

Дослідження впливу зміни режимних параметрів котлів на роботу котельних установок цукрової промисловості

Ю.Г. Поржезінський, кандидат технічних наук, професор, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

Надані результати аналітичного дослідження і практичного досвіду впливу зміни продуктивності, коефіцієнта надлишку повітря, температури живильної води, вологості палива на зміну теплотехнічних характеристик роботи котлів ТЕЦ цукрових заводів і витрату палива.

Ключові слова: котел, теплообмін, навантаження, паливо, температура, коефіцієнт корисної дії.

In the article reviewed the results of analytical research thermotechnical characteristics of the operation of the boilers TPS sugar factory, when changing such regime parameters as productivity, excess air coefficient, return temperature of water and heating oil humidity are presented.

Key words: boiler, heat exchange, loading, fuel, temperature, coefficient of useful affect.

Котли ТЕЦ цукрових заводів, як правило, працюють на газоподібному паливі і мазуті. Це котли типу ГМ-35М, ГМ-50-1, БКЗ-75-39 ГМА. В процесі експлуатації умови роботи котла часто відрізняються від розрахункових, змінюється навантаження котла, якість палива, може змінюватись температура живильної води, коефіцієнт надлишку повітря в топці, тому експлуатаційному персоналу необхідно знати вплив цих змін на економічність роботи котла з метою зменшення витрат палива. Закономірності отримані при роботі котлів на газі і мазуті справедливі при роботі котлів на твердому паливі.

Аналітичні дослідження проводились за допомогою розроблених теплових розрахунків котлів на ЕОМ згідно нормативного метода [1]. Корисно використана теплота в котлі складається із конвективного і радіаційного теплосприйняття. Конвективне теплосприйняття залежить від швидкості димових газів (W) або їх об'єму (V), кДж/м^3 :

$$Q_k = f(W_{\text{газ}})^{0,8} = f(V/f)^{0,8} \quad (1)$$

Радіаційне теплосприйняття залежить від температури димових газів в топці котла, від теоретичної (адіабатичної) температури T_a , К:

$$Q_p = f(T_a)^4 \quad (2)$$

Адіабатична температура в топці котла визначається теплою згорання палива $Q_{\text{н}}^p$, кДж/м^3 та теплою, що поступає разом з повітрям $Q_{\text{пов}}$, кДж/м^3 :

$$T_a = \frac{Q_{\text{н}}^p (100 - q_3) + Q_{\text{пов}}}{100} \quad (3)$$

де q_3 – втрата теплоти від хімічної неповноти згорання, %.

Температура газів на виході із топки залежить від конструкції топки, пальників і їх розміщення, від теоретичної температури, об'єму димових газів і витрати палива. Де змінними параметрами є теоретична температура горіння – T_a , К об'єм продуктів згорання – V , $\text{м}^3/\text{кг}$ і витрата палива – B_p , кг/м^3 :

$$v'' = f\left(\frac{T_a}{B_p (VC)_{\text{cp}}}\right) \quad (4)$$

де C – теплоємність димових газів, кДж/кг .

Ентальпія продуктів згорання, віднесена до 1 м^3 газу або 1 кг рідкого палива, залежить від об'єму димових газів V , $\text{м}^3/\text{кг}$ і їх температури t , $^{\circ}\text{C}$, кДж/кг :

$$I = V * c * t \quad (5)$$

Коефіцієнт корисної дії котла при спалюванні газу і мазуту можна визначити за формулою:

$$\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_5) \quad (6)$$

де q_3 – втрата теплоти від хімічної неповноти згорання, наявність CO в димових газах, %. При роботі котла в оптимальному режимі вона незначна, або відсутня, по нормам 0,5%.

q_5 – втрата теплоти в навколишнє середовище через ізоляцію і обмурівку.

$$q_2 = \frac{(I_{\text{від}} + \alpha_{\text{від}} * I_{\text{х.п}}^0)}{Q_{\text{н}}^{\text{п}}} \quad (7)$$

де q_2 – основна втрата теплоти, втрата з відхідними газами, %;

$I_{\text{від}}$ – ентальпія відхідних газів, визначається їх температурою і об'ємом (5), кДж/кг;

$\alpha_{\text{від}}$ – коефіцієнт надлишку повітря в димових газах, залежить від $\alpha_{\text{т}}$ – коефіцієнту надлишку повітря в топці і величини присосів по газовому тракту котла.

