

Алексей Павлович БЕЛКИН¹
Парвиз Саидгуфонович ХУЖАЕВ²

УДК 621.182.9

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ
МАЛОЙ МОЩНОСТИ УСТАНОВКОЙ
ПОДВИЖНОЙ КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКИ**

¹ кандидат технических наук, доцент
кафедры «Промышленная теплоэнергетика»,
Тюменский индустриальный университет
kpt.belkin@mail.ru

² старший преподаватель
кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»,
факультет «Строительство и Архитектура»,
Таджикский технический университет
им. академика М. С. Осими (г. Душанбе)
parviz0774@inbox.ru

Аннотация

В связи с ростом цен на энергетическое топливо и увеличением доли сжигаемого низкосортного топлива весьма актуальной стала тема повышения КПД и эффективности сжигания высокосортного топлива в котлах малой мощности. В статье рассмотрена конструкция водогрейного твердотопливного жаротрубного котла с регулируемым объемом топочной камеры за счет изменения положения колосниковой решетки. Целью проводимых исследований является разработка нового подхода к формированию фронта пламени горения топлива за счет изменения объема топочного пространства, обеспечивающего более эффективную работу котла и снижение эксплуатационных затрат. В результате проведенных исследований

Цитирование: Белкин А. П. Повышение энергоэффективности твердотопливных водогрейных котлов малой мощности установкой подвижной колосниковой решетки / А. П. Белкин, П. С. Хужаев // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2017. Том 3. № 4. С. 51-64. DOI: 10.21684/2411-7978-2017-3-4-51-64

разработана и запатентована конструкция водогрейного твердотопливного котла с переменным объемом топочного пространства за счет изменения положения колосниковой решетки. Применение подвижной колосниковой решетки при сжигании различных видов высокозольного твердого топлива с легкоплавкой золой позволяет повысить эффективность сжигания топлива за счет исключения налипания золы на стенки газоходов котла. Предложена методика расчета водогрейных котлов работающих на твердом топливе при изменении положения колосниковой решетки в топке.

Ключевые слова

Котлоагрегат, колосниковая решетка, топка, уголь, зола, излучение, температура плавления золы.

DOI: 10.21684/2411-7978-2017-3-4-51-64

Приоритетным направлением в энергетике в настоящее время является снижение удельных затрат на производство электрической и тепловой энергии за счет применения энерго- и ресурсосберегающих технологий. В поселках городского типа, сельской местности и на промышленных предприятиях доля теплоты, вырабатываемая водогрейными котлами, достигает 100%, так как для них автономные источники теплоты являются практически единственным решением задачи теплоснабжения.

В настоящее время наиболее доступным видом топлива в Иркутской области и Республике Таджикистан является каменный и бурый уголь. Использование местного топлива, как наиболее доступного и экономически целесообразного связано с рядом технических недостатков — большие потери тепла с химическим и механическим недожогом, а также загрязнением воздушной среды вредными выбросами.

Учитывая, что затраты на создание централизованных источников энергии велики, поэтому в настоящее время наблюдается рост к переходу на децентрализованное теплоснабжение от индивидуальных отопительных твердотопливных котлов малой мощности.

С учетом роста количества индивидуальных твердотопливных отопительных котлов мощностью от 30 до 250 кВт, наиболее актуальной является задача повышения в них эффективного сжигания твердого топлива.

В последнее время ведутся различные исследования методов эффективного сжигания твердого топлива с минимизацией вредных выбросов в окружающую среду. При этом основной целью ученых и разработчиков является поиск методов, способов организации и управления процессами горения топлива, позволяющие снизить выбросы в атмосферу вредных компонентов и повысить КПД мощных котельных агрегатов.

В настоящее время основной целью проводимых исследований является минимизация опасных выбросов в окружающую среду и увеличение КПД котлоагрегатов при сжигании твердого топлива в малой энергетике, т. к. существу-

ющие методы повышения эффективности сжигания твердого топлива пригодны, в основном, к мощным энергетическим котлам ТЭЦ и КЭС.

Следует отметить, что наиболее доступным и дешевым видом являются бурые и каменные угли с содержанием золы 10÷35%. На основании опыта эксплуатации котлов используемых для сжигания углей с зольностью до 35% при неподвижной колосниковой решетке не удастся осуществить полное сгорание топлива [5].

При сжигании многозольного топлива потери в шлаках возрастают в связи с не сгоранием большого количества частиц в слое из-за обволакивания их шлаком и предотвращения доступа воздуха. При сжигании топлива с низким выходом летучих составляющих горение происходит в слое, где развивается высокая температура и плавящийся шлак обволакивает несгоревшие частицы.

Потери с уносом не сгоревших компонентов в газовый тракт оказывают наибольшее влияние при сжигании неспекающегося кокса и чрезмерного измельчения топлива, при этом единственным способом снижения данных потерь является уменьшение коэффициента избытка воздуха или теплового напряжения зеркала горения (изменение объема топочного пространства).

