

Марченко Г.С., Макаренко В.О., канд. техн. наук

Інститут газу НАН України, Київ

вул. Десятірівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: victor.makarenko53@gmail.com

Системи автономного опалення із застосуванням контактних водонагрівачів

У статті запропоновані технічні рішення застосування високоефективного контактного водонагрівача для систем опалення та гарячого водопостачання будівель цивільного і промислового призначення. Наведено схеми опалювального комплексу, окремо схеми системи тепlopостачання та системи гарячого водопостачання а також їх опис. Наведено розрахунки економічної ефективності контактного способу опалення. Показана доцільність застосування агрегатів контактного нагріву води. *Бібл. 5, рис. 5.*

Ключові слова: контактний теплообмін, конденсація продуктів згоряння, система опалення, система гарячого водопостачання.

Контактний водопідігрів вже багато років привертає до себе увагу завдяки відносно простим та одночасно ефективним рішенням [1]. Виробники тепlopостачальної техніки в останній час зосереджують увагу на створенні водонагрівачів з високою ефективністю викори-

стання теплової енергії. У повній мірі цим вимогам відповідають контактні водонагрівачі.

У контактних водонагрівачах теплообмін між нагрітими продуктами згоряння палива та водою здійснюється завдяки прямому контакту газів та води. Такий принцип знайомий здавна: на теплових електростанціях охолодження циркуляційної води відбувається у градирнях. Вода, яку треба охолодити, розбризкується на горі градирні та спадає донизу. Повітря, яке має нижчу температуру, проходить назустріч спадяючим краплям води та за рахунок безпосереднього контакту крапель води та повітря вода охолоджується, а повітря нагрівається. Такий саме процес, але у зворотному напрямку, відбувається в контактних водонагрівачах, де більш нагріті димові гази нагрівають стікаючу назустріч воду.

Розглянемо більш детально будову контактного водонагрівача, розробленого в Інституті газу НАН України [2]. Ці водонагрівачі мають назву «КАОМ» та три типорозміри за теплопродуктивністю: 0,5; 1,0 та 2,5 МВт [3–5]. Конструкція їх весь час удосконалювалася, остання модифікація представлена на рис.1 [5].

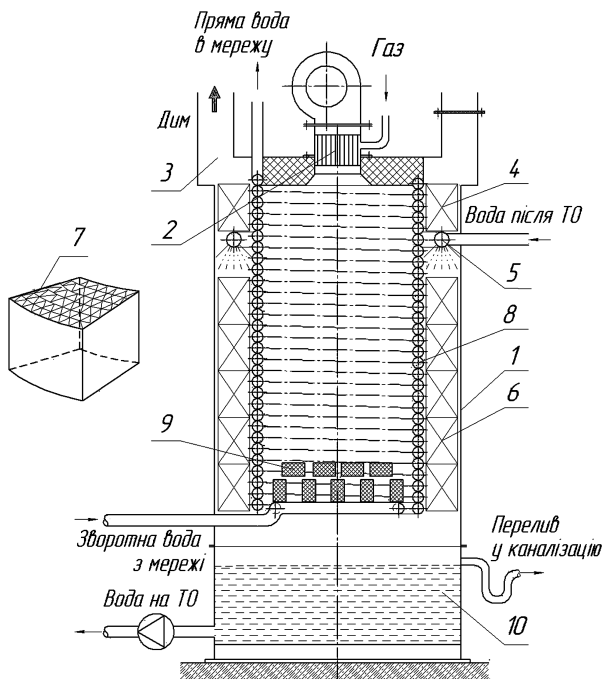


Рис.1. Контактний водонагрівач «КАОМ»: 1 – корпус водонагрівача; 2 – газовий палильник; 3 – димовідвід; 4 – каплеуловлювач; 5 – кільцевий радіальний колектор циркуляційної води; 6 – контактна насадка; 7 – касета з насадкою; 8 – водотрубна спіральна поверхня нагріву; 9 – вторинний випромінювач; 10 – бак накопичувач.

