ТЕППОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕППОТЕХНИКА

Валерий Игнатьевич ГУРОВ[1]
Владимир Владимирович КУРНОСОВ[2]
Александр Игоревич ЛАНШИН[3]
Евгений Давыдович СВЕРДЛОВ[4]
Дмитрий Александрович СКИБИН[5]

УДК 62-69

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРУЖНОГО НАГРЕВА ВОДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

[1] доктор технических наук, начальник сектора, ЦИАМ им. П. И. Баранова (г. Москва)
vigurov@ciam.ru

[2] кандидат физико-математических наук,
генеральный директор, ООО «Комас» (г. Апрелевка)
kbb@komas.su

[3] доктор технических наук, заместитель генерального директора по науке,
ЦИАМ им. П. И. Баранова (г. Москва)
lanshin@ciam.ru

[4] доктор технических наук, ведущий научный сотрудник,
ЦИАМ им. П. И. Баранова (г. Москва)
sverdlov@rtc.ciam.ru

[5] инженер, ЦИАМ им. П. И. Баранова (г. Москва)
sda@ciam.ru

Цитирование: Гуров В. И. Исследование погружного нагрева воды в обеспечение создания опытно-промышленных образцов водонагревательных устройств нового поколения / В. И. Гуров, В. В. Курносов, А. И. Ланшин, Е. Д. Свердлов, Д. А. Скибин // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2019. Том 5. № 3. С. 10-24.
DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-3-10-24

Аннотация

Раскрыто понятие котлов погружного нагрева (КПН) воды. Представлена история их совершенствования по времени с использованием ссылок на основные запатентованные технические решения. Приведены результаты испытаний КПН различного исполнения мощностью от 50 до 100 кВт при работе на пропан-бутановом газе и природном газе. Представлена оценка полученных технических показателей и обозначен уровень конкурентной способности КПН, а также выявлены перспективы их возможного применения. На основании представленных материалов обоснован вывод о создании котла нового поколения (без использования теплообменных аппаратов) с высоким уровнем эффективности (до 98%) и низкими показателями по вредным выбросам оксидов азота и углерода.

Ключевые слова

Котлы погружного нагрева воды, оценка результатов проведенных испытаний, показатели по эффективности и экологии, конкурентная способность, перспективы применения.

DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-3-10-24

Введение

В настоящее время актуальной стала проблема широкой реализации рассредоточенной энергетики, в том числе теплоэнергетики. В 90-х годах прошлого столетия в АО «Теплопроект» разработан и создан водогрейный котел погружного нагрева воды (КПН) мощностью 800 кВт для обогрева помещений площадью более 5 000 м^2. Результаты трехгодичной успешной опытно-промышленной эксплуатации указанного КПН в ООО «Комас» (правопреемник АО «Теплопроект») подтвердили надежность его работы с КПД, равным 97%, при температуре выхлопных газов менее 50 °C. Вместе с тем содержание оксидов азота и оксидов углерода в выхлопных газах находилось на уровне, не отвечающем современным достижениям [1]. Достаточно сказать, что в разработках ЦИАМ за последние 15 лет в различных теплогенераторных устройствах достигнут уровень NO_x, равный 5 ppm [2, 11]. Взаимодействие ЦИАМ и ООО «Комас» позволило добиться высоких результатов интеллектуальной деятельности, реализованных в различных натурных образцах и модельных установках [6, 7].

Вклад специалистов ЦИАМ и ООО «Комас» в создание объектов интеллектуальной собственности в направлении разработки КПН

Постановка объектов интеллектуальной собственности (ОИС) в виде патентов на изобретения и полезные модели на баланс предприятия повышает его капитализацию, уменьшает налогооблагаемую базу и создает основу наращивания инновационного потенциала, что тесно связано с развитием рынка интеллектуального капитала. Заметного продвижения в указанном направлении добились динамично развивающиеся наукоемкие предприятия Воронежского региона (АО «Турбонасос» и АО «ВИЛМ»). Так, например, постановка на баланс АО «Турбонасос» ноу-хау давно освоенного технологического процесса привела к повышению годового дохода в 1 млн руб. при учете назначенных амортизационных начислений в фиксированной стоимости продукции [6].

Положительный опыт трехлетней эксплуатации КПН мощностью 800 кВт [1], полученный в ООО «Комас», послужил основанием для создания специалистами ООО «Комас», ЦИАМ и Института пластмасс им. Г. С. Петрова патента на изобретение [5], схематично представленное на рис. 1.

