

Виноградов-Салтиков В.О., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки НУХТ,
Vinogradov-Saltykov V.A.

Марценко В.П., к.т.н., головний інженер „Житло теплоенерго”, філії
 Київенерго

Martsenko V.P.

Федоров В.Г., д.т.н., професор УДАУ

Fedorov V.G.

ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ПАРОВИХ І ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ

PROBLEMS OF BOILERS AND WATER HEATERS HEAT BALANCE

Проведено аналіз усіх складових теплового балансу парових та водогрійних котлів. Показано, що треба розширити наукову роботу для розробки сучасних нормативів на ці складові. Для водогрійних котлів необхідно ввести ще одну витратну складову.

An analysis was made for all components of boilers and water heaters heat balance. It is necessary extend research works for present-day standards of there components. One more expense components is needs for water heaters.

Тепловий баланс обох типів котлів – це рівність теплової енергії, внесеної до котла та витраченої на корисну та втратні складові. Внесена енергія складається головним чином з теплоти згоряння палива, в окремих випадках додають внутрішню енергію палива та повітря, що поступає до топки (наприклад, якщо мазут підігрівають до форсунок).

Втратні складові у відсотках за традицією поділяють на п'ять видів: q_2 – з відхідними димовими газами; q_3 – від хімічної неповноти згоряння; q_4 – від механічної неповноти згоряння; q_5 – тепловтрати від котла у приміщення; q_6 – із внутрішньою енергією шлаків.

Мета складання теплового балансу – визначення коефіцієнта корисної дії котла $\eta = q_1$. Тепловий баланс складають двома способами – прямим та зворотнім. За першим кожен складову визначають безпосереднім вимірюванням або обчисленням на підставі дослідних даних. Цей спосіб відповідає перевірному способу розрахунків будь-яких рекуперативних теплообмінників. У зворотньому балансі корисну складову q_1 обчислюють як

100% мінус сума усіх втрат енергії, що визначають за нормативними показниками. Це відповідає проектному розрахунку котлів, але може бути корисним також під час випробовування котлів, тому що для сучасних енергетичних котлів сума втрат енергії менша за 10%, а труднощі з вимірюванням кількості витраченого палива можуть дати велику похибку у визначенні ККД. Навпаки, при використанні місцевих палив сума тепловтрат може бути вище за 25%, тому метод прямого балансу дає більш точну величину ККД.

Нормативні показники тепловтрат для парових котлів були запозичені з результатів випробувань потужних котлів в США, Великобританії та Німеччині більш як 70 років тому [1], і досі є незмінними. Для водогрійних котлів цих показників взагалі не було розроблено, а спроби пристосувати наявні норми для парових котлів не завжди є коректними. Так в [2] рекомендовано для визначення q_5 водогрійних котлів брати графіки q_5 для парових котлів з хвостовими поверхнями та без них. На наш погляд для водогрійних котлів не можна давати двох графіків, оскільки вони є аналогами водяних економайзерів не киплячого типу. Крім того, в останні часи з'явилося багато промислових конструкцій водогрійних котлів малої теплопродуктивності, що заважає екстраполяції нормативів для потужних парових котлів.

Не тільки нормативні показники окремих показників тепловтрат вимагають уточнення, але і сама побудова теплового балансу. Численні розробки котлів, особливо закордонні, дають рекламні значення ККД, що перевищує 100% а саме 101, 103 та навіть 108%. За наявними нормативами беруть нижчу теплоту згоряння Q_n^p для балансу, а за рахунок конденсації водяної пари з газуватих продуктів згоряння збільшують внесену до котла енергію, тож виникає ефектний парадокс. Максимальне значення такого „ККД” можна визначити як відношення $\eta_m = 100 \cdot Q_v^p / Q_n^p$. Так, за італійськими даними, маємо для природного газу $\eta_m = 100 \cdot 32,49 / 29,25 = 115\%$, для малосірчаного мазуту $\eta_m = 100 \cdot 42,7 / 40,2 = 106\%$. Зрозуміло, що досягти таких значень η_m неможливо: для цього треба мати температуру відхідних газів рівну

температурі довкілля ($q_2=0$), температуру усіх частин котла рівну температурі повітря у приміщенні ($q_5=0$) тощо.

Переходити на Q'_e замість Q'_n , аби принципово позбутися парадоксу, занадто рано, оскільки використовувати теплоту конденсації водяної пари в Україні на помітному рівні ще не почали. Автори [3] для розрахунків запатентованого ними водонагрівача [4] використовують два поняття „ККД за вищою теплотою згоряння ” та „ККД за нижчою теплотою згоряння”, але це може призвести до плутання як при традиційному, так і при автоматизованому проектуванні котлів. Форсунка або пальник в цих водонагрівачах занурені у воду, крізь яку проходить газуваті продукти згоряння, отже пара з цих газів може в значній мірі сконденсуватися. Автори [3] наводять численні недоліки цих нагрівачів: вода насичується окислами, що містяться в продуктах згоряння, і стає корозійною; частина води виноситься газами у довкілля та випаровується; необхідність долати опір стовпа води вимагає додаткових енергетичних витрат тощо. Тому замінити водогрійні котли ці нагрівачі можуть в дуже рідких випадках.