При анализе процессов горения топлива предполагается, что основную часть времени горит кокс, а сгорание летучих составляющих происходит мгновенно. В процессе сгорания углерода выделяющаяся при этом зола может или осыпаться с поверхности куска топлива («мягкий состав») или оставаться не разрушенной («жесткий состав») [1].

С учетом проведенных практических исследований установлено, что бурый уголь и некоторые сорта каменного угля горят, в большей степени, в виде пламени над слоем топлива. Поэтому топочная камера для них должна быть более высокой.

В низкой топочной камере летучие составляющие не сгорают в полной мере и продуктами сгорания уходят в газоходы, где процесс горения прекращается ввиду отсутствия воздуха и как следствие тепла может выделяться в 4 раза меньше. Поэтому для определенного вида и состава топлива топочная камера должна иметь определенную конфигурацию и размеры с целью обеспечения оптимальной подачи воздуха и смешения его с топливом, поддержания расчетной температуры и обеспечения условий полного сгорания топлива.

На основании вышеизложенного можно сказать, что максимальная теплопроизводительность котлоагрегата при минимальном расходе топлива и его масса — габаритных характеристик, качественное топливо приготовление и устойчивость горения топлива обеспечивается топочной камерой.

Учитывая то, что в объеме топочной камеры одновременно происходит сгорание топлива, конвективный и радиационный теплообмен между поверхностями нагрева и продуктами горения, то основными техническими характеристиками топок будут являться:

- объем топочной камеры, м³;
- площадь стен топки, м²;

— площадь лучевоспринимающей поверхности, м².

С целью анализа и поиска новых способов управления процессами горения твердого топлива в топках котлов малой мощности проведены теоретические и экспериментальные исследования теплоотдачи в объеме топочной камеры при изменении положения колосниковой решетки (изменении объема топочной камеры) и изменении температур по ходу движения продуктов сгорания в газоходах котла.

При регулировании положения колосниковой решетки в топке происходит изменение толщины излучающего слоя горящего топлива [4]:

$$S = 3,6 \cdot V_T / F_{CT}, \quad (1)$$

где V_T — объем топки, м³, F_{CT} — площадь стен топочного пространства, м².

Для управления процессами горения твердого топлива за счет изменения положения колосниковой решетки в топке необходимо придерживаться следующей зависимости [4]:

$$\begin{cases} T_T'' = \frac{T_T}{M \left(\frac{5,7 \cdot 10^{-11} \xi H_d a_T T_T^3}{\varphi B_p V_{C_p}} \right)^{0,6} + 1} - 273 \\ a_T = \frac{a_\phi + (1 - a_\phi) R / F_{CT}}{1 - (1 - a_\phi)(1 - \psi_{CP})(1 - R / F_{CT})} \\ a_\phi = 1 - \exp(-kpS) \end{cases} \quad (2)$$

где T_T — теоретическая температура горения топлива в топке, К; $M = 0,52$ — коэффициент относительного положения максимума температур в топке; $\xi = 0,7$ — условный коэффициент загрязнения лучевоспринимающих поверхностей выполненных из гладкотрубных экранов при сжигании угля; α_m — степень черноты топки; H_d — площадь поверхности воспринимающей тепло излучением, м²; φ — коэффициент сохранения тепла; B_p — теоретический расход топлива, кг/с; V_{C_p} — теплоемкость дымовых газов в диапазоне температуры $T_T - T_T''$ кДж/(кг·К); a_T — степень черноты топки; a_ϕ — степень черноты факела; R — площадь зеркала горения, м²; ψ_{CP} — коэффициент тепловой эффективности экранов рассчитываемый $\psi_{CP} = H_d \cdot \xi / (F_{CT} - R)$; k — коэффициент ослабления излучения продуктами сгорания, 1/(м·МПа); p — абсолютное давление газов в топке, МПа.

Представленная зависимость (2) позволяет определять температуру продуктов сгорания перед входом в газоходы котла в зависимости от положения колосниковой решетки в топке с целью предотвращения плавления золы и налипания ее на стенках газоходов.

Для определения количества переданного теплоносителю тепла в жаровых трубах водогрейного котла принято, что процесс передачи теплоты при движении продуктов сгорания в газоотводящих трубах принят аналогично решению предложенного В. Г. Шуховым по распределению температуры при движении нефти по трубопроводу, уложенному в грунт:

$$t(x) = t_c - (t_0 - t_c) \cdot e^{-\frac{\pi k d}{M C_p}} \quad (3)$$

где M — массовый расход дымовых газов, кг/с; C_p — массовая теплоемкость дымовых газов, кДж/(кг·°C); $t(x)$ — значение температуры продуктов сгорания в точке с координатой x , °C; t_c — средняя температура теплоносителя, °C; d_3 — внутренний диаметр трубы, в м.

Величина коэффициента теплоотдачи, определяется по уравнению с учетом того, что термическое сопротивление стенки не значительно [3]:

$$K_c = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{1}{\alpha_n}}, \quad (4)$$

где $\alpha_{вн}$ — коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности газоотводящей трубы, $\alpha_{вн} = \alpha_{кв} + \alpha_{лв}$; α_n — коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности газоотводящей трубы.

