

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.182.4:696.42+697.43 <https://doi.org/10.31713/vt1202214>

Кочмарський В. З., к.ф.-м.н., професор, Костюк О. П., к.т.н., доцент, Тимейчук О. Ю., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.z.kochmarskii@nuwm.edu.ua)

ПЕРЕПАЛ ТА ЗНИЖЕННЯ ККД ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ ВНАСЛІДОК ВІДКЛАДЕНЬ

Розглядаються ріст температури димових газів, зниження ККД, перевитрата палива у водогрійних котлах внаслідок утворення на трубних системах відкладень. Аналіз ведеться для режиму роботи котла, який характеризується сталою подачею нагрітої води заданої температури та витрати. Показано, що відносна зміна ККД котла виражається через відносну зміну температури топкових газів та відносну зміну їх витрати. Для неперервного контролю за станом витрати палива достатньо вимірювати температуру топкових газів, їх витрату та температуру повітря чи газу на вході в топку котла. Отримані вирази для зміни ККД та величини перепаду дають можливість обґрунтувати час очистки котла від відкладень. Якщо ж витрата палива (природного газу) обліковується, то отримані вирази дозволяють визначити додаткові викиди димових газів та оцінити шкоду довкіллю, яка цим завдається, а також оперативно визначити ККД котла в процесі експлуатації.

Ключові слова: водогрійні котли; трубні системи; відкладення; температура топкових газів; витрата димових газів; час очистки.

Забруднення трубної системи (ТС) котлів виникає навіть при штатній роботі водопідготовки [1. С. 76] і призводить до зниження відводу теплоносієм теплоти згоряння з котла. Для парового котла підвищений тепловий опір ТС призводить до зниження перегріву пари, а для водогрійного при сталій витраті – до зниження температури нагріву мережевої води. Внаслідок підвищення температури димових газів збільшується частка теплоти згоряння, яка видаляється з топки у довкілля. Якщо котел працює в режимі сталої подачі теплоти споживачу, то для компенсації втрат теплоти з димовими газами необхідно додатково спалювати паливо, що

148

призводить до збільшення витрати димових газів. Отже, про стан ТС котла можна судити по температурі вихідних газів [1, С. 78] та їх витраті. Вимірювання температури вихідних газів забезпечується штатним термометром, а для фіксації витрати при потребі необхідно встановити витратомір.

Мета роботи: встановлення кількісних залежностей між температурою топкових газів, їх витратою, станом забрудненості котла, зниженням його ККД та перевитратою палива.

1. Розрахунок середньої температури газів у топці котла залежно від стану забруднення ТС

В подальшому будемо розглядати водогрійні котли, що забезпечують споживача теплом з заданими витратою нагрітої води та температурним графіком. В такому випадку з рівняння теплопередачі приходимо до співвідношення,

$$\ln\left(\frac{t_{ma}}{t_{mi}}\right) = \frac{K_3}{K_0} \cdot \ln\left(\frac{t_{ma}^0}{t_{mi}^0}\right), \quad (1)$$

де K_0 , K_3 – коефіцієнти теплопередачі (КТП) чистого, або забрудненого котлів; $t_{ma} = t_{cr} - t_{b1}$; $t_{mi} = t_{cr} - t_{b2}$; t_{b1} , t_{b2} – температури води на вході та виході з котла; ($^{\circ}\text{C}$), (X^0) – позначає величини, що відноситься до чистого котла (чи на початку спостережень); t_{cr} – середня температура газів в топці котла.