$I_{\text{х.п}}^0$ – ентальпія повітря приміщення, кДж/кг.

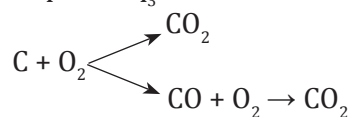
Таким чином втрата теплоти з відхідними газами, основна втрата, що визначає ККД котла, є змінною величиною в процесі експлуатації котла. Тому обслуговуючому персоналу треба знати, які фактори в процесі експлуатації змінюють температуру відхідних газів, втрату q_2 , і підтримувати їх в необхідних межах.

Зміна навантаження

Дослідження проведені при оптимальному режимі роботи котла при навантаженнях в межах 70–100%.

Працювати на навантаженнях менше за 70–75% від номінального небажано. З падінням навантаження знижується температура в топці кот-

ла і швидкість реакцій горіння, що викликає різке збільшення втрати теплоти від хімічної неповноти згорання q_3 і наявність CO в димових газах.



При згоранні вуглецю утворюються гази CO_2 і CO і при пониженій температурі горіння в топці CO не встигає окислитись до CO_2 .

При навантаженнях менше за 50% виникають проблеми з циркуляцією води в котлі.

При збільшенні навантаження зростає витрата палива. Але адіабатична температура в топці мало змінюється, тому зростання продуктивності забезпечується підвищенням конвективної складової. Збільшується кількість газів, температура газів на виході із топки (4), по газовому тракту збільшується ентальпія димових газів (5) і відповідно втрата теплоти з відхідними газами (7). При зміні навантаження від 75 до 100% для котлів працюючих на газі, температура відхідних газів збільшується на 1–20 °С, рис. 1, що приводить до збільшення втрат теплоти з відхідними газами на 0,9–1% і відповідно зменшення ККД. Витрата палива збільшується на 1,1–1,2%.

Наприклад, для котла ГМ-50-1 при збільшенні навантаження від 75 до 100% температура відхідних газів зростає на 19 °С, а ККД зменшується на 0,96%, рис. 2.

Для котлів працюючих на мазуті зменшення навантаження приводить до зниження температури відхідних газів, що може викликати сірчано-кислу корозію повітропідігрівника, тому вплив зміни навантаження розглядається тільки для котлів працюючих на газі.

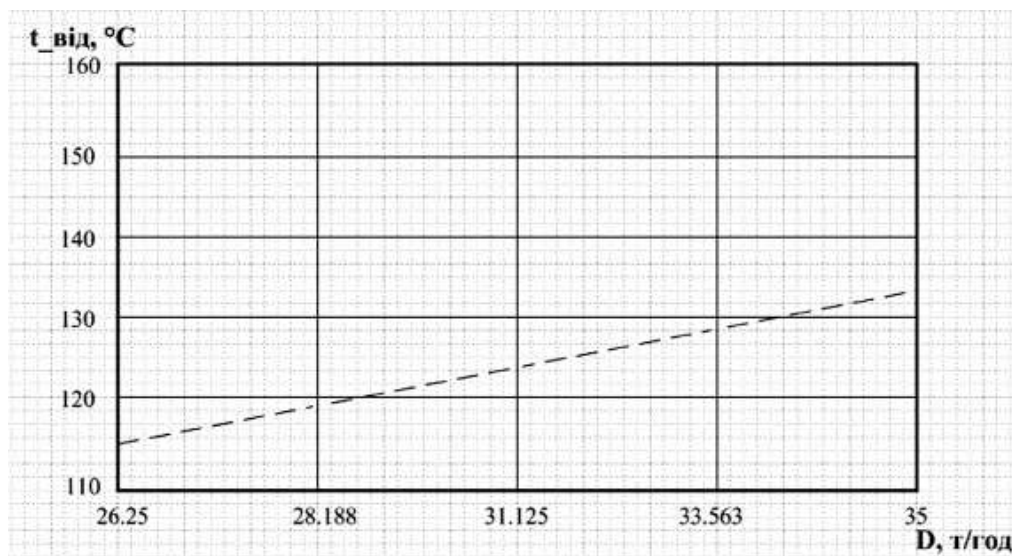


Рис. 1. Зміна температури відхідних газів при зміні продуктивності котла БМ-35-М від 75% до 100%

