

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНО-ПОВЕРХНЕВОГО ВОДОНАГРІВАЧА ПРИ ПІКОВИХ РЕЖИМАХ

Вступ. Контактно-поверхневі водонагрівачі використовуються для нагрівання води та випаровування агресивних рідин. Вони відносяться до класу нагрівальних конденсаційних апаратів відкритого типу, в яких вода нагрівається продуктами згорання палива контактним – поверхневим способом. Для досягнення максимальної ефективності роботи контактного водонагрівача з метою конденсації пари, що утворюється при згоранні природного газу чи рідкого палива, температура відхідних газів повинна бути якомога меншою від температури точки роси продуктів згорання. Однак при опаленні в умовах низьких температур навколишнього повітря, коли піднімають температуру отриманого теплоносія, температура зворотної води може бути суттєво вищою за температуру точки роси продуктів згорання. Із збільшенням температури відхідних газів вище температури точки роси коефіцієнт корисної дії контактного водонагрівача буде стрімко падати за рахунок випаровування води в контактній камері останнього.

Стан проблеми та постановка задачі досліджень. Відомо багато досліджень процесів гідродинаміки та тепломасообміну в контактних апаратах. Розроблені основи теплових та конструкторських розрахунків такого обладнання. Даними питаннями займалися: «Академія комунального господарства МЖКХ РСФСР» [1], Кафедра ТПТ НТУУ «КПІ» [2,3], «Лота» [4], Інститут Газу НАНУ [5], фірми: «ЭНЕРГОТЕХМОНТАЖ-ХОЛДИНГ» [7], «КОРТЭС» [8], «Евроформат» [6] та інші. Згаданими фірмами випускаються, та експлуатуються контактні апарати різних типів.

Вивчені тепло-масообмінні процеси в проточному барботажному шарі [3], тепломасообмінних процесів в апаратах з зануреним горінням [2], відомі дані по тепло масообміну зони випаровування контактного водонагрівача с форсунковим розпилем води [6] та інші. В [4] наведені деякі розрахункові результати по теплотехнічним характеристикам такого обладнання протягом опалювального сезону, а саме усереднене значення коефіцієнта корисної дії контактного водонагрівача барботажного типу: в зимовий час він складас близько 101,2 – 102 % (розрахункове значення по нижчій теплоті згорання палива).

Відомі експериментальні випробування долслідно – промислового зразка контактнo-поверхневого водонагрівача ФНКВ-1 [1]. Випробування показали, що коефіцієнт корисної дії водонагрівача значно зменшується при збільшенні температури зворотної води. Наприклад при температурі останньої 4 – 30 °С, ККД складає ~ 104 – 108 % (рахуючи по нижчій теплоті згорання палива). За температури зворотної води близько 70 °С ККД водонагрівача падає до ~ 82%.

На сьогоднішній день проведено лабораторні випробування контактних апаратів, теплотехнічні характеристики яких наведені в технічній документації виробників (паспорта, інструкції з експлуатації), але майже вся інформація по теплотехнічним характеристикам наводиться при номінальних режимах роботи обладнання і не має надійних експериментальних даних з характеристик такого обладнання, особливо в умовах пікових навантажень, коли температура зворотної води (на вході в апарат) суттєво перевищує температуру точки роси продуктів згорання палива. *Метою роботи є експериментальне вивчення особливостей роботи контактного апарата при пікових навантаженнях.*

Конструкція та схема підключення нагрівача. Для вивчення енергетичних характеристик контактнo-поверхневого водонагрівача при низьких температурах навколишнього повітря був використаний Теплогенератор контактнo-поверхневого типу ТГа-2,0 потужністю 2 МВт фірми «Евроформат», який встановлений в котельні заводу залізобетонних конструкцій ТОВ «ЗЗБК №1» по вул. Будіндустрії, 5 в м. Києві. Теплогенератор працює на систему опалення заводу. На рис.1 показана схема підключення нагрівача..