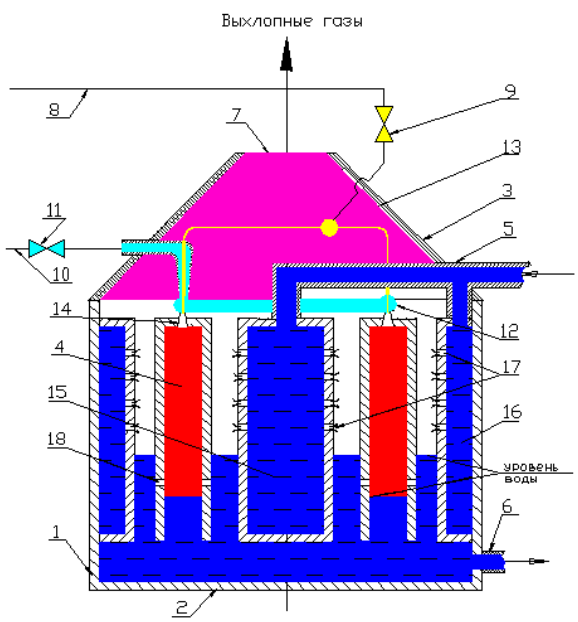

Рис. 1. Схема демонстратора КПН цилиндрической формы: 1 — бак; 2 — днище; 3 — крышка; 4 — камера сгорания; 5 — патрубок подвода жидкости; 6 — патрубок отвода жидкости; 7 — отверстие отвода продуктов сгорания; 8 — магистраль горючего газа; 9, 11 — краны; 10 — воздушная магистраль; 12 — воздушный коллектор; 13 — газовый коллектор; 14 — горелка; 15 — центральная полость; 16 — кольцевая полость; 17 — разбрызгивающие отверстия; 18 — розжиговые отверстия

Fig. 1. Scheme of a cylindrical immersion heater demonstrator: 1 — tank; 2 — bottom; 3 — cover; 4 — combustion chamber; 5 — liquid supply branch pipe; 6 — liquid outlet pipe; 7 — combustion products outlet opening; 8 — fuel gas mains; 9, 11 — valves; 10 — air main; 12 — air collector; 13 — gas collector; 14 — burner; 15 — central cavity; 16 — ring cavity; 17 — splashing holes; 18 — ignition holes

В камере сгорания (4) происходит сжигание топливо-воздушной смеси, образующейся от смешения в горелке (14) воздуха повышенного давления из магистрали (10) и топлива из магистрали (8). Горячие продукты сгорания (ПС) под избыточным давлением пронизывают слой воды в баке (1), разбиваются на газовые пузырьки, образующие при всплытии развитую межфазную поверхность теплообмена. При непосредственном контакте ПС с водой процессы теплообмена протекают с заметным снижением тепловых потерь по сравнению со схемами, в которых использованы обычные теплообменные аппараты. Выхлопные газы поступают в атмосферу через отверстие отвода (7) в крышке (3). В развитие технического решения по [5] получен патент [4], который дополнительно содержит магистраль подвода газообразного водорода и смеситель его с горючим газом.

По патенту [5] изготовлен демонстратор КПН цилиндрической формы мощностью 50 кВт, представленный на рис. 2.

Рис. 2. Фото демонстратора КПН цилиндрической формы

Fig. 2. Photo of a cylindrical immersion heater demonstrator

Недостатком демонстратора КПН по рис. 2, как показали его пробные испытания в Институте пластмасс, являлось большое количество горелок (90 экз.), расположенных по периметру цилиндрической емкости КПН. Это приводило к снижению надежности работы КПН. Важным этапом совершенствования КПН стал переход с цилиндрической формы с множеством горелок, расположенных по периферии емкости воды, на прямоугольную форму с использованием одной камеры сгорания с единым сборным коллектором (2) (рис. 3). Назначение сборного коллектора заключается в распределении горячих продуктов сгорания между жаровыми трубками (5) с отверстиями, погруженными под поверхность воды на 200-300 мм. В техническом решении по патенту [3] закреплен обозначенный усовершенствованный способ работы КПН и разработан более эффективный возврат воды с ее разбрызгиванием (разбрызгиватель (4) на рис. 3). Это способствует дальнейшему снижению температуры выхлопных газов ниже 50 °С. С использованием технического решения по патенту [3] изготовлен демонстратор мощностью 50 кВт прямоугольной формы с одной камерой сгорания (1) и развитой системой (сборный коллектор (2) и трубки (5)) распределения горячих продуктов сгорания в объеме воды, что схематично представлено на рис. 3. При этом из коллектора (2), расположенного ниже поверхности воды в емкости КПН, горячие продукты сгорания поступают в жаровые трубки (5), из которых ПС с высокой скоростью поступают в зону барботажа. Остывшие продукты сгорания на выходе дополнительно охлаждаются водой из разбрызгивателя (4).