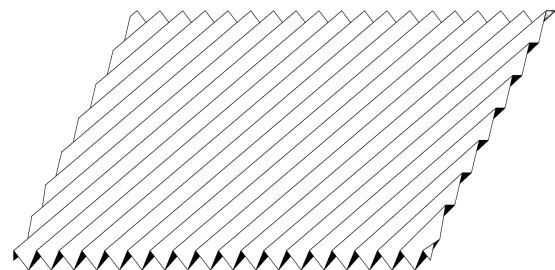


Рис.2. Металевий гофрований перфорований лист.

Корпус має циліндричну форму, компоновка вертикальна. Всередині корпусу розміщена топковою водонагрівальна поверхня, утворена спірально завитими трубами. У кільцевому просторі між топковою поверхнею та корпусом розташовані касети з контактною насадкою. Касети начинені металевими гофрованими перфорованими листами, виготовленими з нержавіючої сталі товщиною 0,5 мм (рис.2).

Працює водонагрівач таким чином. Вода з мережі, так звана зворотна вода, надходить до трубної топкової поверхні нагріву, нагрівається у ній та виходить в мережу. Циркуляційна вода надходить у кільцевий колектор та розбризкується на контактну насадку. Стікаючи донизу по поверхні насадки, вода контактує з продуктами згоряння, які піднімаються назустріч. Таким чином відбувається контактний нагрів води.

Контактна насадка, яка сформована з гофрованих листів, має високі питомі показники у порівнянні з класичною трубчастою поверхнею. Питома площа теплообміну насадки складає 300–500 м²/м³, для трубчастих поверхонь цей показник становить 50–60 м²/м³. Маючи таку розвинену поверхню нагріву, продукти згоряння охолоджуються до температури, що на 3–5 °С перевищує температуру води, якою зрошується насадка.

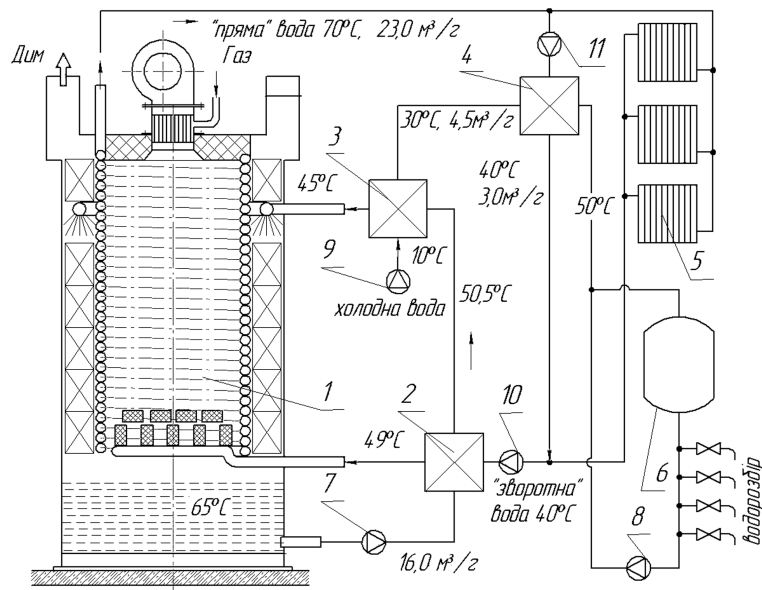


Рис.3. Технологічна схема підключення КАОМ до теплової мережі опалювального комплексу: 1 – водонагрівач КАОМ; 2 – мережевий теплообмінник; 3 – теплообмінник системи ГВП № 1; 4 – теплообмінник ГВП № 2; 5 – опалювальні прилади будівель; 6 – бак-аккумулятор ГВП; 7 – циркуляційний насос; 8 – циркуляційний насос ГВП; 9 – насос подачі води у систему ГВП; 10 – мережевий насос; 11 – насос теплообмінника № 2 системи ГВП.

У зв'язку з глибоким охолодженням продуктів згоряння стає можливим реалізувати ідею конденсації продуктів згоряння – конденсації водяної пари. Сконденсована водяна пара – це значний тепловий ресурс, який майже не використовується в існуючій техніці. Температура продуктів згоряння на промислових котлах дорівнює 120–140 °С, на малих котлах дрібних котельнях – до 180 °С, при цьому вся утворена пара викидається в атмосферу.

