

ТРАНСПОРТ И ЭНЕРГЕТИКА

Кулешов М. И., канд. техн. наук, доц.,

Губарев А. В., инж.,

Погонин А. А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

КОНДЕНСАЦИОННЫЙ ВОДОГРЕЙНЫЙ КОТЕЛ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ*

artwo0248@mail.ru

Превалирующие в настоящее время в Российской Федерации централизованные системы теплоснабжения обладают рядом недостатков, практически все из которых ликвидируются в автономных системах теплоснабжения. В последних системах с высокой эффективностью может быть использован конденсационный водогрейный котел с отдельной выработкой тепла на нужды отопления и горячего водоснабжения, разработанный в БГТУ им. В.Г. Шухова.

Ключевые слова: автономные системы теплоснабжения, конденсация водяных паров, конденсационный водогрейный котел.

Как главная преемница Советского Союза, Российская Федерация является страной с высокой степенью централизации теплоснабжения. Но, как показывает опыт эксплуатации систем централизованного теплоснабжения, они имеют ряд существенных недостатков, перечисленных ниже [1].

1. В централизованных котельных используются водогрейные котлы, КПД которых по низшей теплотворной способности топлива составляет порядка 88–90 %.

2. Потери теплоты во внешних тепловых сетях, обусловленные их большой протяженностью составляют, по меньшей мере, 15–20 %. Кроме того, протяженные трубопроводы, проходящие в черте города, характеризуются невысокой надежностью.

3. Вследствие большой затрудненности регулирования тепловых нагрузок при теплопотребителях различного назначения, подключенных к общим тепловым сетям, параметры теплоносителя, подаваемого этим теплопотребителям, зачастую не соответствуют параметрам теплоносителя, необходимым для них.

В то же время в развитых странах Западной Европы, таких как Австрия, Англия, Бельгия, Германия, широкое распространение получили автономные домовые котельные. При их использовании исключаются практически все вышеуказанные недостатки. Это обуславливается высокой гибкостью режимов работы автономных котельных, а также отсутствием протяженных трубопроводов.

В последнее время в энергетической политике Российской Федерации также наблюдаются тенденции к развитию автономных систем теплоснабжения с использованием современных котлов малой мощности, как зарубежных, так и отечественного производства.

Однако, общим и главным недостатком существующих конструкций водотрубных и жаротрубно-дымогарных водогрейных котлов, даже лучших их образцов, является то, что их КПД, определяемый по низшей теплотворной способности топлива, а при этом не учитывается скрытая теплота конденсации водяных паров в уходящих газах, неизбежно образующихся при окислении водородной составляющей органического топлива, составляет 90–93 %, а потери тепла с уходящими газами составляют в этом случае 6–8 %. А между тем на долю 2 м³ водяных паров, образующихся при сгорании 1 м³ природного газа, приходится 11–13 % теплоты. Таким образом, КПД традиционных водогрейных котлов, определенный по высшей теплотворной способности топлива, составит 77–80 %. Кроме того, в целях достижения на выходе из этих котлов температур продуктов сгорания на уровне 110–150 °С, обуславливающих вышеуказанные значения КПД, необходимы очень развитые поверхности теплообмена. При этом имеет место снижение средней разности температур между теплоносителями при минимальных значениях коэффициентов теплопередачи от продуктов сгорания топлива к нагреваемой сетевой воде. Вследствие этого традиционные

водогрейные котлы являются весьма громоздкими, металлоемкими и, как следствие дорогими.

В данных условиях в целях повышения эффективности топливопотребления необходимо использовать теплоту конденсации водяных паров. При влажосодержании уходящих газов $x = 0,11-0,12$ кг/кг_{с.г.} физическая их теплота составляет $195-220$ кДж/м³, а влажностная – $315-325$ кДж/м³. Если продукты сгорания природного газа охлаждаются до температуры ниже темпе-

ратуры точки росы, которая составляет для них $54-55$ °С, то будет иметь место конденсация части содержащихся в них водяных паров с выделением скрытой теплоты конденсации [2].

Примером аппарата, полезно использующего теплоту конденсации содержащихся в продуктах сгорания топлива водяных паров, является конденсационный водогрейный котел (КВК) с отдельной выработкой воды на отопление и горячее водоснабжение, принципиальная схема которого представлена на рис.