Прийmemo, що відкладення не змінюють **площі поверхні теплопередачі ТС**. Крім цього вважаємо, що режим роботи котла стаціонарний, а температура нагріву води в чистому та забрудненому котлах однакова. За таких умов отримуємо з рівняння (1) вираз для середньої температури газів у котлі t_{cr} ,

$$t_{cr} = \left[t_1 - t_2 \cdot \left(\frac{t_{ma}^0}{t_{mi}^0} \right)^{\frac{K_3}{K_0}} \right] \cdot \left[1 - \left(\frac{t_{ma}^0}{t_{mi}^0} \right)^{\frac{K_3}{K_0}} \right]^{-1}. \quad (2)$$

Щоб отримати явну залежність температури вихідних газів від динаміки забруднення котла, скористаємося виразом для КТП брудного котла з роботи [1, С. 78]. Тоді (2) прийме вигляд

$$t_{cr}(T) = \left[t_1 - t_2 \cdot \left(\frac{t_{ma}^0}{t_{mi}^0} \right)^{\frac{1}{1+K_0 \cdot \alpha \cdot T}} \right] \cdot \left[1 - \left(\frac{t_{ma}^0}{t_{mi}^0} \right)^{\frac{1}{1+K_0 \cdot \alpha \cdot T}} \right]^{-1}. \quad (3)$$

Залежність (3) порівнювалася з даними вимірювання температури вихідних газів жаротрубного водогрійного котла впродовж 100 днів від початку опалювального сезону. Перед пуском

котельні ТС котлів були очищені. Початкова температура вихідних газів була $\approx 140^\circ\text{C}$. Вимірювання виконувалися не менше 3-х раз впродовж дня, а пізніше усереднювалися. В результаті була отримана залежність температури вихідних газів від номера десятиденки, яка представлена на рис. 1. Отриману залежність

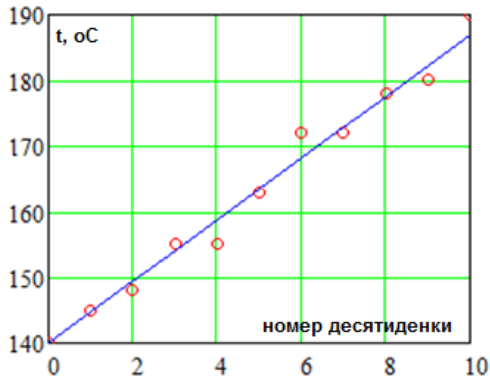


Рис. 1. Залежність температури вихідних газів від номеру десятиденки. За 100 днів ($n=10$) температура зростає на 50°C .

Кружки – вимірювання, лінія апроксимація по МНК, $Y(n) = 140 + 4.70 \cdot n$

залежності, яка відповідає рис. 1 і справедлива на початковому етапі росту відкладень [3, С. 142], тобто приймаємо

$$R_i(T) = \alpha \cdot T. \quad (4)$$

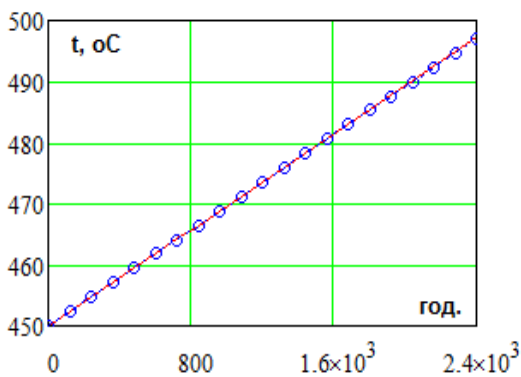


Рис. 2. Залежність температури газів в котлі від часу його експлуатації (Кружки відповідають апроксимації $Y(T) = 450 + 1.96 \cdot 10^{-2} \cdot T$, а лінія розрахунок за (3))

апроксимували за МНК лінійною функцією. Така залежність від часу спостереження свідчить про початковий етап формування відкладень. В подальшому ця залежність виходила на насичення, що вказувало на зміну умов формування відкладень, зв'язаних з включенням ерозійних процесів [2, С. 64].

У формулі (3) прийнято, що закон зміни термічного опору з часом дається лінійною

Отже, порівнюючи дослідні дані та розрахунок за (3) з врахуванням (4), визначаємо параметр α , а звідси і динаміку зменшення КТП. Для нашого випадку за умови, що $t_{в1} = 70^\circ\text{C}$, $t_{в2} = 90^\circ\text{C}$ коефіцієнт $\alpha = 5.82 \cdot 10^{-8} \text{ (м}^2 \cdot \text{К)} / (\text{Вт} \cdot \text{год})$.