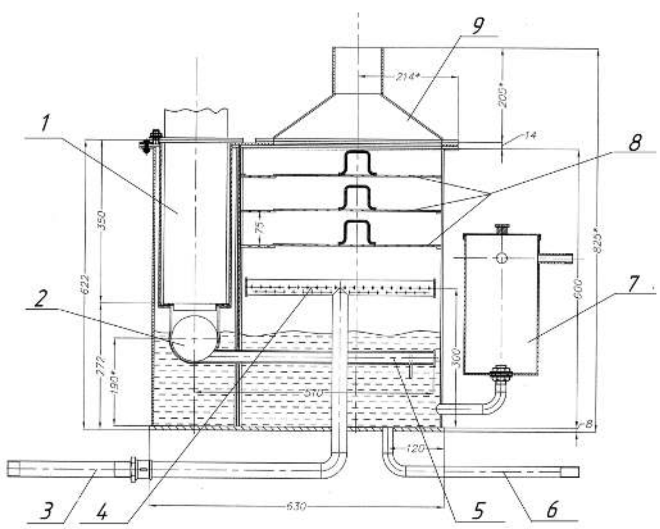

Рис. 3. Схема КПН прямоугольной формы: 1 — камера сгорания;
2 — сборный коллектор;
3 — магистраль возврата воды;
4 — разбрызгиватель возвратной воды;
5 — жаровые трубки с отверстиями;
6 — патрубок слива воды;
7 — расширительный бачок;
8 — водоотбойные решетки;
9 — крышка

Fig. 3. Rectangular immersion heater scheme: 1 — combustion chamber;
2 — collector;
3 — water return line;
4 — return water sprinkler;
5 — fire tubes with holes;
6 — water drain nozzle;
7 — expansion tank;
8 — water deflectors;
9 — cover

Дальнейшее усовершенствование технического решения по патенту [3] зарегистрировано в патенте [9].

Ключевым узлом любого водонагревательного устройства является горелка. В большинстве случаев ее стоимость соизмерима со стоимостью металлоконструкции котла вместе со стоимостью исполнительных органов системы автоматического управления (САУ). Совместное использование опыта организации низкоэмиссионного сжигания газа в газотурбинных установках [2] и в теплогенераторных устройствах различного назначения [7] создает основу для разработки горелок высокого качества с закреплением в запатентованных технических решениях [8, 10, 11] их конструкций и способов работы на разных топливах и в разнообразных условиях применения. Дальнейшее совершенствование горелок КПН в части снижения вредных выбросов NO_x и CO планируется на основе разработок ЦИАМ по созданию низкоэмиссионных камер сгорания (НКС) промышленных газотурбинных установок (ГТУ). В разработанных в ЦИАМ НКС удалось снизить выбросы NO_x и CO до уровня менее 5 ppm, соответствующего санитарным нормам для рабочих помещений.

Столь низких выбросов одновременно NO_x и CO удалось достичь даже при высоких давлениях в НКС благодаря разработке новых технологических и конструктивных решений. Эти решения позволили отказаться от основного для НКС механизма образования NO_x — термического механизма Зельдовича и перейти в область параметров, где основными механизмами образования NO_x являются N_2O и «promt» (химические механизмы образования NO на фронте пламени), для которых время пребывания продуктов сгорания в НКС, в отличии от механизма Зельдовича, является малозначимым фактором. При этом, увеличивая размеры НКС и время пребывания в ней, можно существенно снизить не только NO_x, но и CO. Эти решения и были реализованы в ЦИАМ в демонстрационных образцах НКС ГТУ, показавших при испытаниях на стенде возможность существенного и одновременного снижения оксидов азота и оксидов углерода до уровня менее 5 ppm в широком диапазоне изменения температуры внешней среды.