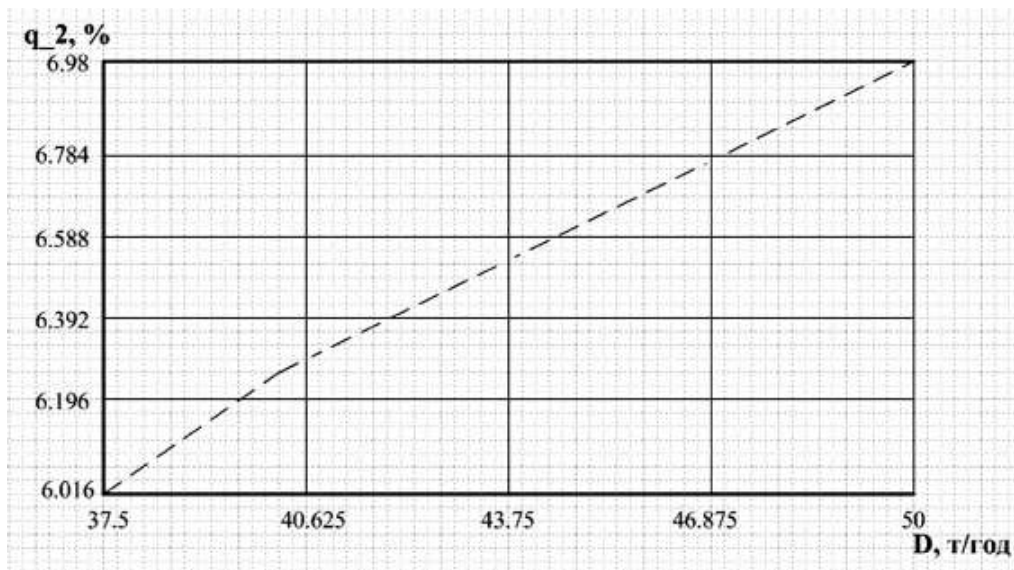


Рис. 2. Зміна втрат теплоти з відхідними газами при змінній продуктивності котла ГМ-50-1 від 75% до 100%

Зміна температури живильної води на вході в котел

Температура живильної води може змінюватись в залежності від температури конденсату поступаючого на деаератор з цукрового заводу, але температура живильної води не повинна бути нижче 102 °С, температура води при деаераторі атмосферного тиску.

Розглянемо теплотехнічні характеристики за зміною температури води на вході в котел від 100 °С до 140 °С за умов стабільності інших параметрів.

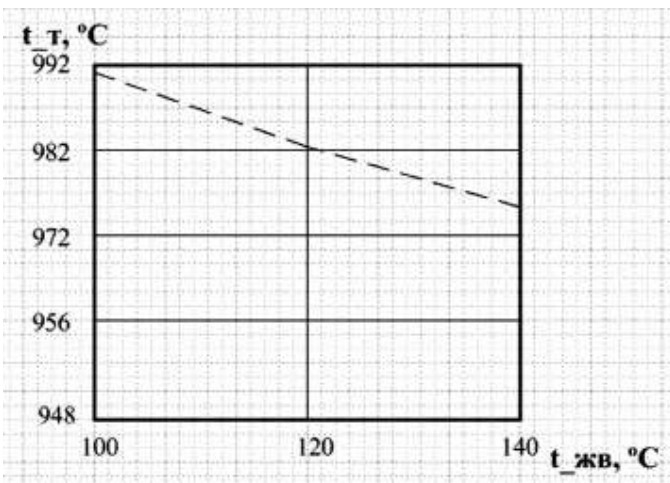


Рис. 3. Залежність температури димових газів на виході із топки від температури живильної води, котел БМ-35-М

З підвищенням температури живильної води від 100 °С до 140 °С кількість палива зменшується і відповідно зменшується об'єм димових газів, що сприяє зниженню температури газів на

виході із топки котла на 12–15 °С (залежність 4, рис. 3). Але корисна різниця температур на економайзері знижується і теплосприйняття його падає, що викликає в залежності від поверхні нагріву економайзера підвищення температури відхідних газів. Так для котла БМ-35М температура підвищується на 7 °С, рис. 4, а вже для котла ГМ-50-1 на 12 °С. Відповідно збільшується втрата теплоти з відхідними газами і зниження ККД. Наприклад, для котла БМ-35М ККД зменшується на 0,4%, а для котла ГМ-50-1 на 0,9%. Але витрата палива незважаючи на зниження ККД зменшу-