Величину коэффициента теплоотдачи от газоотводящей трубы рассчитывалось в соответствии с критериальным уравнением [3]:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,43}, \quad (5)$$

где Re — критерий Рейнольдса; Pr — критерий Прандтля.

Значение конвективной составляющей коэффициента теплоотдачи при продольном омывании поверхности нагрева (внутренней поверхности газоотводящих труб) определялось [4]:

$$\alpha_{кв} = 0,023 \frac{\lambda}{d_3} \left(\frac{\omega d_1}{\nu} \right)^{0,8} Pr^{0,4} c_t c_b, \quad (6)$$

где Pr — критерий Прандтля (величина критерия физических свойств для дымовых газов среднего состава); d_3 — внутренний диаметр труб, м, $c_t = 1,06$ — поправка при охлаждении газов, зависящая от температуры потока и стенки, c_b — поправка на относительную длину, λ — коэффициент теплопроводности при средней температуре дымовых газов, ккал/м·ч·°C; ν — величина кинематической вязкости при средней температуре продуктов сгорания, м²/сек.

Значение коэффициент лучистого теплообмена со стороны горячих продуктов сгорания $\alpha_{лв}$ можно определить также на основании зависимости:

$$\alpha_{лв} = \frac{q_l}{t_r - t_{ст}}. \quad (7)$$

Удельное значение теплового потока q_l , передаваемого от продуктов сгорания топочному пространству определено по уравнению Стефана — Больцмана [9]:

$$q_l = C_0 \frac{\varepsilon_c + 1}{2} \left[\varepsilon_r \left(\frac{T_r}{100} \right)^4 - A_r \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right], \quad (8)$$

где T_r — температура продуктов сгорания, T °K; T_c — температура поверхности стенки, T °K; ε_c — степень черноты топки; ε_r — степень черноты продуктов сгорания; A_r — поглощательная способность продуктов сгорания при температуре стенки труб.

Величина степени черноты продуктов сгорания в топочном пространстве в зависимости от температуры газов определена на основании закона Кирхгофа [4]:

$$\varepsilon_{\Gamma} = f(T_{\Gamma}, pl).$$

В свою очередь степень черноты продуктов сгорания определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\Gamma} = \varepsilon_{CO_2} + \varepsilon_{H_2O}, \quad (9)$$

где ε_{CO_2} и ε_{H_2O} — величина значения черноты двуокиси углерода и водяного пара соответственно.

Согласно [3] плотность излучения двуокиси углерода и водяного пара на основании экспериментальных данных определяется:

$$E_{CO_2} = 3,5(pl)^{0,33} \left(\frac{T}{100} \right)^{3,5}, \quad E_{H_2O} = 3,5 \cdot p^{0,8} l^{0,6} \left(\frac{T}{100} \right)^{3,5}, \quad (10)$$

где p — парциальное давление; l — толщина излучающего слоя.

Степень черноты газов при средней температуре газов может быть определена зависимостью:

$$\varepsilon_{\Gamma} = \varepsilon_{CO_2} + \beta \varepsilon_{H_2O}, \quad (11)$$

где β — коэффициент, учитывающий совместное излучение и поглощение теплового потока трехатомными газами ($\beta \sim 1 \div 1,15$).

Степень черноты двуокиси углерода с учетом величины температуры продуктов сгорания при изменении положения колосниковой решетки, можно определить приближенной формулой:

$$\varepsilon_{CO_2} = \varepsilon_{CO_2} 1773 \cdot \left(\frac{1773}{T_r} \right) \cdot \bar{h}_r^{0,5} = 0,05 \left(\frac{1773}{T_r} \right) \cdot \bar{h}_r^{0,5}, \quad (12)$$

где \bar{h}_r — относительное положение колосниковой решетки в топке.

Степень черноты водяных паров в зависимости от температуры при изменении положения колосниковой решетки можно определить на основании эмпирической зависимости:

$$\varepsilon_{H_2O} = \varepsilon_{H_2O} 1773 \cdot \left(\frac{1773}{T_r} \right)^{1,6} \bar{h}_r^{0,5} = 0,02 \left(\frac{1773}{T_r} \right)^{1,6} \quad (13)$$

Результаты определения влияния степени черноты двуокиси углерода, водяного пара и продуктов сгорания при изменении температуры, выполненные на основании формул (12) и (13) с учетом изменения объема топочного пространства приведены на рис. 1.