Зауважимо, що для збіжності розрахунків за (3) та інтерполяційної залежності (рис. 1) прийнято, що температура димових газів на $\Delta t = 310^\circ\text{C}$

менша від середньої температури газів в топці котла, тобто температура топкових газів початок досліджень $t_{cr}=450^{\circ}\text{C}$. В період досліджень режимні параметри котла були такими: КТП чистого котла $K_o = 2200\text{Вт}/(\text{K}\cdot\text{м}^2)$, теплова потужність $Q_t = 3\text{МВт}$. Результати розрахунків за (3) та дані рис. 1 порівнюються на рис. 2. Бачимо добру збіжність розрахунків та даних спостереження, що вказує на правильність припущення (4) та про стабільність теплового навантаження і температури води на виході з котла, на підставі яких отримано (2).

Використовуючи формулу (10) з [1, С. 77] та (3) з даної роботи, нами розраховано динаміку зміни КТП котла. Результат показано на рис. 3. Бачимо що за опалювальний період КТП котла знизився всього на $\approx 10\%$, що свідчить про хорошу роботу водопідготовки та грамотну експлуатацію котла.

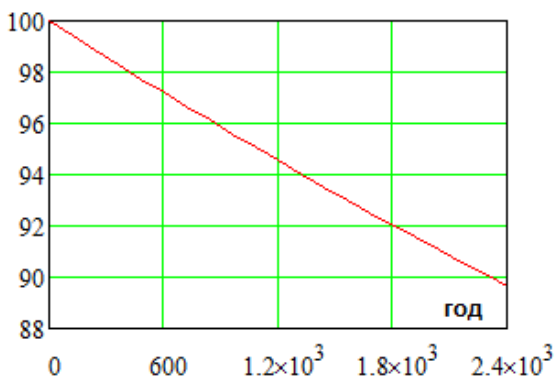


Рис. 3. Залежність відношення КТП $100 \cdot K_z / K_o, \%$ забрудненого та чистого котлів від часу експлуатації

Для розрахунку динаміки росту відкладень на ТС котла необхідно визначитися з коефіцієнтом теплопровідності λ відкладень. Відповідно до роботи [4, С. 141] нами прийнято, що $\lambda \approx 3.8 \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$. Результат розрахунку товщини відкладень в процесі експлуатації котла показано на рис. 4. Бачимо, що за сезон товщина відкладень

виросла до 0.2 мм, що на перший погляд здається не багато і зважаючи на це навряд чи буде прийнято позитивне рішення щодо очистки котла.

2. Структура ККД забрудненого котла

Вважаємо, що котел подає в мережу воду сталої температури та витрати. Температуру зворотної води, що приходить з мережі позначимо $t_{зв}^{\circ}\text{C}$, а температуру вихідної $t_{в2}^{\circ}\text{C}$. За таких умов рівняння теплового балансу котла має вигляд

$$Q_k = Q_k^0 + \Delta Q_k = G_m \cdot c_v \cdot (t_{в2} - t_{зв}) + Q_{вт}. \quad (5)$$

Приймаємо, що – потужність втрат тепла $Q_{вт}$ **визначається лише димовими газами**, тобто нехтуємо іншими втратами, зокрема, через

поверхню котла, з водою продувки та з твердими відходами. В такому випадку теплову потужність втрат представимо як

$$Q_{BT} = G_G \cdot c_G \cdot (t_{BG} - t_{OG}); \quad (6)$$

де G_G , c_G – масова витрата газів, кг/с, c_G – їх теплоємність, кДж/(кг·К); t_{BG} – температура газів на виході з котла; t_{OG} – початкова температура газів, рівна, наприклад, температурі повітря та палива на вході у котел. Тепло Q_M , що подається від котла в мережу запишемо у вигляді

$$Q_M = G_M \cdot c_B \cdot (t_M - t_{3B}); \quad (7)$$

G_M – масова витрата мережевої води через котел; c_B – питома теплоємність води.