Очевидно, что наращивание интеллектуального потенциала предприятий, оформленного в виде ОИС, создает дополнительные возможности коммерциализации результатов научно-исследовательских работ и существенного расширения рынка продажи ОИС, прежде всего в России.

Анализ результатов испытаний демонстраторов КПН при работе на различных видах топлива

Главной особенностью КПН является отсутствие теплообменного аппарата с исключением теплопередающих поверхностей. Теплообмен между горячими продуктами сгорания и водой осуществляется путем барботажа газовых пузырей в объеме воды. Большая межфазовая поверхность способствует повышению эффективности теплообмена, а отсутствие теплопередающих поверхностей исключает проблему осаждения на них накипи и необходимость проведения химической водоподготовки. Использование нагрева воды без применения теплообменных аппаратов может найти широкое применение, в частности, при утилизации тепла горячих выхлопных газов наземных газотурбинных установок. В таких случаях поток горячего газа направляется под поверхностный уровень объема воды в емкости, подсоединенной, например, к отопительной системе.

Конкретный интерес к котлам КПН проявили специалисты железнодорожного транспорта. В соответствие с письмом в ЦИАМ из НИИАС ОАО «РЖД» предложено использовать КПН в различных технологических процессах: от традиционного использования для обогрева различных помещений до технологий мытья железнодорожного оборудования. При этом исключение химической водоочистки приводит к значительной экономии финансовых средств. По оценке специалистов НИИАС ОАО «РЖД» (канд. техн. наук А. Н. Давыдов и канд. техн. наук С. А. Козлов), экономия капитальных затрат за счет исключения химической водоочистки может составлять до 10% при строительстве водогрейной котельной мощностью до 850 кВт.

С целью апробации возможностей различных вариантов КПН (с учетом результатов упомянутых пробных испытаний демонстратора (рис. 2) мощностью 50 кВт, проведенных в Институте пластмасс им. Г. С. Петрова) в ООО «Комас» по техническим заданиям ЦИАМ изготовлены: демонстратор мощностью 50 кВт и опытный образец КПН мощностью 100 кВт. При этом демонстратор цилиндрической формы (рис. 2) с большим количеством горелок заменен на демонстратор мощностью 50 кВт прямоугольной формы (рис. 3) с одной горелкой. Он испытан на пропан-бутановом газе (ПБГ) и природном газе (ПГ), причем испытания на ПГ проведены при низком (1,5 кПа) избыточном давлении. Учитывая важность подробного изучения свойств котла нового поколения, авторы считают целесообразным представить детальную информацию о некоторых особенностях результатов испытаний, полученных за последние два года на стендах ЦИАМ и ООО «Комас», разных вариантов КПН при их работе на различных режимах и видах топливах.

В частности, анализ результатов непрерывных 72-часовых испытаний демонстратора КПН прямоугольной формы (рис. 3) мощностью 50 кВт при работе на ПБГ на уровне мощности 15 кВт показал (с использованием показаний газоанализатора TESTO-340 и стендовой системы измерений) следующее:

— демонстратор КПН показал устойчивую работу в диапазоне заданных для САУ условий испытаний: максимально допустимая температура в емкости КПН установлена на уровне 58 °С, минимальная — 48 °С. В соответствии с этим временной цикл включений/выключений КПН составил: работа — 8 минут, пауза в работе — 25 минут;

— достигнутый КПД сжигания топлива равен 97,1%;

— температура выхлопных газов составила 59,4 °С;

— показатели вредных выбросов достигли значений по NO_x = 50,4 ppm и по CO = 9 ppm при коэффициенте избытка окислителя, равным 2,0;

— вынос воды из емкости КПН в атмосферу составил 1-1,3 л/ч, что обусловлено неудовлетворительным функционированием водоотбойных решеток (8) (рис. 3);

— после испытаний в воде обнаружено наличие сажи, что может быть связано с кратковременным несанкционированным выбросом топлива при включении горелки в работу после паузы;

— после окончания испытаний проведены замеры показателя кислотности воды pH в разных местах гидравлического тракта «КПН — утилизатор тепла» с установлением наименьшего показателя pH, равного 6,5.