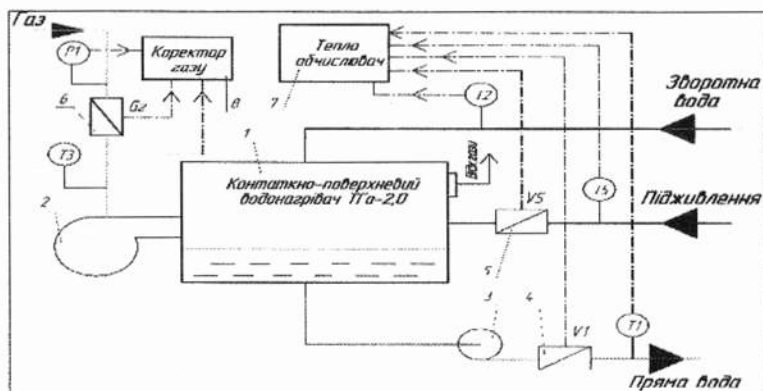


Рис.1 Схема підключення теплогенератора контактнo-поверхневого типу до системи опалення заводу:

- 1- ТГа-2,0; 2-газовий пальник; 3-циркуляційний насос;
- 4-лічильник гарячої води; 5-лічильник холодної води; 6-лічильник газу;
- 7-тепловий лічильник; 8-коректор газу.

Теплогенератор 1 оснащений блочним газовим пальником 2 типу КП-250 потужністю 2500 кВт фірми «Промгазпарат» і працює на систему опалення заводу наступним чином.

Зворотна вода з системи опалення заводу по трубопроводу зворотної води надходить в теплогенератор 1. Нагріта в останньому вода забирається циркуляційним насосом 3, та подається через трубопровід прямої води в систему опалення. В залежності від температури навколишнього повітря теплове навантаження на систему опалення змінюється. Регулювання потужністю теплогенератора – якісне (регулювання потужністю пальника і, відповідно, температурою гарячої води). Регулювання здійснюється по температурі зворотної води T2.

Методика вимірювань та досліджень. Для вимірювання відпущеної теплової енергії та параметрів теплоносія – контактноповітряний водонагрівач оснащений тепловим лічильником типу «Суперком-01-SKS». Тепловий лічильник складається з теплообчислювача 7 типу SKS-3, до якого підключаються лічильники гарячої та холодної (підживлюючої) води, 4 та 5, відповідно. Лічильники води мають вихідні імпульсні сигнали. Також до обчислювача підключені термоперетворювачі опору Pt500 для вимірювання температур прямої T1, зворотної T2 та підживлюючої води T5.

Сигнали з лічильників гарячої та підживлюючої води, та датчиків температури потрапляють на відповідні входи обчислювача. Далі ці сигнали оброблюються і перераховуються в витрати та температури відповідних каналів.

Обчислення теплової енергії в тепловому лічильнику в кДж за розрахунковий проміжок часу здійснюється за формулою:

$$E_B = V_1 \cdot \rho_{T1} \cdot (h_{T1} - h_{T2}) + V_5 \cdot \rho_{T5} (h_{T2} - h_{T5}),$$

де T1, T2, T5, °C – вимірювані значення температури прямої, зворотної та підживлюючої води;

V1, V5, м³/год - вимірювальні значення об'ємів прямої та підживлюючої води;

ρ_{T1}, ρ_{T5} , кг/ м³ - густина води при температурі T1, та T5 відповідно;

h_{T1}, h_{T2}, h_{T5} , кДж/кг*град – ентальпії води при відповідній температурі.

Теплообчислювач 7 забезпечує реєстрацію архівних та підсумкових показів величин в енергонезалежній пам'яті.

Перед пальником водонагрівача існує індивідуальний технологічний вузол обліку витрат природного газу, який складається з лічильника газу 6 типу GMS та коректора газу 8 типу «Тандем». Останній забезпечує вимірювання абсолютного тиску та температури газу, а також обчислення об'єму природного газу, що пройшов через

лічильник газу 6 в робочих умовах, зведеного до стандартних умов (температура 20 °С, тиск 101,325 кПа).

Коректор газу 6 забезпечує реєстрацію архівних та підсумкових показів витрати природного газу.