Рівняння (5) перетворимо, прийнявши до уваги, що ККД котла за означенням рівний $\eta = Q_M/Q_K$,

$$\eta = 1 - \frac{Q_{BT}}{Q_K} = \frac{G_M c_B (t_M - t_{3B})}{Q_K} \quad (8)$$

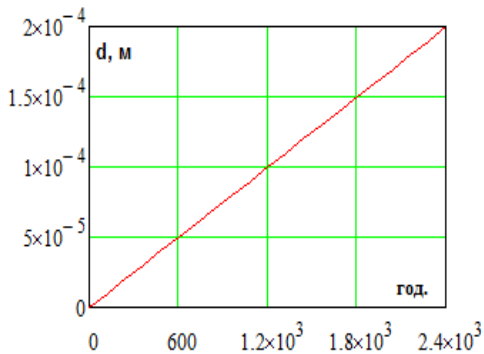


Рис. 4. Залежність товщини відкладень d , м на ТС котла від часу експлуатації

За умовами роботи котла, $Q_M = \text{const}$, тобто

$$\eta \cdot Q_K = \text{const}, \text{ отже } \eta = \frac{\text{const}}{Q_K}.$$

$$Q_K = V \cdot Q_{нг}, \quad (9)$$

V , $Q_{нг}$ – швидкість згоряння палива, кг(м³)/с, та нижча теплота згоряння палива, для газу, МДж/кг(м³).

З (9) випливає, що при сталій подачі тепла в мережу **ККД котла обернено**

пропорційний до теплоти, що виділяється при спалювання палива. З другої сторони, при відкладеннях на ТС котла зменшується його коефіцієнт теплопередачі і для підтримання сталості Q_M , необхідно підвищувати температуру в топці котла. Ця ситуація відображається рівнянням теплопередачі

$$Q_M = S \cdot K_o \cdot \Delta t_{ln}^0 = S \cdot K \cdot \Delta t_{ln}; \quad (10)$$

де S – площа теплопередачі (ТС котла); K_o , K – коефіцієнти теплопередачі чистої ТС та забрудненої, відповідно; Δt_{ln} – логарифмічна температура теплопередачі. При $S = \text{const}$ з рівняння (10) приходимо до (1).

3. Співвідношення між перепалом та ККД котла

Розглянемо витрату димових газів. Позначимо її для забрудненого котла

$$G_r = G_r^o + \Delta G_r \text{ та приймемо, що } t_{or} = t_{or}^o, \quad (11)$$

де G_r^o , ΔG_r – витрата димових газів з чистого котла та їх приріст для забрудненого; t_{or}^o – початкова температура топкових газів чистого котла.

У виразі (11) приймається, що початкова температура газів (повітря) при подачі в котел однакова як для чистого, так і забрудненого котла.

Додаткова теплота, яку повинен генерувати забруднений котел для підтримки сталої подачі тепла споживачам дається виразом

$$\Delta Q_k = Q_k - Q_k^o = G_r^o \cdot C_r \cdot (t_r - t_r^o) + \Delta G_r \cdot C_r (t_r - t_{or}). \quad (12)$$

Член $G_r^o \cdot C_r \cdot (t_r - t_r^o)$ – представляє додаткове тепло при незмінній витраті димових газів, але завдяки збільшенню їх температури;

- другий член у правій частині (12) $\Delta G_r \cdot C_r (t_r - t_{or})$ – рівний збільшенню теплоти втрат завдяки росту масової витрати димових газів внаслідок перепалу.