Промышленное применение КПН предполагает его эксплуатацию преимущественно на природном газе. Проведенные на ПБГ испытания с анализом выявленных недостатков конструкции позволили сформулировать техническое задание на изготовление опытного образца КПН мощностью 100 кВт при его работе на ПГ. С этой целью в ЦИАМ создан стенд 040 для испытаний КПН разной мощности и его апробация проведена с использованием проверенного при работе на ПБГ демонстратора КПН мощностью 50 кВт. Схема созданного стенда 040 представлена на рис. 4. Его особенностями являются наличие магистрали ПГ только малого избыточного давления ПГ (до 2 КПа) и большие возможности по обеспечению помещения мощной приточно-вытяжной системой вентиляторов при отлаженной системе обнаружения вредных выбросов.

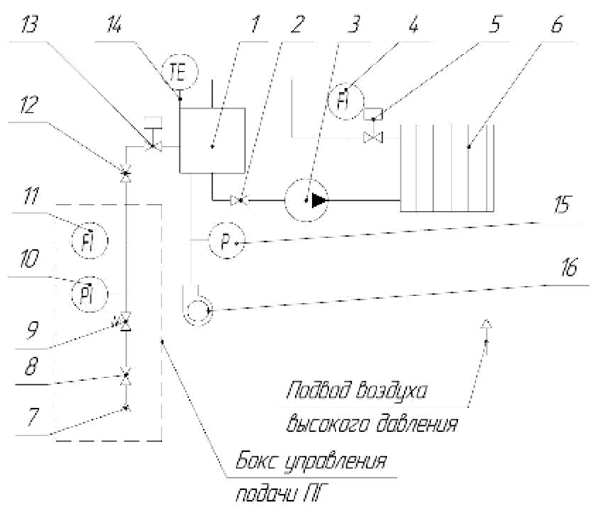

Рис. 4. Принципиальная схема стенда 040: 1 — водогрейный котел; 2 — запорный вентиль циркуляционного насоса; 3 — циркуляционный насос; 4 — счетчик расхода воды; 5 — запорный клапан; 6 — батарея из десяти восьмисекционных радиаторов МС-140-500; 7 — вход газопровода низкого давления; 8 — газовый вентиль; 9 — аварийный клапан; 10 — манометр; 11 — счетчик расхода газа; 12 — газовая заслонка; 13 — отсечной клапан; 14 — датчик температуры воды в котле; 15 — датчик давления воздушного потока; 16 — воздушный вентилятор наддува горелки

Fig. 4. Circuit diagram of the stand 040: 1 — hot-water boiler; 2 — shut-off valve of circulation pump; 3 — circulation pump; 4 — water flow meter; 5 — shut-off valve; 6 — battery of ten eight-section radiators MS-140-500; 7 — inlet of low pressure gas pipeline; 8 — gas valve; 9 — emergency valve; 10 — pressure gauge; 11 — gas flow meter; 12 — gas flap; 13 — shutoff valve; 14 — water temperature sensor in the boiler; 15 — air flow pressure sensor; 16 — burner air blower

К КПН природный газ от ГРП подводился через гибкий резиновый шланг. Таким образом, стенд можно разделить на три участка: ГРП, КПН и контур утилизации тепла. Для отвода выхлопных газов использовалась приточно-вытяжная вентиляция стенда. Стенд оснащен датчиками загазованности помещения метаном и оксидами углерода, системами подвода и отвода воды, а также системой подвода сжатого воздуха давлением до 0,4 МПа. Измерительная аппаратура стенда состояла из счетчика расхода газа, расположенного на ГРП, датчика температуры воды в КПН, расходомера воды через контур утилизации тепла, измерителя показателя pH воды и тепловизора для определения температуры узлов КПН и контура утилизации теплоты.

Апробация стенда проводилась после монтажа демонстратора КПН, подключения к контуру утилизации тепла и заполнения системы водой из водопровода. Во время пробного пуска подтверждено стабильно малое избыточное давление газа (1,5 кПа) в магистрали подвода ПГ, что не позволило горелке КПН работать на полную мощность и достичь устойчивого горения без дросселирования воздушного вентилятора наддува горелки. Проведены также двухчасовые испытания КПН, целью которых являлась апробация средств измерения и измерение параметров при работе системы «котел — контур утилизации тепла» для определения технических показателей системы и проведения их анализа.

При испытании производились измерения:

— расхода природного газа;
— расхода воды;
— температуры поверхностей емкости КПН и контура утилизации тепла;
— кислотного показателя pH воды;
— темпа нагрева воды по времени;
— избыточного давления воздуха, поступающего в горелку.