На основании вышеизложенного зависимость для определения поглощательной способности газов при изменении положения колосниковой решетки, после некоторых преобразований, будет иметь вид:

$$A_r = \bar{h}_r^{0,5} \left(\frac{1773}{T_r} \right) \left[0,05 \left(\frac{T_r}{T_c} \right)^{0,65} + 0,0208 \left(\frac{1773}{T_r} \right)^{0,6} \right] \quad (14)$$

При регулировании объема топочного пространства лучистый теплообмен будет определяться зависимостью [6]:

$$q_{\text{л}} = \frac{1}{2}(\varepsilon_{\text{с}} + 1)C_o \left[\varepsilon_{\text{г}} \left(\frac{T_{\text{г}}}{100} \right)^4 - A_{\text{г}} \left(\frac{T_{\text{с}}}{100} \right)^4 \right] = \frac{1}{2}(\varepsilon_{\text{с}} + 1)C_o \bar{h}_{\text{г}}^{0,5} \left[\varepsilon_{\text{г}} \left(\frac{T_{\text{г}}}{100} \right)^4 - 0,19 \left(\frac{T_{\text{с}}}{100} \right)^4 \right] \quad (15)$$

В уравнении (15) поглощательную способность газов при температуре стенки омываемых труб для инженерных расчетов с точностью до 5% предлагается определять по уравнению:

$$A_{\text{г}} = \left[\varepsilon_{\text{CO}_2} \left(\frac{T_{\text{г}}}{T_{\text{с}}} \right)^{0,65} + 0,0208 \left(\frac{1773}{T_{\text{г}}} \right)^{0,6} \right] = 0,19 \left(\frac{1773}{T_{\text{г}}} \right) \quad (16)$$

Изменение поглощательной способности продуктов сгорания в топке при изменении объема топочного пространства представлено на рис. 2.

На основании проведенных теоретических исследований разработана конструкция жаротрубного твердотопливного водогрейного котла с подвижной колосниковой решеткой, позволяющей регулировать объем топочного пространства за счет ее вертикального перемещения, рис. 3 [2, 6, 8].

Конструкция топки с подвижной колосниковой решеткой для водогрейного жаротрубного твердотопливного котла малой мощности приведена на рис. 4.

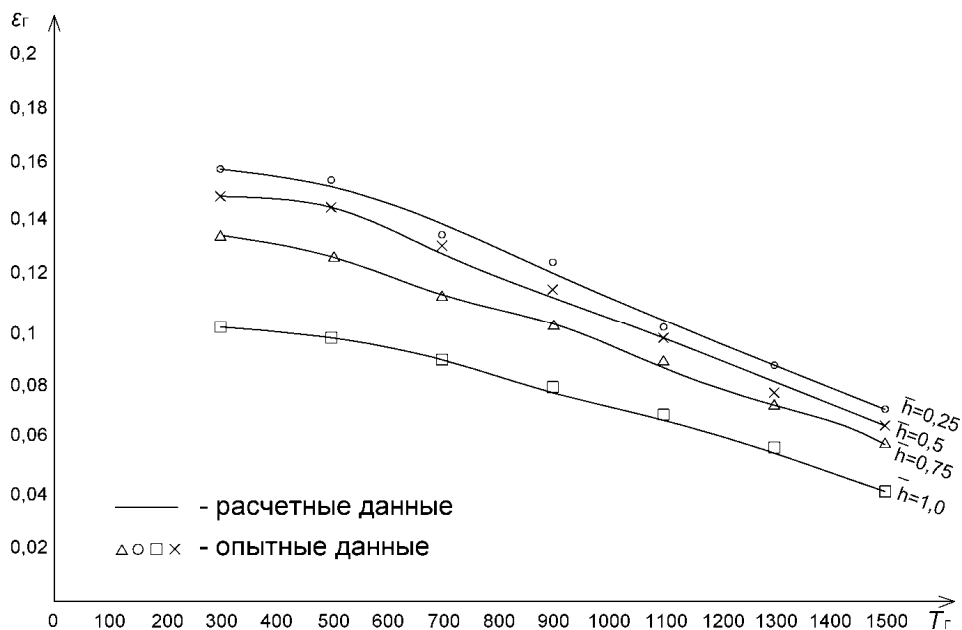


Рис. 1. Зависимость степени черноты дымовых газов в топочном пространстве с учетом изменения температуры сгорания и положения колосниковой решетки

Fig. 1. Dependence of the degree of blackness of flue gases in the furnace versus burning temperature and location of the combustion grate

Конструкция котла разработана исходя из показателя эффективности полноты сгорания топлива в топке, нормируемого тепловым напряжением топочного пространства и зеркала горения:

$$\frac{Q}{V_m} = \frac{BQ_n^p}{V_m}, \quad (16)$$

где V_m — активный объем топочной камеры, m^3 ; B — часовой расход угля, $кг/ч$; Q_n^p — низшая расчетная теплота сгорания угля $кДж/кг$.

В сконструированном котле сжигаемое топливо горит в слое, находящемся на колосниковой решетке, в котором протекают все процессы сжигания, эффективность эксплуатации которого описывается видимым тепловым напряжением зеркала горения.

$$\frac{Q}{R} = \frac{BQ_n^p}{R}, \quad (17)$$

где R — площадь зеркала горения, m^2 .

Для подтверждения проведенных теоретических исследований проведены промышленные испытания водогрейного котла на здании заставы пограничной службы, включающей в себя офицерский дом (четыре двухкомнатные квартиры) и казармы.