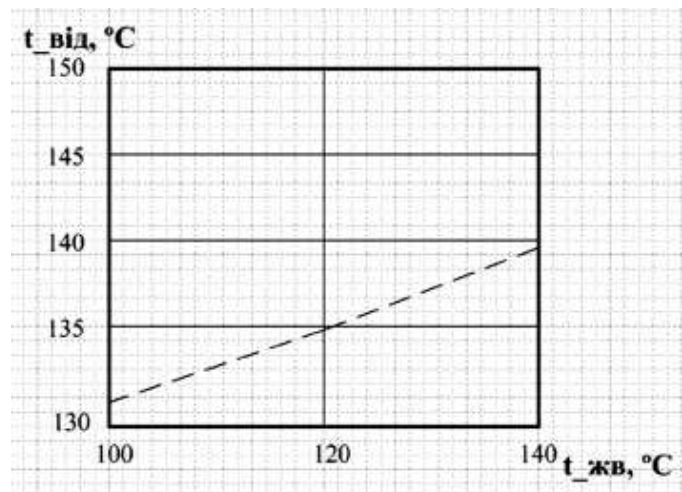


Рис. 4. Залежність температури відхідних газів від температури живильної води, котел БМ-35-М

ється десь на 5%. Таким чином збільшення температури живильної води на 10 °С викликає зниження витрати палива на 1,25% і незначне зниження ККД котли на 0,1–0,2%.

Зміна якості палива при роботі котла на мазуті

Розглянемо вплив зміни вологості палива – мазуту в діапазоні 3–10% на теплотехнічні характеристики котла при постійному навантаженні.

збільшення витрати палива на 1,07–1,15%.

Витрата палива збільшується за рахунок зменшення теплоти згорання, збільшення об'єму димових газів і їх температури на виході із котла.

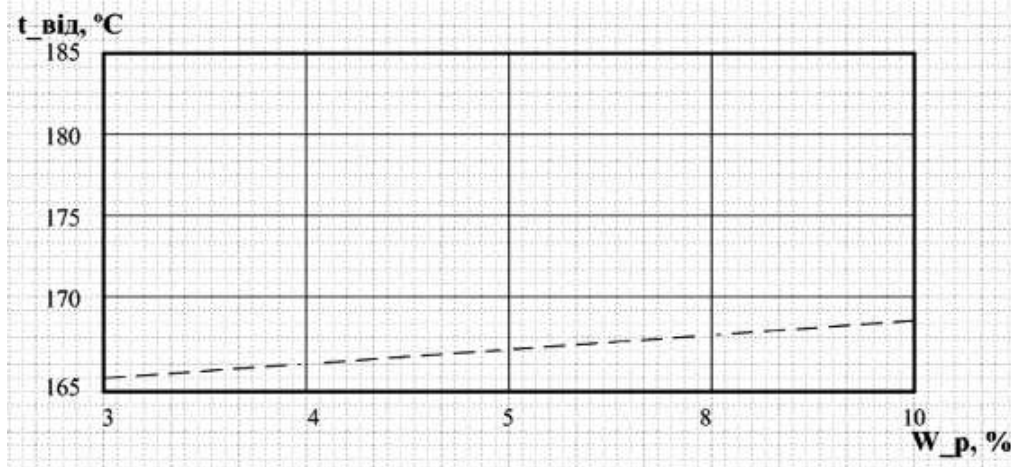


Рис. 5. Залежність температури відхідних газів від вологості палива, котел ГМ-50-1