За означенням відносна зміна ККД котла представляється як,

$$\varepsilon_\eta = \frac{\eta^o - \eta}{\eta^o} = \frac{\Delta \eta}{\eta^o} = \left(\frac{Q_k}{Q_k^o} - \frac{Q_k}{Q_k} \right) \cdot \frac{Q_k^o}{Q_k} = \left(\frac{Q_k - Q_k^o}{Q_k} \right) = \frac{\Delta Q_k}{Q_k}. \quad (13)$$

Підставивши (12) в (13) та врахувавши, що $Q_k = G_r \cdot c_r \cdot (t_r - t_{or})$, отримуємо вираз для відносної зміни ККД ε_η , який виражається через вимірювані величини

$$\varepsilon_\eta = \frac{\Delta Q_k}{Q_k} = \frac{G_r^o \cdot (t_r - t_{or}^o)}{G_r \cdot (t_r - t_{or})} + \frac{\Delta G_r}{G_r} = \frac{G_r^o}{G_r} \cdot \left(\frac{\Delta t_r}{t_r - t_{or}} + \frac{\Delta G_r}{G_r} \right). \quad (13a)$$

Таким чином, з (13a) випливає, що вимірюючи витрату вихідних газів з котла G_r , їх температуру t_r та температуру повітря на вході в котел t_{or} можемо за формулою (13a) розраховувати відносне зменшення ККД котла, а за виразом (12) розраховувати перевитрату тепла, що генерується забрудненим котлом та неперервно стежити за перепалом. Спростимо вираз (13a), скориставшись тим, що

$$\frac{\Delta t_r}{t_r - t_{or}} \text{ з похибкою меншою ніж } 0.01 \text{ представляється як } \frac{\Delta t_r}{t_r^o - t_{or}},$$

аналогічно з тією ж похибкою

$$\frac{\Delta G_r}{G_r} \approx \frac{\Delta G_r}{G_r^0} \text{ тому } \varepsilon_\eta = \frac{\Delta Q_k}{Q_k} \approx \frac{\Delta t_r}{t_r^0 - t_{or}} + \frac{\Delta G_r}{G_r^0}. \quad (14)$$

Бачимо, що відносна зміна ККД котла, а звідси і перепад визначаються двома чинниками, відносним ростом температури газів у котлі та приростом масової витрати газів внаслідок перепаду. Оскільки $\Delta Q_k = \Delta B \cdot Q_{gr} \cdot \varepsilon_\eta$, то отримуємо, що

$$\Delta B = \varepsilon_\eta \cdot B_0 = B_0 \cdot \left(\frac{\Delta t_r}{t_r^0 - t_{or}} + \frac{\Delta G_r}{G_r^0} \right), \quad \eta = \eta_0 \cdot (1 - \varepsilon_\eta). \quad (15)$$

Отже, для моніторингу параметрів роботи котла та перепаду внаслідок забруднення ТС потрібно вимірювати в неперервному режимі всього два параметри:

G_r та t_r .

Для цього за умови сталої подачі тепла споживачам (стала витрата і температура води на виході з котла) слід змонтувати на вході в димову трубу витратомір димових газів (якщо такий не передбачений постачальником котла) та два термометри для вимірювання температури газів (повітря) на вході у топку та всередині котла. Ці вимірювання дають інформацію про перепад та ККД котла. Якщо знехтувати вимірюваннями витрати газів, то з (15) бачимо, що при цьому величина ΔB буде зменшена приблизно на 50%.

Якщо штатними КВП контролюється витрата природного газу (для газових котлів завжди), то з (15) можна визначити величину додаткових викидів димових газів ΔG_r та зміну ККД котла в процесі експлуатації.

$$\Delta G_r = G_0 \cdot \left(\frac{\Delta B}{B_0} - \frac{\Delta t_r}{t_r^0 - t_{or}} \right), \quad \eta = \eta_0 \cdot \left(1 - \frac{\Delta B}{B_0} \right). \quad (16)$$

Перша величина в (16) дозволяє оцінити шкоду довкіллю, що завдається спалюванням додаткового палива, а друга дає безпосередню інформацію про поточну ефективність роботи котла.