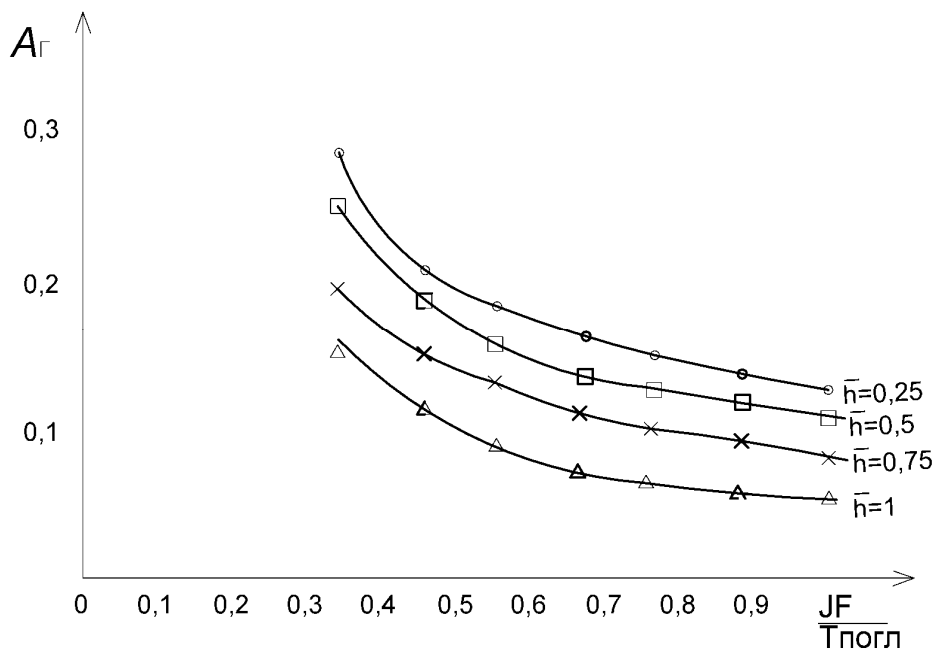


Рис. 2. Изменение поглощательной способности продуктов сгорания в топке при изменении объема топочного пространства

Fig. 2. Change of absorptivity of combustion products in the furnace versus changing furnace volume

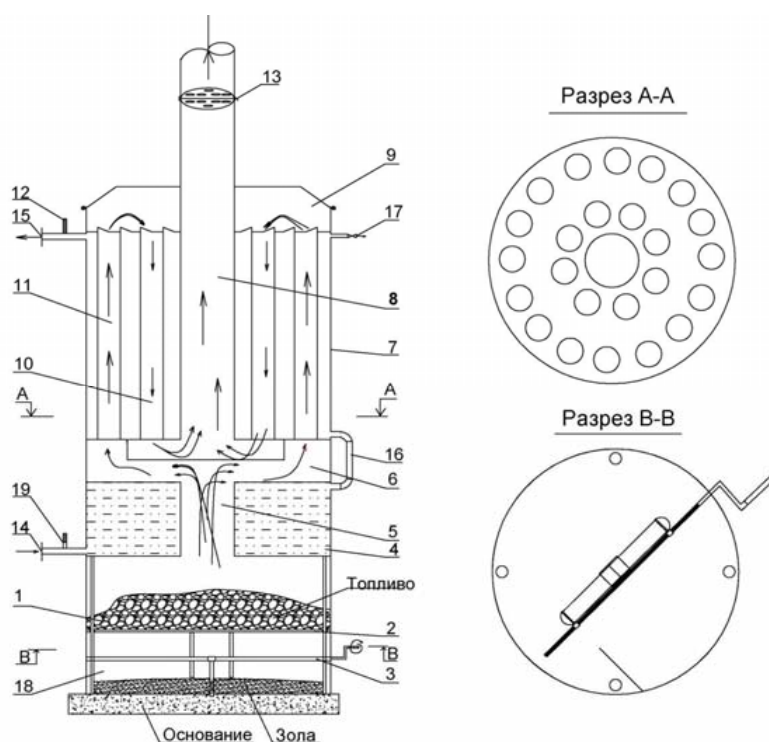


Рис. 3. Схема водогрейного секционного твердотопливного котла

- 1 — топка; 2 — подвижная колосниковая решетка;
- 3 — подъемный механизм;
- 4 — лучевоспринимающая поверхность (дополнительный барабан);
- 5 — переходная газовая труба;
- 6 — нижняя газораспределительная камера отводная;
- 7 — основной барабан котла;
- 8 — центральная газоотводная труба;
- 9 — верхняя газораспределительная камера;
- 10 — газоотводные трубы с нисходящими потокам;
- 11 — газоотводные трубы с восходящими потокам;
- 12 — термометр; 13 — дымоход с шибером;
- 14 — патрубок входа холодной воды;
- 15 — патрубок выхода нагретой воды;
- 16 — переходной патрубок;
- 17 — патрубок выпуска воздуха;
- 18 — зольник; 19 — термометр