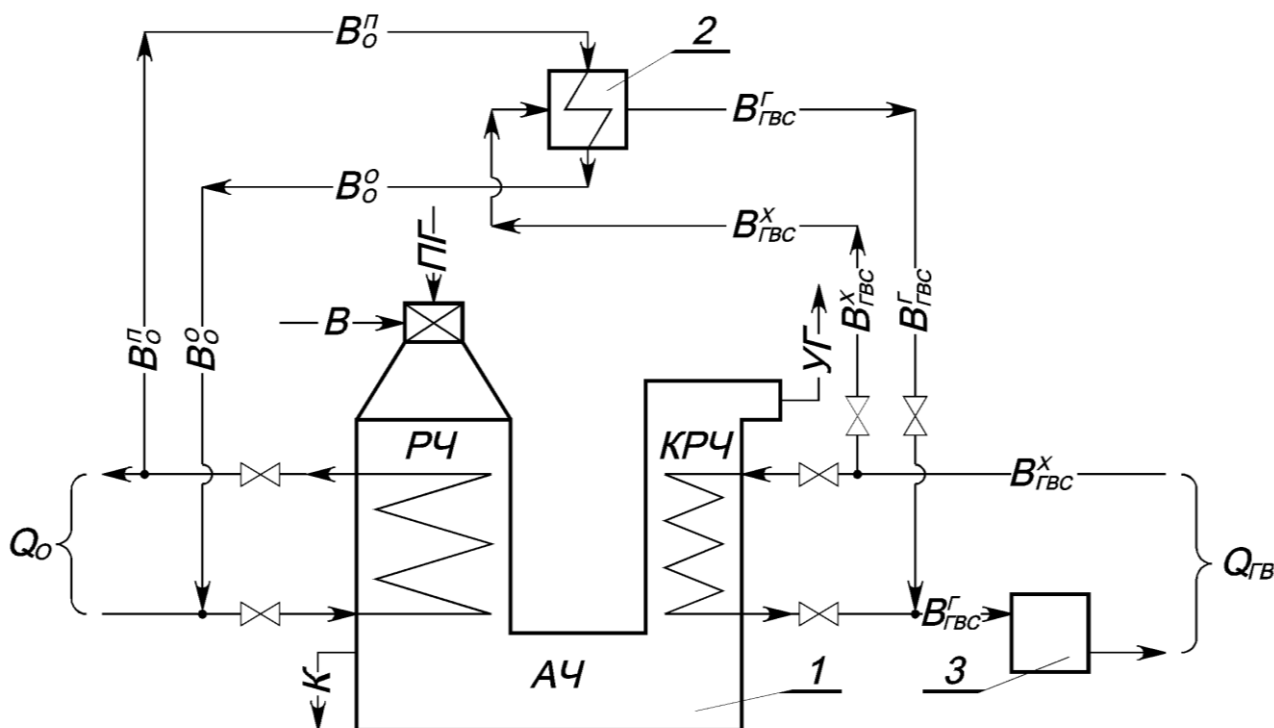


Рис. 1. Принципиальная схема конденсационного водогрейного котла:

1 – конденсационный водогрейный котел (КВК); 2 – водо-водяной подогреватель; 3 – бак аккумулятора; РЧ – радиационная часть; КРЧ – контактно-рекуперативная часть; АЧ – адиабатная часть; ПГ – природный газ; В – воздух; V_o^o , V_o^n – обратная и прямая отопительная вода; $V_{ГВС}^x$, $V_{ГВС}^r$ – холодная и горячая вода на горячее водоснабжение; УГ – уходящие газы; К – конденсат; Q_o , $Q_{ГВС}$ – теплота на отопление и на горячее водоснабжение

Данный водогрейный котел может служить для целей теплоснабжения жилых, общественных и промышленных теплопотребителей [3], [4]. Он представляет собой теплогенератор, состоящий из радиационной части (РЧ), адиабатной части (АЧ) и контактно-рекуперативной части (КРЧ). В радиационной части производится выработка горячей воды на цели отопления, а в контактно-рекуперативной части – на нужды горячего водоснабжения. При этом тепловая нагрузка радиационной части составляет порядка 75 %, а контактно-рекуперативной части – порядка 25 % – от общей тепловой производительности агрегата. В случае необходимости выработки большего количества горячей воды на нужды ГВС, чем номинально возможно получить в КРЧ, недостающая часть горячей воды

вырабатывается во вспомогательном поверхностном водо-водяном подогревателе 2. В теплое время года, когда отопительная нагрузка отсутствует, вся вырабатываемая в РЧ теплота используется для нагрева воды на горячее водоснабжение в подогревателе 2. Система отопления при этом отключается.