4. Розрахунок перепаду

Розглянемо зміну режимних параметрів котла, що досліджувався нами. В цьому випадку температура топкових газів у котлі була 450°C , а температура повітря та газу на вході в котел $t_{or} \approx 60^\circ\text{C}$. Приріст температури топкових газів відповідно до (3) та інтерполяційної залежності $Y(T)$, див. рис. 2, дається виразом

$$\Delta t_r(T) = t_r(T) - t_r^0 = 1.96 \cdot 10^{-2} \cdot T, \text{ К/год.} \quad (17)$$

Приймаючи для чистого котла потужністю 3 МВт швидкість спалювання палива (природного газу) $V_0 = 324 \text{ м}^3/\text{год}$ та середнє за сезон $\Delta G_r/G_r^0 \approx 0.05$, отримуємо для залежності швидкості перепалу від часу

$$\Delta V(T) = 0.024 \cdot T \text{ м}^3/\text{год}, \text{ відповідно за сезон } \Delta V(2400) \approx 57 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Величина перепалу за час $T = 2400$ год.

$$\Delta V = \int_0^{2400} \Delta V(T) dT = 68280 \text{ м}^3. \quad (18)$$

За формулою (14) оцінимо величину ККД нашого котла за умови, що $\eta_0 = 0.92$. Оскільки $\Delta V/V_0 = 0.088$, то $\eta(2400) = 0.84$ тобто ККД котла в кінці сезону знизився внаслідок відкладень на 8.0%.

Отже, навіть, при мінімальному забрудненні ТС жаротрубний газовий котел потужністю 3 МВт за опалювальний період перевитрачає $\approx 68280 \text{ м}^3$ палива, що становить $\approx 8\%$ річного споживання чистим котлом. Якщо прийняти вартість природного газу $2.5 \text{ грн}/\text{м}^3$, то перевитрата коштів становитиме 170 тис. грн. Очистка такого котла виконується за добу і коштує біля 60–70 тис. грн. Якщо очистку проводити в літній період, то прибуток завдяки одній очистці за опалювальний період становитиме ≈ 100 тис. грн.

Таким чином, очистка ТС газових котлів навіть при штатній роботі водопідготовки і позірні малих відкладеннях ($\delta \approx 0.2 \text{ мм}$) є економічно доцільною.

Висновок

Поточне вимірювання режимних параметрів котла, а саме: витрати димових газів – G_r , температури топкових газів – t_r та температури газів на вході в топку – t_{or} дозволяє повністю контролювати роботу котла та обґрунтувати час його чищення.

Завівши ці дані на контролер та запрограмувавши його відповідним чином, час виведення котлів на очистку визначатиметься автоматично, що дасть можливість зекономити за опалювальний період до 8% палива.

Оцінка зменшення ККД та величина перепалу для жаротрубного котла потужністю 3 МВт становить, відповідно 12% та 68280 м^3 природного газу за опалювальний період.

Якщо ж штатними КВП контролюється витрата палива (природного газу), то з (16) можна оцінити шкоду довіллю, що

завдається перепалом та оперативно контролювати ефективність роботи котла.

Зауважимо, що середня товщина відкладень на ТС при цьому невелика і становить ≈ 0.2 мм за опалювальний період.

1. Кочмарський В. З., Костюк О. П., Тимейчук О. Ю. Відкладення у водогрійних котлах та їх наслідки. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*. Рівне : НУВГП, 2021. Вип. 3(95). С. 75–84. 2. Кочмарський В. З. Стабільність охолодної води щодо відкладень CaCO_3 та вплив режиму потоку на швидкість їх формування. *Енергетика і електрифікація*. 2020. № 7–8. С. 61–66. 3. Kochmarskii V. Z., Melnyk V. O. Formation of calcium carbonate from model solutions. *Theoretical and experimental investigations : scientific development and achievements*. Wenlock Road, London, UKN 17GU, 2018. Vup. 4, Pp. 138–155. ISBN 978-1-9993071-0-3. 4. Ермаков В. С., Ходырев В. Л. Исследование динамики загрязнения трубок конденсаторов паровых турбин. *Электрические станции*. 1983. № 1. С. 21–25. 5. Крючков Е. Н., Назаренко А. Н. К вопросу о теплопроводности отложений на поверхностях теплообмена и в трубопроводах металлургических агрегатов. *Труды Запорожской государственной инженерной академии. Металлургия*. 2001. Вып. 4. С. 140–142.