Fig. 3. Schematic illustration of a sectional solid-fuel hot-water boiler

- 1 — furnace; 2 — mobile grate;
- 3 — lifting mechanism;
- 4 — ray-receiving surface (additional drum);
- 5 — transition gas pipe;
- 6 — lower gas distribution chamber;
- 7 — boiler's main drum;
- 8 — central gas pipe;
- 9 — upper gas distribution chamber;
- 10 — gas discharge pipes with downward flows;
- 11 — gas discharge pipes with upward flows;
- 12 — thermometer;
- 13 — chimney with a gate;
- 14 — input pipe for cold water;
- 15 — outlet pipe for heated water;
- 16 — transition pipe;
- 17 — air release pipe;
- 18 — ash pan;
- 19 — thermometer

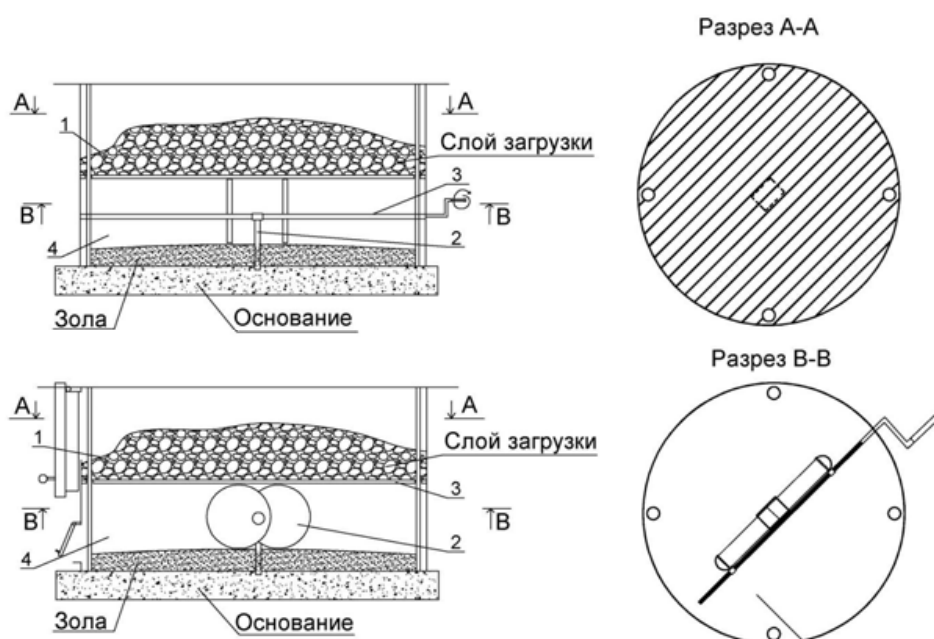


Рис. 4. Конструкция топки для котла с переменным объемом топки оснащенной подвижной колосниковой решеткой
 1 — топка с загруженным слоем топлива;
 2 — механизм регулирования высоты положения колосниковой решетки;
 3 — подвижная колосниковая решетка

Fig. 4. Schematic illustration of a furnace used in boilers with a variable furnace volume equipped with a moving combustion grate
 1 — furnace with a loaded layer of fuel;
 2 — mechanism for regulating the height of the grate; 3 — mobile grate

В опытных образцах регулировка высоты положения колосниковой решетки, подача топлива на колосниковую решетку и разгрузка шлака выполнялась вручную. Каждая партия топлива перед загрузкой взвешивалась. Качество горения топлива оценивалось по цвету горящего факела и анализу продуктов сгорания.

Котел был оснащен термометрами для измерения температуры теплоносителя на входе и выходе из котла. Положение колосниковой решетки регулировалось вручную, а местоположение устанавливалось с помощью нанесенных меток. Измерение температуры дымовых газов в топке осуществлялось поверенным и сертифицированным многофункциональным измерительным прибором Testo 435-1. Расход теплоносителя рассчитывался на основании показаний расходомера и разности температур теплоносителя.

Регулирование теплопроизводительности водогрейного отопительного котла производилось регулированием положения колосниковой решетки в топке.

Результаты теплотехнических расчетов изменения температуры продуктов сгорания, в топке, рассчитанных по формуле (2) и температуры газов, движущихся в газоходах котла по формуле (2) с учетом изменения поглотительной способности газов представлены на рис. 5 и 6.

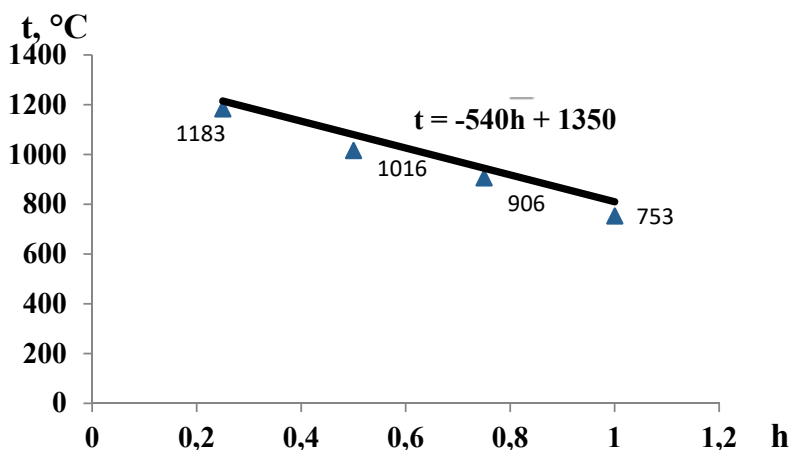


Рис. 5. Зависимость изменения температуры продуктов сгорания в топке от относительного положения колосниковой решетки