По результатам измерений установлено следующее:

— суммарное время работы составило 2 часа;
— нагрев воды в гидравлическом контуре составил за 1-й час работы 18 °С (с 16 °С до 34 °С);
— нагрев воды за 2-й час работы не превысил 2 °С (с 34 °С до 36 °С);
— расход газа за 1-й час работы при температуре $T = 286$ К и давлении $P = 101{,}5$ кПа приблизился к 0,86 кг/м^3;
— расход воды составил 0,16 кг/с;
— показатели кислотности воды pH после проведения испытаний достигли уровня, равного 6,57-6,7, практически при отборе из разных мест системы: вблизи днища емкости КПН, вблизи поверхности объема воды в КПН, из среднего радиатора контура утилизации тепла. Показатель pH водопроводной воды составлял на то время 7,0;
— суммарная масса воды системы «котел — контур утилизации тепла» равна 198 кг;

— разница температур между входной и выходной магистралями не превысила 6 °С;
— избыточное давление ПГ за время испытаний оставалось на уровне 1,5 кПа;
— температура выхлопных газов не превысила 50 °С.

Результаты оценки технических показателей системы и их анализ

1. При высшей теплоте сгорания ПГ, равной 55 МДж/кг, располагаемая тепловая мощность ПГ перед горелкой (при объемном расходе 0,86 м^3/ч с плотностью 0,67 кг/м^3) за 1-й час работы составляет 8,8 кВт.
2. Тепловая мощность, переданная 198 кг воды при ее нагреве на 18 °С за 1 час, составляет 4,1 кВт. Практически тот же результат (4,0 кВт) получается с использованием в расчете расхода воды, равного 0,16 кг/с, при нагреве ее на 6 °С при прохождении через контур утилизации тепла.
3. В воде после испытаний обнаружена сажа, однако на гладких металлических поверхностях емкости КПН, омываемых водой, следов сажи не обнаружено. Это можно объяснить свойством гидрофобности сажи: она не закрепляется на мокрой гладкой металлической поверхности и тем более на гладкой пластмассовой поверхности, что подтвердилось состоянием входных и выходных магистралей контура утилизации тепла после окончания испытаний. Положительным фактором наличия сажи в воде можно считать гарантию исключения отбора воды из системы теплоснабжения для бытового применения.
4. Сопоставлением итоговых результатов по пп. 1 и 2 получали минимальное значение коэффициента (К) использования располагаемого тепла (8,8 кВт) в КПН, равное 45%. В действительности значение коэффициента (К) может быть выше 45%, но невозможно достоверно оценить полноту сгорания поступившего в горелку ПГ. При этом малое давление ПГ не позволяет горячему газу «пробить» толщу воды на всю рассчитанную высоту емкости демонстратора КПН: прогрев воды происходит не во всем ее объеме. Очевидно, чем выше достигаемая температура в контуре утилизации, тем больше тепла от радиаторов поступает вовне, и при постоянном тепловом подводе от котла (4,1 кВт) при температуре, равной 36 °С, наступает тепловое равновесие в системе «котел — контур утилизации тепла».

Совместный анализ результатов 72-часовых непрерывных испытаний демонстратора КПН при работе на ПБГ и на ПГ количественно подтверждает зависимость эффективности КПН от давления газа в подводящих магистралях. Так, при рабочем значении давления ПБГ, соизмеримом с высотой столба воды в емкости демонстратора котла, эффективность КПН составляла 97,1%, а при давлении ПГ, равном 1,5 кПа вместо требуемого 2,5-3,0 кПа, эффективность использования ПГ в демонстраторе КПН при работе на стенде 040 снизилась до 45%.

Ко всему прочему, важным фактором получения низкого значения указанного коэффициента (K) является сугубо нерасчетный режим работы горелки.

5. Достижение предельной температуры в 36 °C в контуре утилизации тепла за 2-й час работы демонстратора КПН можно объяснить наступлением баланса между подводимым теплом к радиаторам и отводимым теплом от них в помещение стенда 040.
6. Измеренные после испытаний демонстратора КПН значения показателя кислотности pH воды (6,57-6,7) приближаются к уровню (7,0), характеризующему нейтральный уровень кислотности воды, что позволяет считать безвредным ее воздействие на элементы системы «котел — контур утилизации тепла». Такой вывод подтверждается и результатами [1] более чем трехлетней эксплуатации котла аналогичной конструкции, разработанного ООО «Комас», при отсутствии кислотной коррозии на элементах систем отопления. При этом кислотная среда внутри КПН допустима, т. к. котел выполнен из нержавеющей стали. Уместно добавить, что с повышением температуры нагреваемой воды она становится менее кислотной.