Теплота згоряння метану без конденсації пари, так звана нижча теплота, становить $Q_{нр} = 8558$ ккал/м³, той самий показник, але з конденсацією пари, так звана вища теплота, становить $Q_{вр} = 9496$ ккал/м³, таким чином, $Q_{вр}/Q_{нр} = 1,11$. Ми бачимо, що існуючий резерв теплоти 11 % варто використовувати. Температура початку конденсації водяної пари, так звана точка роси, для продуктів згоряння природного газу при $\alpha = 1$ становить 57 °С.

Таким чином, перед розробниками схем теплопостачання постає задача знизити температуру циркуляційної води, яка зрошує контактну насадку, нижче 57 °С.

Схема теплопостачання представлена на рис.3. На схемі показано застосування КАОМ для постачання тепла та гарячої води.

Пряма мережева вода подається на індивідуальні прилади опалення приміщень (5), а також відводиться у теплообмінник (4) для нагріву води на гаряче водопостачання (ГВП).

Зворотна мережева вода перед подачею в топкову частину КАОМ підігрівається у теплообміннику (2) циркуляційною водою контактного апарату КАОМ. Далі циркуляційна вода охолоджується у теплообміннику (3) за рахунок холодної води (10–15 °С), яка подається у систему ГВП.

Циркуляційна вода за допомогою циркуляційного насоса (7) переміщується по замкнутому колу контактна насадка – теплообмінник мережевий – теплообмінник ГВП. Таким чином, циркуляційна вода, яка містить у собі вугільну кислоту (H₂CO₃), внаслідок розчинення у воді CO₂ з продуктів згоряння не змішується ні з мережевою, ні з водою ГВП, що забезпечує високу надійність системи опалення та дотримання гігієнічних норм води ГВП.

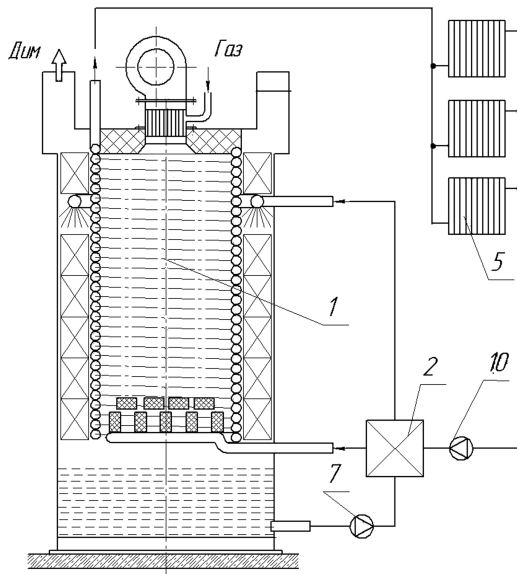


Рис.4 . Схема підключення контактної водонагрівача КАОМ у систему тепlopостачання: 1 – водонагрівач КАОМ; 2 – мережевий теплообмінник; 5 – опалювальні прилади

Як було вказано вище, контактні водонагрівачі здатні реалізувати процес конденсації продуктів згоряння. Згідно зі схемою тепlopостачання, циркуляційна вода охолоджується у теплообміннику (3) з метою знизити її температуру нижче $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. При подачі такої води на на-

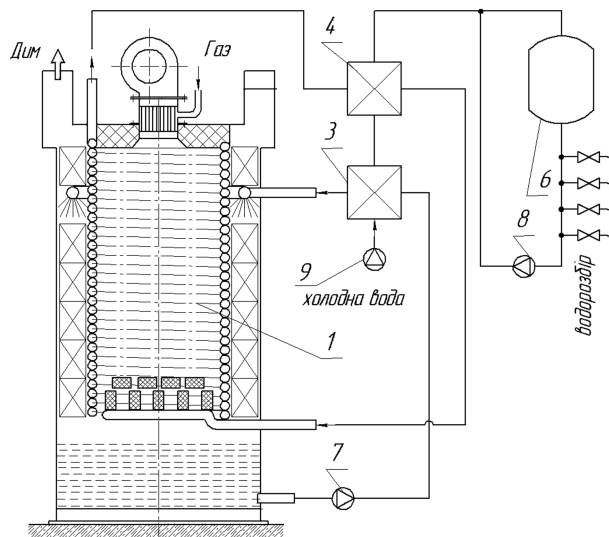


Рис.5. Схема підключення контактної водонагрівача КАОМ для нагріву води для системи гарячого водопостачання: 1 – водонагрівач КАОМ; 3 – теплообмінник системи гарячого водопостачання – ГВП № 1; 4 – теплообмінник ГВП № 2; 6 – бак-аккумулятор ГВП; 7 – циркуляційний насос; 8 – циркуляційний насос гарячого водопостачання; 9 – насос подачі води в систему ГВП.