Fig. 5. Dependence of gas temperature at the furnace outlet versus location of the combustion grate

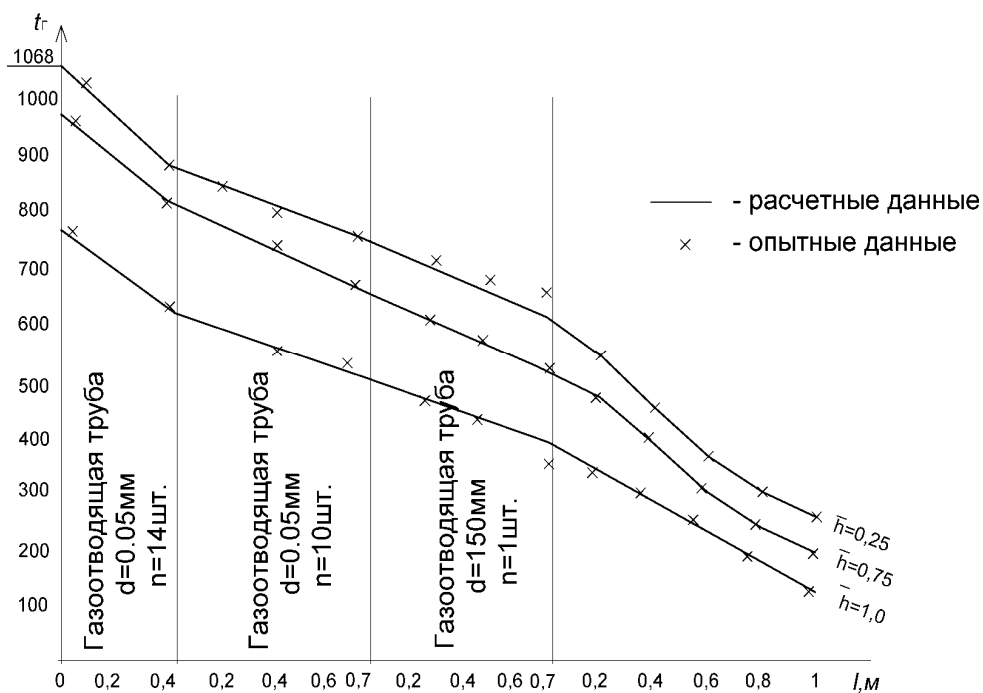


Рис. 6. График изменения температуры продуктов горения по ходу движения газов в котле

Fig. 6. Change of combustion products temperature versus gas flow in the boiler

Отклонения расчетных значений от фактических показателей, полученных в результате теплотехнических испытаний, варьируются в пределах от 5 до 10%, на основании чего предложенная методика расчета и регулирования процессов горения топлива за счет изменения объема топочного пространства признана адекватной.

Полученные в результате исследования данные можно использовать для создания комплексной автоматизированной системы управления режимами работы котла за счет регулирования объема топочного пространства, подачи воздуха и удаления продуктов сгорания в зависимости от свойств и количества сжигаемого топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабий В. И. Горение угольной пыли и расчет пылеугольного факела / В. И. Бабий, Ю. Ф. Куваев. М.: Энергоатомиздат, 1986. 208 с.
2. Белкин А. П. Повышение энергоэффективности котла малой мощности установкой подвижной колосниковой решетки / А. П. Белкин, П. С. Хужаев // *Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе»*. Тюмень, 2016. С. 76-81.
3. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, Ф. С. Сукомел. М.: Энергоиздат, 1981. 416 с.
4. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод) / под ред. Г. М. Каган. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.
5. Хужаев П. С. Характеристики углей некоторых месторождений республики Таджикистан / П. С. Хужаев, С. М. Назаров // *Материалы международной научно-практической конференции «Архитектурное образование и архитектура Таджикистана: 50 лет развития и совершенствования»*. Душанбе, 2013. С. 194-199.
6. Хужаев П. С. Водогрейный котел малой мощности / П. С. Хужаев, А. А. Сулейманов // *Материалы международной научно-практической конференции «Архитектурное образование и архитектура Таджикистана: 50 лет развития и совершенствования»*. Душанбе, 2013. С. 231-236.
7. Хужаев П. С. Лучистый теплообмен в топочном пространстве с переменным объемом / П. С. Хужаев, А. А. Сулейманов // *Материалы международной научно-практической конференции «Строительства, архитектуры, энергоэффективность и экология»*. Тюмень, 2016.
8. Хужаев П. С. Твердотопливный теплогенератор / П. С. Хужаев, А. А. Сулейманов, М. М. Поччоев // *Вестник Таджикского национального университета*. Душанбе, 2014. № 1/1 (126). С. 100-104.
9. Юдаев Б. Н. Теплопередача / Б. Н. Юдаев. М.: Высшая школа, 1973. 360 с.