Представленный анализ свидетельствует о том, что основным направлением совершенствования возможностей стенда 040 является повышение избыточного давления ПГ. С этой целью разработаны комплексные мероприятия по повышению указанного давления до 3-3,5 кПа и для проверки на стенде 040 установлен опытный образец КПН мощностью 100 кВт (рис. 5), изготовленный в ООО «Комас» с реализацией технического решения по патенту [4].

Рис. 5. Фото опытного образца КПН мощностью 100 кВт

Fig. 5. Photo of a 100 kW immersion heater prototype

На фото (рис. 5) представлен опытный образец КПН. Большая емкость цилиндрической формы, установленная на емкости котла прямоугольной формы, является системой конденсации водяных паров из отходящих выхлопных газов по техническому решению [4]. Ее эффективность подтверждена результатами приемо-сдаточных испытаний (ПСИ): температура выхлопных газов существенно ниже температуры воды в емкости котла (достигнутая разница температур приближается к 10 °С).

Перед отправкой в ЦИАМ на производственной базе изготовителя проведены испытания указанного КПН при работе на ПГ. Некоторые результаты ПСИ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты приемо-сдаточных испытаний КПН

Table 1

Acceptance tests results of an immersion heater

NO_x, ppm	**CO, ppm**	**α (коэффициент избытка воздуха)**	***t* (температура выхлопных газов), °С**	**КПД, %**
27,0	25,7	3,50	71,8	94,8
19,8	57,4	3,65	65,8	95,5
20,8	64,6	3,95	69,2	94,6
22,9	68,9	3,00	60,9	96,4
28,7	80,4	2,53	64,6	96,6
26,4	29,4	3,41	67,6	95,2
24,2	27,1	3,43	67,5	95,1
28,4	28,3	3,24	73,5	94,6
52,0	36,7	1,96	—	97,9

Заключение

Полученные результаты соответствуют высоким требованиям к перспективным котлам, а научно-технический уровень проведенной работы позволяет отнести опытный образец КПН к изделиям класса водонагревательных приборов нового поколения с улучшенными техническими характеристиками и соответствующими норме экологическими показателями. Планируется продолжить исследования КПН при работе на природном газе с целью оценки его технических показателей в широком диапазоне изменения режимов работы и давления ПГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуров В. И. Эффективное теплоснабжение зданий на основе погружного горения топлива / В. И. Гуров, В. В. Курносов, К. Н. Шестаков // Конверсия в машиностроении. 2001. № 5. С. 77-78.
2. Ведешкин Г. К. Организация низкоэмиссионного сжигания газа в газотурбинных установках / Г. К. Ведешкин, Е. Д. Свердлов // Теплоэнергетика. 2005. № 11. С. 10-13.
3. Водонагревательное устройство и способ его работы: патент РФ № 2659711 / М. В. Гордин, В. И. Гуров, В. В. Курносов. Приоритет 13.10.2017.
4. Водонагревательное устройство: патент РФ № 166945 / В. И. Гуров, В. В. Курносов. Приоритет 04.03.2016.
5. Водонагревательное устройство: патент РФ № 2469244 / В. И. Гуров, В. В. Курносов, П. С. Иванов, Н. В. Азаров. Приоритет 08.06.2011.
6. Гордин М. В. Объекты интеллектуальной собственности — основа инновационных разработок / М. В. Гордин, В. И. Гуров, Е. Д. Свердлов, С. В. Харьковский // Насосы. Турбины. Системы. 2017. № 2. С. 83-87.
7. Гуров В. И. Энергосистемы нового поколения / В. И. Гуров, И. Ф. Супонников, И. Ф. Шестаков // Труды ЦИАМ. 2010. № 1342. С. 291-300.
8. Камера сгорания непрерывного действия: патент РФ № 2461780 / Е. Д. Свердлов, К. Я. Якубовский. Приоритет 13.05.2011.
9. Контактный водонагреватель: патент РФ № 2680458 / В. И. Гуров, В. В. Курносов. Приоритет 23.03.2018.
10. Рекуперативная горелка: патент РФ № 2406026 / В. В. Курносов. Приоритет 04.06.2009.
11. Устройство для сжигания топлива: патент РФ № 2227247 / Е. Д. Свердлов, Г. К. Ведешкин. Приоритет 28.12.2001.