садку відбувається активна конденсація водяної пари. При температурі вихідних газів $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ кількість сконденсованої пари складає $0,8\text{ кг}$ на 1 м^3 спаленого газу (це 50% від теоретичної кількості). Для КАОМ-1,0 (1 МВт) за добу сконденсується $1,92\text{ т}$ води, ця кількість перевищує водяний об'єм КАОМ. Таким чином, за добу вода в циркуляційному контурі оновлюється та її корозійна активність значно зменшується.

Економічна доцільність оснащення котельнь водонагрівачами КАОМ може бути підтверджена наведеними нижче розрахунками. Порівняння здійснюється з котлами, які мають ККД 90% . Слід зауважити, що такого показника ККД вітчизняні котли не мають, тому це умовне порівняння на користь існуючих котлів. ККД водонагрівача КАОМ за тих умов, які вказані вище, становить 106% (у розрахунку на $Q_{н.р}$).

Результати державних випробувань представлені в Протоколі № 28/00 ВКПр від 14.03.2000 приймальних випробувань контактної поверхневого водогрійного котла теплопродуктивністю $1,0\text{ МВт}$. (КАОМ-1,0) (Система сертифікації УкрСЕПРО. Сертифікаційний випробувальний центр опалювального обладнання, м. Київ).

Таким чином, ефективність КАОМ на 16% вища, що в перерахунку на витрату газу для КАОМ-1,0, становить $0,16 \times 107,5 = 17,2\text{ м}^3/\text{год}$. Опалювальний період оцінюється у 4500 год/рік . Економія природного газу за цей час становить $74,4\text{ тис. м}^3/\text{рік}$, що при ціні 10 тис. грн за 1000 м^3 газу складає 774 тис. грн . Потужність середньої районної котельні складає 3 МВт , для такої котельні річна економія становить 2322 тис. грн .

На рис.4 показано схему включення КАОМ тільки для потреб тепlopостачання. Робота схеми зрозуміла з рисунку. У приборах опалення циркулює чиста вода, яка не змішується з циркуляційною водою КАОМ. Перша ступінь нагріву мережевої води відбувається у теплообміннику за рахунок циркуляційної води, другий ступінь – нагрів води у водотрубній спіральній топковій поверхні.

На рис.5 показано схему включення КАОМ для нагріву води для потреб гарячого водопостачання. Перший ступінь нагріву води ГВП відбувається у теплообміннику циркуляційного контуру КАОМ (3), в який подається холодна вода. Другий ступінь підігріву відбувається у теплообміннику (4) нагрівального контуру топкової поверхні нагріву. До переваг КАОМ слід віднести можливість швид-

кого старту з холодного стану. Агрегат виходить на робочий режим менш ніж за 10 хв. Наявність бака-акумулятора дає можливість у нічні години відключати КАОМ та включати його у ранкові та вечірні години пік.

Перспективи впровадження енергозберігаючої технології опалювання за допомогою агрегатів КАОМ доволі сумні. Незважаючи на поодинокі приклади впровадження контактних водонагрівачів теплогенеруючі компанії не поспішають наслідувати ці позитивні технології. Причина криється в організації справ у цій галузі. Головне — це відсутність конкуренції серед постачальників цих послуг. На наш погляд, справа могла б зрушити з мертвої точки, якби управляюча компанія будинком збудувала будинкову котельню з КАОМ та опалювала свій дім, розраховуючись тільки за спожитий газ. Тільки у цьому випадку та економія грошей, яка була показана вище, залишилася в розпорядженні мешканців будинку. Стає зрозумілим, що державні «Теплокомуненерго» не мають жодного сенсу займатися цим «головним боєм», якщо отримана економія у споживанні газу не покращує стану ані компанії, ані споживачів теплової енергії.