Alexei P. BELKIN¹

Parviz S. KHUZHAEV²

ENERGY EFFICIENCY OF LOW POWER SOLID-FUEL HOT-WATER BOILERS IMPROVED BY MOVING COMBUSTION GRATE

¹ Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
Department of Industrial Heat and Power Engineering,
Industrial University of Tyumen
kpt.belkin@mail.ru

² Senior Lecturer, Department of Heat
and Gas Supply and Ventilation,
Faculty of Construction and Architecture,
M. S. Osimi Tajik Technical University
parviz0774@inbox.ru

Abstract

Increasing the performance factor and efficiency of high-ash fuel burnt in low-power boilers has become a crucial task due to the rise in the fuel prices and the quantity of low-grade fuel burnt.

This paper presents the design of a hot-water solid-fuel fire-tube boiler with a regulated furnace volume due to relocation of the combustion grate. The authors aim at developing a new approach to formation of the combustion flame front by changing the furnace volume, which ensures more efficient performance of the boiler, as well as reduction in maintenance costs. The study has resulted in developing and patenting the design of the hot-water solid-fuel boiler with a variable furnace volume due to relocation of the combustion grate. The moving combustion grate used for different high-ash solid fuels along with fusible ash makes it possible to increase the efficiency of combustion by eliminating ash sticking on the boiler flue walls. The paper gives the primary design formulas for solid-fuel hot-water boilers incorporating the moving combustion grate.

Citation: Belkin A. P., Khuzhaev P. S. 2017. "Energy Efficiency of Low Power Solid-Fuel Hot-Water Boilers Improved by Moving Combustion Grate". Tyumen State University Herald. Physical and Mathematical Modeling. Oil, Gas, Energy, vol. 3, no 4, pp. 51-64.
DOI: 10.21684/2411-7978-2017-3-4-51-64

Keywords

Hot-water boiler, combustion grate, furnace, coal, ash, radiation, ash fusion temperature.

DOI: 10.21684/2411-7978-2017-3-4-51-64

REFERENCES

1. Babiy V. I., Kuvaev Yu. F. 1986. Gorenje ugol'noy pyli i raschet pyleugol'nogo fakela [Combustion of Coal Dust and Calculation of a Pulverized-Coal Torch]. Moscow: Energoatomizdat.
2. Belkin A. P., Khuzhaev P. S. 2016. "Povyshenie energoyeffektivnosti kotla maloy moshhnosti ustanovkoy podvizhnoy kolosnikovoy reshetki" [Improvement of the Energy Efficiency of A Low-Power Boiler by a Moving Combustion Grate]. Proceedings of the International Research Conference for Young Researchers and Specialists "Energoberezhenie i innovacionnye tehnologii v toplivno-energeticheskom komplekse" [Energy Saving and Innovative Technologies in the Fuel and Energy Complex], pp. 76-81. Tyumen.
3. Isachenko V. P., Osipova V. A., Sukomel F. S. 1981. Teploperedacha [Heat Transfer]. Moscow.
4. Kagan G. M. (ed.). 1998. Teplovoy raschet kotlov (Normativnyy metod) [Thermal Calculation of Boilers (Regulatory Method)]. 3rd edition, revised. St. Petersburg: SPA TSKTI.
5. Huzhaev P. S., Nazarov S. M. 2013. "Kharakteristiki ugley nekotorykh mestorozhdeniy respubliky Tadjikistan" [Characteristics of Coals of Some Deposits in the Republic of Tajikistan]. Proceedings of the International Research Conference "Arhitekturnoe obrazovanie i arhitektura Tadjikistana: 50 let razvitiya i sovershenstvovaniya" [Architectural Education and Architecture of Tajikistan: 50 Years of Development and Improvement], pp. 194-199. Dushanbe.
6. Khuzhaev P. S., Suleymanov A. A. 2013. "Vodogreynnyy kotel maloy moshhnosti" [Low-Power Hot-Water Boiler]. Proceedings of the International Research Conference "Arhitekturnoe obrazovanie i arhitektura Tadjikistana: 50 let razvitiya i sovershenstvovaniya" [Architectural Education and Architecture of Tajikistan: 50 Years of Development and Improvement], pp. 231-236. Dushanbe.
7. Khuzhaev P. S., Suleymanov A. A. 2016. "Luchisty teploobmen v topochnom prostranstve s peremennym obyemom" [Radiant Heat Exchange in the Variable Furnace Volume]. Proceedings of the International Research Conference "Stroitel'stva, arhitektury, energoeffektivnost' i ekologiya" [Construction, Architecture, Energy Efficiency and Ecology]. Tyumen.
8. Khuzhaev P. S., Suleymanov A. A., Pochchoev M. M. 2014. "Tverdotoplivnyy teplogenerator" [Solid-Fuel Heat Generator]. Vestnik Tadjikskogo nacional'nogo universiteta, no 1/1 (126), pp. 100-104. Dushanbe.
9. Yudaev B. N. 1973. Teploperedacha [Heat Transfer]. Moscow: Vysshaya shkola.