Valery I. GUROV[1]
Vladimir V. KURNOSOV[2]
Alexander I. LANSHIN[3]
Evgeny D. SVERDLOV[4]
Dmitry A. SKIBIN[5]

UDC 62-69

THE STUDY OF IMMERSION WATER HEATING TO ENSURE THE CREATION OF NEW GENERATION PILOT WATER HEATING DEVICES

[1] Dr. Sci. (Tech.), Head of Sector, P. I. Baranov Central Institute of Aviation Motor Development (Moscow)
vigurov@ciam.ru

[2] Cand. Sci. (Phys.-Math.), General Director, Komas (Aprelevka)
kbb@komas.su

[3] Dr. Sci. (Tech.), Deputy Director General for Science, P. I. Baranov Central Institute of Aviation Motor Development (Moscow)
lanshin@ciam.ru

[4] Dr. Sci. (Tech.), Leading Researcher, P. I. Baranov Central Institute of Aviation Motor Development (Moscow)
sverdlov@rtc.ciam.ru

[5] Engineer, P. I. Baranov Central Institute of Aviation Motor Development (Moscow)
sda@ciam.ru

Abstract

This article explains the concept of immersion water heaters and presents their improvement history with references to the main patented technical solutions. The authors provide the test

Citation: Gurov V. I., Kurnosov V. V., Lanshin A. I., Sverdlov E. D., Skibin D. A. 2019. “The study of immersion water heating to ensure the creation of new generation pilot water heating devices”. Tyumen State University Herald. Physical and Mathematical Modeling. Oil, Gas, Energy, vol. 5, no 3, pp. 10-24.
DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-3-10-24

results of various designs of immersion heaters (with capacity of 50 to 100 kW) when working on propane-butane gas and natural gas. The study estimates the received technical parameters and the level of competitive ability of the immersion heaters, which allow speaking about their application prospects.

Based on the presented materials, the authors speak for creating a new generation boiler (without the heat exchangers) with a higher level of efficiency (up to 98%) and low indices of harmful emissions of nitrogen and carbon oxides.

Keywords

Immersion heaters of water, evaluating test results, efficiency and ecology indices, competitiveness, application prospects.

DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-3-10-24

REFERENCES

1. Gurov V. I., Kurnosov V. V., Shestakov K. N. 2001. “Efficient heat supply of buildings based on the immersion fuel combustion”. Konversiya v mashinostroyenii, no 5, pp. 77-78. [In Russian]
2. Vedeshkin G. K., Sverdlov E. D. 2005. “Organization of the low-emission gas flaring in the gas turbine units”. Thermal Engineering, no 11, pp. 10-13. [In Russian]
3. Gordin M. V., Gurov V. I., Kurnosov V. V. 2017. RF patent No 2659711 “Water-heating device and its operation method”. Priority 13 October. [In Russian]
4. Gurov V. I., Kurnosov V. V. 2016. RF patent No 166945 “Water-heating device”. Priority 4 March. [In Russian]
5. Gurov V. I., Kurnosov V. V., Ivanov P. S., Azarov N. V. 2011. RF patent No 2469244 “Water heating device”. Priority 8 June. [In Russian]
6. Gordin M. V., Gurov V. I., Sverdlov E. D., Kharkovsky S. V. 2017. “Objects of intellectual property — based innovation developments”. Nasosy. Turbiny. Sistemy, no 2, pp. 83-87. [In Russian]
7. Gurov V. I., Suponnikov I. F., Shestakov I. F. 2010. “Energy systems of the new generation”. Trudy TsIAM, no 1342, pp. 291-300. [In Russian]
8. Sverdlov E. D., Yakubovskiy K. Ya. 2011. RF patent No 2461780 “Continuous combustion chamber”. Priority 13 May. [In Russian]
9. Gurov V. I., Kurnosov V. V. 2018. RF patent No 2680458 “Contact water heater”. Priority 23 March. [In Russian]
10. Kurnosov V. V. 2009. RF patent No 2406026 “Recuperative burner”. Priority 4 June. [In Russian]
11. Sverdlov E. D., Vedeshkin G. K. 2001. RF patent No 2227247 “Fuel combustion device”. Priority 28 December. [In Russian]