Продукты сгорания природного газа, сжигаемого в топке РЧ, покидают радиационную часть с температурой значительно более высокой, чем температура уходящих газов на выходе из традиционно используемых в системах теплоснабжения водогрейных котлов. Это обстоятельство обеспечивает увеличение средней разности температур между теплоносителями по сравнению традиционными котлами. Кроме того, коэффициент теплопередачи в РЧ принимает

максимально возможные значения, что обусловлено максимальными величинами коэффициента теплоотдачи от газов к поверхности теплообмена (за счет высоких значений радиационной составляющей теплопереноса). Далее продукты сгорания адиабатно охлаждаются в АЧ до термовлажностного равновесия при температуре мокрого термометра, а затем в КРЧ в восходящем газожидкостном потоке в эмульгированном режиме охлаждаются до температуры $t_{y.g.} \approx 30\text{--}35\text{ }^\circ\text{C}$, отдавая, тем самым, скрытую теплоту конденсации большей части водяных паров. При этом теплосодержание уходящих газов на выходе из КВК будет находиться в пределах 110–125 кДж/кг_{с.г.}, что составляет 4–4,5 % значения высшей теплоты сгорания топлива.

Таким образом, автономные системы теплоснабжения, в которых в качестве теплогенерирующих установок используются конденсационные водогрейные котлы предложенной конструкции, обладают рядом приведенных ниже преимуществ перед централизованными системами теплоснабжения.

1. Теплогенератор с отдельной выработкой воды на отопление и горячее водоснабжение имеет более высокий (на 15 %) КПД, определяемый по высшей теплотворной способности топлива.

2. При установке предлагаемых котлов непосредственно в объектах теплопотребления устраняются дорогостоящие и малонадежные внешние тепловые сети и, соответственно, тепловые потери (15–20 %) в них.

3. Повышается адекватность выработки теплоты нуждам потребителей в течение суток в любое время года, вследствие чего дополнительно экономится порядка 15 % топлива.

При этом общее топливосбережение при использовании водонагревателей с отдельной выработкой тепла на отопление и горячее водоснабжение составляет 45–50 % при повышении комфортности теплопотребителей.

Дополнительными достоинствами предлагаемых котлов являются их меньшие габариты в плане (в 2–3 раза) и более низкая материалоемкость (в 1,3–1,5 раза), чем у лучших известных прототипов.

Основные блоки и агрегаты разработанного топливосберегающего газового водонагревателя прошли экспериментальную проверку, как в лабораторных, так и в промышленных условиях, что подтвердило их высокие технико-экономические показатели. Различные варианты исполнения КВК, а также его основные узлы защищены рядом патентов Российской Федерации.

** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, ГК № 16.516.11.6146 от 07 октября 2011 года.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихтер, Ю. М. Автономное теплоснабжение зданий / Ю. М. Лихтер, В. А. Константинов // Энергетик. – 1995. – №4. – С. 9–10.
2. Бухаркин, Е. Н. Резервы повышения экономичности газовых водогрейных котлов / Е. Н. Бухаркин // Энергосбережение и водоподготовка. – 2002. – №4. – С. 39–42.
3. Кулешов, М.И. Топливосбережение в теплоснабжении гражданских и промышленных объектов / М.И. Кулешов, А.В. Губарев, С.В. Березкин // Энергосбережение и водоподготовка. – 2004. – №4. – С. 28–29.
4. Кожевников, В.П. О преимуществах перехода от централизованного к индивидуальному теплоснабжению жилых, общественных и промышленных зданий / В.П. Кожевников, М.И. Кулешов, А.В. Губарев // Промышленная энергетика. – 2009. – № 5. – С. 7–9.