REFERENCES:

1. Kochmarskyi V. Z., Kostiuk O. P., Tymeichuk O. Yu. Vidkladennia u vodohriinykh kotlakh ta yikh naslidky. *Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky*. Rivne : NUVHP, 2021. Vyp. 3(95). S. 75–84. 2. Kochmarskyi V. Z. Stabilnist okholodnoi vody shchodo vidkladen CaSO_3 ta vplyv rezhymu potoku na shvydkist yikh formuvannia. *Enerhetyka i elektryfikatsiia*. 2020. № 7–8. S. 61–66. 3. Kochmarskii V. Z., Melnyk V. O. Formation of calcium carbonate from model solutions. *Theoretical and experimental investigations : scientific development and achievements*. Wenlock Road, London, UKN 17GU, 2018. Vup. 4, Pp. 138 –155. ISBN 978-1-9993071-0-3. 4. Ermakov V. S., Hodyirev V. L. Issledovanie dinamiki zagryazneniya trubok kondensatorov parovih turbin. *Elektricheskie stantsii*. 1983. № 1. S. 21–25. 5. Kryuchkov E. N., Nazarenko A. N. K voprosu o teploprovodnosti otlojeniy na poverhnostyah teploobmena i v truboprovodah metallurgicheskikh agregatov. *Trudy Zaporojskoy gosudarstvennoy injenernoy akademii. Metallurgiya*. 2001. Vyip. 4. S. 140–142.

Kochmarskyi V. Z., Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph.D.), Professor, Kostiuk O. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Tymeichuk O. Yu., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

BURNING AND REDUCTION OF EFFICIENCY OF WATER HEATING BOILERS DUE TO DEPOSITS

The change of operating parameters of hot water boilers due to the formation of deposits on their pipe systems (PS) is considered. As a result, the heat transfer coefficient (HTC) from flue gases to water is reduced, which leads to a decrease in its heating temperature. To ensure the stability of heat and temperature supply, it is necessary to increase the temperature pressure to overcome the thermal resistance of deposits. The increase in temperature pressure is achieved by burning additional fuel, i.e. overburning. Excess heat from the burn is released along with the flue gases into the atmosphere. Therefore, deposition is the cause of overburning, reduced boiler efficiency and additional air pollution. Decreased efficiency and overburning are expressed due to the relative increase in flue gas temperature and consumption.

Based on the data obtained by measuring the dynamics of the flue gas temperature growth of 3 MW hot water boiler during the heating period, the theoretical relations between for the flue gas temperature and the thermal resistance of deposits were parameterized. It allowed obtaining the law of growth over time the thickness of the deposits, their temperature resistance and reduction of HTS.

By measuring these parameters, you can quickly control the overburning and efficiency of boilers and thus justify the need to stop them for cleaning. The obtained relationships between the increase in temperature and flue gas consumption and overburning are used to analyze data on the mentioned boiler. It is shown that during the heating period lasting 2400 hours, even with regular water treatment on the PS deposits with an average thickness of 0.2 mm are formed, efficiency is reduced by 10%, and burnout reaches about 70 thousand

m³ of natural gas, which is about 8% of gas consumption heating period.

If the fuel consumption (natural gas) is taken into account, the obtained expressions allow to determine additional flue gas emissions and assess the damage to the environment caused by overburning, as well as to quickly determine the efficiency of the boiler during operation.

***Keywords:* hot water boilers; pipe systems; deposits; flue gas temperature; flue gas consumption; cleaning time.**
