метана начинается с температуры 600-800⁰С, этана – 485⁰С, пропана – 400⁰С.

Согласно авторам [3-6], на практике пиролиз природных газов начинается с 300⁰С, при котором в зонах недостатка кислорода выделяются атомы углерода (сажи). В зоне активного горения сажа накаляется и создает яркое сечение. При хорошем предварительном перемешивании газов с воздухом яркий участок факела короткий, а при плохом образовании сажи увеличивается и факел получается длинный-светящийся.

Передача лучистой теплоты окружающим экраном от светящегося факела при постоянной температуре его больше, чем у несветящегося. Для этого в некоторых случаях искусственно создают нехватку кислорода в зоне горения.

На практике при работе газовых горелок следует опасаться проскока пламени в горелку и отрыва пламени факела [4-6]. Происходит это от нестабильного-фронта воспламенения. Следовательно, необходимо стремиться к обеспечению устойчивости зажигания, под которым понимается способность горелочного устройства обеспечивать воспламенение вблизи устья горелки при возможно большей скорости истечения горючей смеси.

В энергетических котлах смесь выходит из горелки со скоростью 25-50 м/с, а в высоко форсажных камерах достигает 200 м/с. Так как для подобных агрегатов скорость распространения пламени высока, то проскок практически невозможен, но отрыв реален, и необходимо принимать меры к устранению. Положительным мероприятием в этом смысле является организация рециркуляции горючих продуктов сгорания в корне факела при соблюдении в зоне зажигания и других условий конструктивно это реализуется в стабилизаторах пламени.

Одним из более распространенных видов зонного горения является микрофакельное горение. При таком горении обеспечивается «размывание» зоны горения по продольному или поперечному сечению зоны горения [5].

В целом микрофакельные устройства можно разделить на:

- Микромодульные;
- Струйно-стабилизаторные;
- Со встречно-закрученными потоками;
- На базе плохобтекаемых тел;
- На базе хорошообтекаемых тел;
- На базе перфорированного фронта;
- С воздушными форсунками-стабилизаторами.

Преимуществами микромодульных горелочных устройств является высокая эффективность снижения образования оксидов азота, при тех же прочих технико-экономических показателях. В случае струйно-стабилизаторных горелочных устройствах, эффективность заключается в простой конструкции и возможности работать в широком диапазоне нагрузок и избытков

воздуха. Встречно-закрученные горелочные устройства обладают большой гибкостью, плохообтекаемые тела имеют высокие стабилизационные характеристики, хорошообтекаемые тела – малые гидравлические потери, перфорированный фронт – высокий уровень стабилизации, воздушные форсунки стабилизаторы – высокую эффективность сжигания топлива.

Наиболее разработанным к настоящему времени, а также широко распространенным на практике из горелочных устройств является струйно-стабилизаторный метод сжигания топлива [5]. К достоинствам таких устройств по сравнению с другими конструкциями микрофакельного горения относятся свойство саморегулируемости, далеко сдвигающее границу бедного срыва пламени и устраняющее необходимость в отдельном дежурном факеле, а также возможность комбинированного сжигания топлива [5] и предварительно подготовленных смесей с низким содержанием горючего [6], мягкий пуск без забросов температуры и хлопков. Характерной особенностью струйно-стабилизаторных фронтных устройств является практически полное заполнение рабочего объема микрофакелами. При этом нет необходимости в разделении воздуха на первичный и вторичный, что предопределяет пониженный уровень температур факела в камере и, наряду с улучшением NO , по тракту горения.

В сравнении с традиционным одnogорелочным струйно-стабилизаторный фронт обеспечил снижение образования NO до уровня $60\text{--}70 \text{ млн}^{-1}$ при $P=1,6 \text{ МПа}$ и $\alpha = 4$ [7].

Микрофакельное горение как особый вид сжигания топлива в топливосжигающих устройствах привлекло пристальное внимание исследователей относительно недавно, хотя основа МФС была известна ранее применялась в различных горелках при сжигании газообразного топлива.

В Алматинском энергетическом университете, предложенная автором Садыковой С.Б. патент РК № 34943 [8] микромодульная воздушная форсунка, имеющая форму трубы Вентури, включающая входные и выходные регистры (или завихрители), топливную трубку и полость для смешения топливовоздушной смеси, отличающаяся тем, что полость выполнена в виде трубы Вентури, а впрыск топлива осуществляется в первом узком сечении после входного завихрителя.

Таким образом, численные исследования конструкции микромодульной воздушной форсунки показывают, что приведенный в патенте технический результат: улучшение смесеобразования при использовании жидкого топлива и синтетического газа происходит за счет сужения канала в месте подачи топлива. К недостаткам относится то, что установленные завихрители не обеспечивают гидродинамическое сопротивление.

На основе проведенных исследований, авторы пришли к выводу, что для повышения эффективности использования микрофакельных технологий следует вести поиск в области комбинирования различных микрофакельных устройств с целью создания универсальных топливосжигающих устройств с возможностью использовать в различных секторах экономики Казахстана для обеспечения высокой эффективности сжигания различных видов топлива и снижения отрицательного воздействия на окружающую среду.

Список использованной литературы

1 Орумбаев Р.К., Орумбаева Ш.Р. Оценка экономического и экологического эффекта при замене морально устаревших водогрейных котлов в Республике Казахстан [Text] / Actual Problems of Economics. ISSN – 19936788. Киев, 2012. -№5– С. 38 – 43. Impact Factor Journal.

2 Устройство и эксплуатация отопительных котельных малой мощности - Борщов Д.Я, 2015.

3 Достияров А.М. Микрофакельное горение в топливосжигающих устройствах. – Шымкент, ЮКГУ, 1999. – 181 с.

4 Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета: дис. док. наук: 05.14.04 [Текст] / Казахский научно-исследовательский институт энергетики им. академика Ш.Ч. Чокина. – Алматы, 2000. – 237с. Инв. № 0500РК00036.

5 Достияров А.М., Умышев Д.Р., Яманбекова А.К., Катранова Г.С., Ожикенова Ж.Ф. Сравнительный анализ различных микрофакельных устройств при помощи численного моделирования [Текст] / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №2. – С. 23-27

6 Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета: автореф. док. тех. наук:15.14.04. – Алматы, 2000г. – 49с.

7 Campbell A., Goldmeer J., Healy T., Washam R., Molie`re M., Citenoj. Heavy duty gas turbines fuel flexibility [Text] / Proceedings of the ASME Turbo Expo 2008:Power for Land, Sea, and Air. Volume 3: Combustion, Fuels and Emissions, Parts A and B. – Berlin: ASME, 2008. – P. 1077-1085.

8 Патент РК № 34943, МПК F23D 11/00, от 09.02.2020.