Для парових та водогрійних котлів найбільшою витратною складовою зазвичай є саме q_2 – втрати з відхідними димовими газами. В роботі [5] запропоновано визначити q_2 за спрощеними формулами, якщо відомі температури відхідних газів $t_{гз}$, та повітря у довкіллі t_n , а також вмісту O_2 або CO_2 в цих газах:

$$q_2 = \left(\frac{A_1}{21 - O_2} + B \right) (t_{гз} - t_n) = \left(\frac{A_2}{CO_2} + B \right) (t_{гз} - t_n)$$

та наведено емпіричні коефіцієнти

	A_1	A_2	B
Метан	0,66	0,38	0,010
Скраплений нафтовий газ	0,63	0,42	0,008
Дизпаливо	0,68	0,50	0,007
Мазут	0,68	0,52	0,007

В цій же публікації [5] встановлено зв'язок між q_2 та q_3 – втратами із хімічною неповнотою згоряння. За існуючими в Україні нормативами для газуватих та рідких палив $q_3=0$. Поява на поверхнях нагріву сажі не враховується, хоча сажа як вуглець, що виникає в наслідок відновлюваної реакції з СО, має бути віднесена до хімічної неповноти згоряння. В [5] наведено лінійний графік залежності збільшення температури димових газів та зростання q_2 від товщини шару сажі на поверхнях нагріву. Товщині шару 1 мм відповідає перша величина 56 К, а друга 2,5%. Нормативи західних держав вимагають під час спалювання рідких палив заміряти так зване сажове число по методу Бахараха (невелику кількість димових газів пропускають крізь фільтрувальний папір, його колір від світло-сірого до чорного визначає це число), за десятибальною шкалою допустимим є число від двох до чотирьох.

Автори даної статті спостерігали сажевий наліт товщиною до 1 мм на поверхнях нагріву водогрійних котлів, що працюють на природному газі під час ремонтних робіт. Таким чином, треба визначити нормативи на q_3 для котлів, що працюють на будь-яких видах палива. Ця потреба підсилюється з тенденцією переходу на жаротрубно-газотрубно котли, для яких умови утворення сажі є більш сприятливими.

Увагу до q_4 треба повертати після багаторічної перерви [6] у зв'язку із неминучим масовим поверненням на спалювання твердих, включно із місцевими, палив.

Автори розробили методику визначення q_5 шляхом прямого вимірювання тепловтрат із зовнішніх поверхонь котлоагрегатів та впровадили її під час випробувань в робочому режимі парових котлів, включно із потужними енергетичними котлами [7], а також численних конструкцій водогрійних котлів, для яких була одержана залежність q_2 від теплопродуктивності котла [8], що є важливим для складання нормативів на втрати теплоти від котла у приміщення. Розроблено спосіб безконтактного вимірювання q_5 [9].

Нормативи на q_6 , як і на q_4 , треба буде розробляти з поверненням на спалювання твердих палив, цього разу із відновленням рідкого шлаковидалення з топки котла.

Для водогрійних котлів, особливо малої теплопродуктивності, на наш погляд, слід до тепловтрат додати ще одну складову, наприклад q_7 . Справа в тому, що вони почасти працюють з невеликим коефіцієнтом робочого часу, під час виключених форсунок або пальників вода та усі елементи котла холонуть, на їх прогрівання до робочих параметрів потрібні істотні витрати енергії. В усіх випадках, якщо котел не призначено до нагрівання приміщення, в якому його встановлено, величина q_7 може бути порівнювана із рештою складових тепловтрат.

Висновок. Проблема нормування тепловтрат від котлів та іншого теплотехнічного обладнання в Україні є дуже гострою і має розв'язуватися за державною допомогою.

1. Стырикович М.А., Катковская К.Я., Серов А.П. Котельные агрегаты. М.-Л.; Госэнергоиздат, 1958. - 488 с.

2. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования.- С.- П.: Энерго томиздат, 1991, - 304 с.

3. САПР об'єктів малої енергетики/ред. В.Г.Сліпченко – К: Знання України, 2007. –216 с.

4. Пат. 52358 Україна, МП №F24H1/10. Контактно-поверхневий водонагрівач / Сало В.П., Сінявський Р.В., Сліпченко В.Г. Чинний від 16.12.02.

5. Азбука горения: Изд. Концерн Риелло, 2003, –153 с.

6. Федоров В.Г. Новый метод определения механического недожога/ Энергетика и электротехническая промышленность, 1961, №2, С.57-58.

7. Федоров В.Г., Виноградов-Салтыков В.А., Новик М.И. Теплотрия наружных поверхностей котла ТГМП-314А // Экотехнологии и ресурсосбережение. К.1999, № 4. С. 77-79.

8. Виноградов-Салтыков В.А., Федоров В.Г., Марценко В.П. Обобщение данных по потерям тепла водогрейными котлами в окружающую среду// Новости теплоснабжения. М. 2004, № 11. С. 29-30.

9. Виноградов-Салтыков В.А., Декуша О.Л., Марценко В.П., Федоров В.Г. и др. Возможности бесконтактного определения теплотерь от внешних поверхностей теплотехнического оборудования//У друку: Экотехнологии и ресурсосбережение.

Виноградов-Салтыков В.О., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки НУХТ,
Vinogradov-Saltykov V.A.

Марценко В.П., к.т.н., головний інженер „Житло теплоенерго”, філії Київенерго – (студент Н.Ю. Тобілевіча у 1968–73 рр.),

Martsenko V.P.

Федоров В.Г., д.т.н., професор УДАУ – (співробітник Н.Ю. Тобілевіча у 1965–66 рр.)

Fedorov V.G.