Висновки

Таким чином, запропоноване застосування контактного водонагрівача для систем опалення

та гарячого водопостачання має переваги в порівнянні з існуючими системами:

а) дає можливість заощадити значні кошти користувачів послуг у сумі 774 тис. грн. за рік на 1 МВт теплової потужності.

б) отримати біля 2 т технічної води за добу від агрегату потужністю 1 МВт безкоштовно.

Список літератури

1. Соснин Ю.П., Бухаркин Е.Н. Высокоэффективные газовые контактные водонагреватели. М. : Стройиздат, 1988. 376 с.
2. Марченко Г.С. Котлы средней мощности для автономных систем теплоснабжения. *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 1999. № 3. С. 112–116.
3. Пат. 478 Укр., МКИ⁸ F 24 H 1/10. Контактный водонагреватель. Г.С.Марченко, О.І.П'ятничко В.О. Макаренко та ін. Опубл. 29.12.1999, Бюл. № 8.
4. Пат. 77099 Укр., МКИ F 24 H 1/10. Спосіб контактного нагріву води. Г.С.Марченко, О.І.П'ятничко, В.О.Макаренко. Опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2.
5. Пат. 110596 Укр., МКИ F 24 H 1/10, F 24 H 8/10. Контактный водонагреватель. Г.С.Марченко, В.О.Макаренко та ін. Опубл. 10.10.2016, Бюл. № 19.

Надійшла до редакції 25.03.19

Марченко Г.С., Макаренко В.А., канд. техн. наук
Институт газа НАН Украины, Киев
 ул. Десятаревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: victor.makarenko53@gmail.com

Системы автономного отопления с использованием контактных водонагревателей

В статье предложены технические решения применения высокоэффективного контактного водонагревателя для систем отопления и горячего водоснабжения зданий гражданского и промышленного назначения. Приведены схемы отопительного комплекса, отдельно схемы системы теплоснабжения и горячего водоснабжения, а также их описание. Приведены расчеты экономической эффективности контактного способа отопления. Показана целесообразность применения агрегатов контактного нагрева воды. *Библ. 5, рис. 5.*

Ключевые слова: контактный теплообмен, конденсация продуктов сгорания, система отопления, система горячего водоснабжения.

Marchenko G.S., Makarenko V.A., *Candidate of Technical Sciences*
The Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev
39, Degtyarivska Str., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: victor.makarenko53@gmail.com

Systems of Autonomous Heating with the Use of Contact Water Heaters

The article proposed technical solutions for the use of a highly efficient contact water heater for heating systems and hot water supply for civil and industrial buildings. The schemes of the heating complex, separate for heating systems, separate for hot water systems and their description are given. The calculations of the economic efficiency of the contact method of heating are given. The expediency of using water contact heating units is shown. *Bibl. 5, Fig. 5.*

Key words: contact heat exchange, condensation of combustion products, heating system, hot water supply system.

References

1. Sosnin Yu.P., Bukharkin E.N. [High Efficient Gas Contact Water Heaters]. Moscow : Stroyisdat, 1988. 376 p. (Rus.)
2. Marchenko G.S. [Medium Capacity Boilers for Independent Systems of Heat Supply]. *Ecotechnologii i resursosberezhenie* [Ecotechnologies and Resource Saving]. 1999. No. 3. pp. 112–116 (Rus.)
3. Pat. 478 UA, MKI F 24 H 1/10. [Contact Water Heater] G.S. Marchenko, O.I. P'yatnichko, V.O. Makarenko, G.M. Lyubchik, V.O. P'yatnichko, A.V. Zyerya, D.V. Semenov. Publ. 29.12.1999, Bull.8.
4. Pat. 77099 UA., MKI F 24 H 1/10. [Method of Contact Water Heating / G.S. Marchenko, O.I. P'yatnichko, V.O. Makarenko. Publ. 25.01.2013, Bull. 2.
5. Pat. 110596 UA, MKI F 24 H 1/10, F 24 H 8/10. [Contact Water Heater] G.S. Marchenko, G.B. Varlamov, M.D. Ocheretyanko, Ye.O. Osipenko, V.O. Makarenko. Publ. 10.10.2016, Bull.19.

Received March 25, 2019