Кількість витраченої енергії по газу в кДж за розрахунковий проміжок часу визначається за формулою:

$$E_{\Gamma} = V_{\Gamma} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{P}},$$

де V_{Γ} , м³ – витрата природного газу зведеного до стандартних умов;

$Q_{\text{н}}^{\text{P}}$ – теплота згорання палива зведеного до стандартних умов.

Коефіцієнт корисної дії контактної – поверхневого водонагрівача за розрахунковий проміжок часу визначається за формулою:

$$\text{ККД} = \frac{E_{\text{В}}}{E_{\Gamma}} \cdot 100, \%$$

Результати дослідження коефіцієнта корисної дії нагрівача та їх аналіз

При зменшенні температури навколишнього повітря збільшується температура зворотної води, що в свою чергу веде до збільшення температури відхідних газів.

Розрахункова залежність коефіцієнта корисної дії контактної – поверхневого водонагрівача та вологовмісту продуктів згорання від температури відхідних газів представлена на рисунку 2.

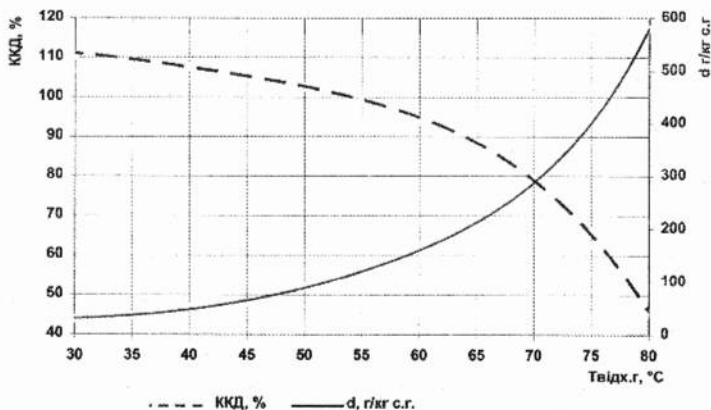


Рис.2 Розрахункова залежність коефіцієнта корисної дії контактної – поверхневого водонагрівача та вологовмісту продуктів згорання від температури відхідних газів.

Відхідні гази після водонагрівача мають відносну вологість 100 %, тобто при збільшенні температури останніх вище температури точки роси частина тепла від продуктів згорання буде витрачатись на випаровування частини води, яка в свою чергу залежить від витрати димових газів, їх температури, вологовмісту та коефіцієнту надлишку повітря. Чим більша температура відхідних газів тим більший вологовміст останніх (рис.2), тобто більша кількість тепла іде на випаровування води. Коефіцієнт корисної дії при цьому стрімко падає.

Компенсація води, яка випаровується у водонагрівачі, забезпечується відповідним підживленням водонагрівача.

Промислові випробування теплотехнічних характеристик контактно – поверхневого водонагрівача проводились в лютому 2012 року при температурі навколишнього повітря близько -20°C . Основною задачею випробувань було визначення коефіцієнта корисної дії водонагрівача та кількості води на підживлення за певний проміжок часу. Результати обробки даних теплового лічильника та коректора газу приведені на рис. 3 – 5.

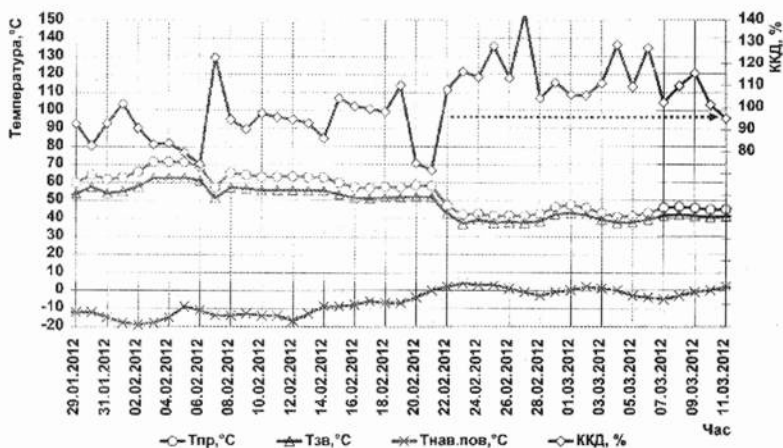


Рис.3 Усереднені добові теплотехнічні параметри теплогенератора протягом часу

З рисунка 3 видно, що при температурі навколишнього повітря близько (мінус 20 - 15) $^{\circ}\text{C}$ (01.02-11.02.2012) – температура зворотної води була 55-63 $^{\circ}\text{C}$. Усереднене за добу значення коефіцієнта корисної дії теплогенератора при цьому знаходилось близько 90 – 80 %.

При збільшенні температури навколишнього повітря до ($-5 - 0^{\circ}\text{C}$), що в свою чергу призвело до зменшення температури зворотної води до 50

– 40 °С, коефіцієнт корисної дії теплогенератора став 100 – 110 % (відносно нижчої теплотворної здатності палива).

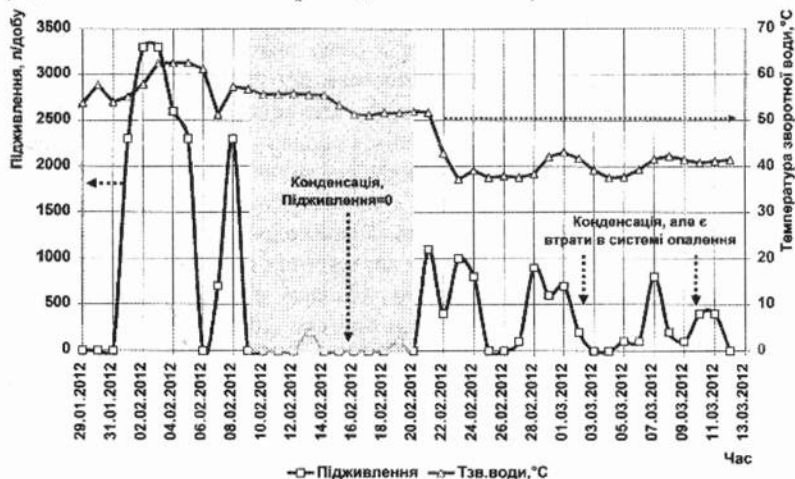


Рис.4 Залежність усереднених добових витрат підживлюючої води теплогенератора від температури зворотної води протягом часу

З рисунка 4 видно, що при піковому режимі, коли температура зворотної води була 63-55 °С – витрата підживлюючої води при цьому сягала 3300 – 2300 л/добу. Тобто в контактній камері водонагрівача відбувалося інтенсивне випаровування води, що в свою чергу підтверджує значення ККД 80 – 90 % (Рис.3).

При зменшенні температури зворотної води до 55 – 50 °С – підживлення водонагрівача майже не було (10.02-20.02.2012), тобто теплогенератор працював в конденсаційному режимі, що в свою чергу свідчить його ККД 90-100 % (Рис.3).

При подальшому зменшенні температури зворотної води до 50 – 40 °С – знову відбувалось підживлення водонагрівача (21.02-11.03.2012), це пояснюється тим, що в системі опалення відбувалися несанкціоновані відбори води. ККД теплогенератора при цьому сягав близько 100 – 110 % (Рис.3).

На рисунку 5 представлені усереднені добові витрати природного газу теплогенератором контактним – поверхневого типу, та жаротрубним котлом такої ж продуктивності (розрахункове значення при ККД=92 %). З рисунка видно, що при температурі зворотної води більше 55 °С витрати природного газу жаротрубним котлом в порівнянні з контактним суттєво менші.

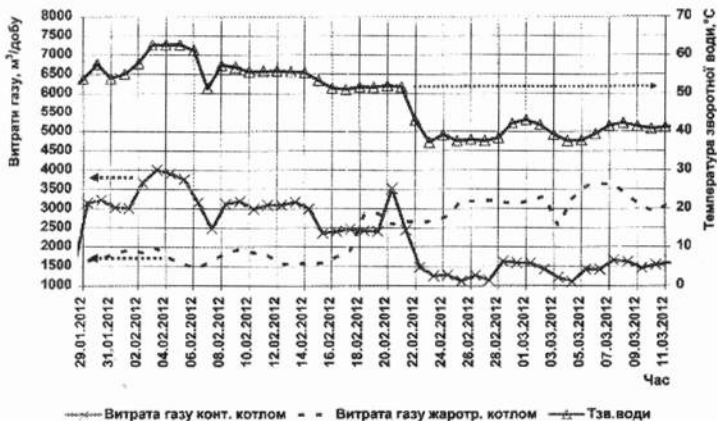


Рис.5 Усереднені добові витрати газу теплогенератором та жаротрубним котлом (розрахункова штрихова лінія при ККД = 92 %) протягом часу

На рисунку 6 показана усереднене значення витрати природного газу на 1 ГДж виробленої теплової енергії на протязі експерименту теплогенератором контактено – поверхневого типу ТГа-2,0 (експериментальне значення) та сучасним жаротрубним котлом (розрахункове значення при ККД=92 %). З рисунка видно, що витрата природного газу на 1 ГДж виробленої теплової енергії теплогенератором ТГа-2,0 складає ~ 29,5 м³/ГДж, а жаротрубним котлом ~ 32 м³/ГДж (на 7,8 % більше).



Рис.6 Витрата природного газу на 1 ГДж виробленого тепла теплогенератором контактено – поверхневого типу ТГа-2,0 в промислових умовах та жаротрубним котлом (розрахункова при ККД=92 %) протягом лютого 2012 р.

Висновки:

1. При пікових режимах роботи теплогенератора контактної – поверхневого типу, коли температура навколишнього повітря є біля мінус 20 °С і температура зворотної води 63-55 °С ККД теплогенератора сягає 80 – 90 %.

2. При піковому навантаженні витрати природного газу на контактний теплогенератор суттєво більші в порівнянні з жаротрубним котлом (ККД=92%), але усереднене значення ККД теплогенератора за розрахунковий період з 29.01.2012 по 11.03.12 складає 101,6 %.

3. В котельні з контактної – поверхневим водонагрівачем доцільно з метою економії газу в найхолодніший період паралельно встановлювати жаротрубний котел.

4. При помірних температурах навколишнього повітря, коли температура зворотної води менша 55 °С доцільно використовувати саме контактний водонагрівач, який буде працювати в конденсаційному режимі з високим ККД.

Список літератури:

1. Соснин Ю.П. Контактные водонагреватели – М.: Стройиздат, 1974. – 359 с.
2. Алабовский А.Н., Удыма П.Г. Аппараты погружного горения – М.: Издательство МЭИ, 1994 – 256 с.
3. Безродный М.К., Барабаш П.А., Голияд Н.Н. Гидродинамика и контактный теплообмен в некоторых газожидкостных системах: Монография. – К.: НТУУ «КПИ», 2011. – 408 с.
4. Королевич А.Я. Опыт применения контактных водонагревателей для энергосберегающей реконструкции систем теплоснабжения НПО «ЛОТА» // Энергоэффективная модернизация ЖКХ: Материалы научной конференции (3.06.2009 г.) - г. Ялта.
5. Сорока Б.С., Шандор П.А., Пьяных К.Е., Андриенко Д.В. Система децентрализованного теплоснабжения на основе аппаратов погружного горения: термодинамический анализ и пути совершенствования // Пром. теплотехника. – 2001. – №3. – С. 112 – 119.
6. Коваль Ю.Д., Барабаш В.П., Ткаченко С.Г. Дослідження зони випаровування контактної водонагрівача з розпилюванням води відцентровими форсунками. // Новая тема. 2010 р. – №2 – С. 51 – 54.
7. <http://etmh.ru/bvpkg/index.php>.
8. <http://kortes.in.ua/ru/vodonagrevateli.html>.

Надійшла до редакції 20.11.2012р.