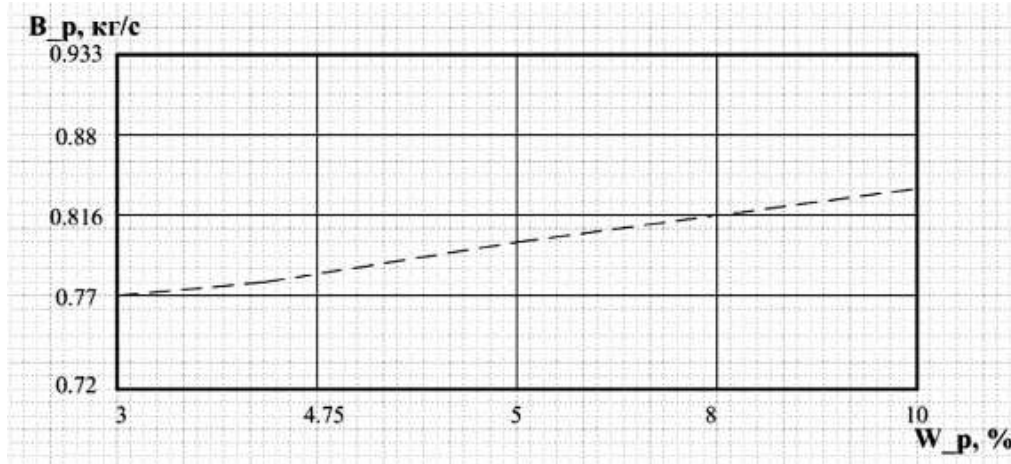


Рис. 6. Залежність витрати палива від вологості палива, котел БМ-35-М

При зливі мазуту із цистерни, особливо взимку, збільшується витрата пари на розігрів мазуту і на пропарювання цистерн, що приводить до підвищення вологості палива. При збільшенні вологості палива його теплота згорання знижується внаслідок витрати теплоти на випаровування додаткової вологи палива. Теоретична температура згорання при підвищенні вологості помітно зменшується (3). Температура газів на виході із топки збільшується несуттєво за рахунок збільшення витрати палива для підтримання продуктивності і відповідно збільшення об'єму димових газів (залежність 4). Температура димових газів на виході із котла збільшується всього десь на 2 °C (рис. 5), а ККД котла зменшується на 0,17–0,2%, і витрата палива збільшується на 7,5–8%.

Зростання вологості мазуту на 1% викликає

Зміна повітряного режиму роботи котла

Часто на практиці спостерігається підвищення коефіцієнта надлишку повітря, α t. Розглянемо вплив зміни повітряного режиму на теплотехнічні характеристики роботи котла: α t змінюється від 1,05 до 1,3 при роботі на газу і від 1,1 до 1,3 при роботі на мазуті за незмінних навантажень, характеристики палива та інших параметрів роботи котла.

При збільшенні α t адіабатична температура в топці мало змінюється (3). Збільшення α t приводить до зростання об'ємів продуктів згорання за рахунок збільшення подачі повітря і температура газів на виході із топки зменшується, наприклад, для котла ГМ-50, при роботі на газу, на 21 °C. Незважаючи на це, за рахунок збільшення об'єму димових газів (більша витрата палива і повітря)

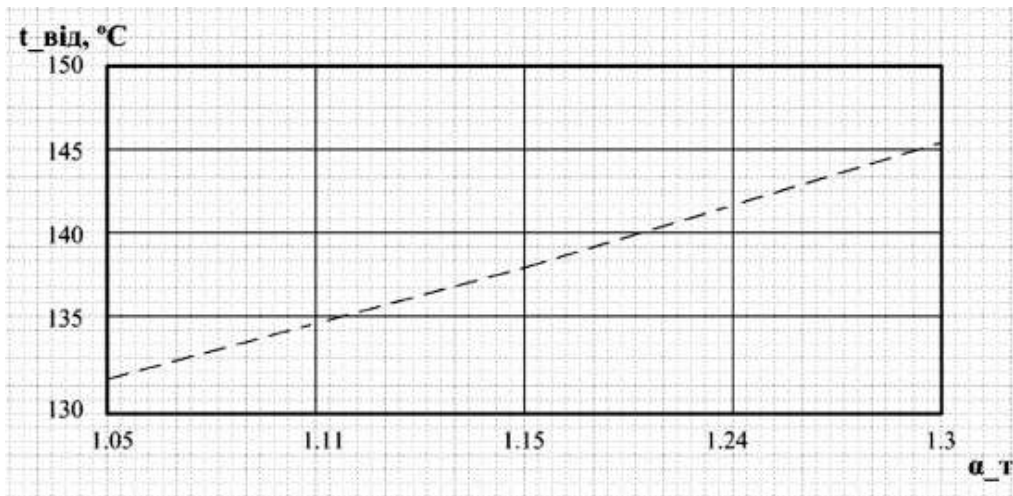
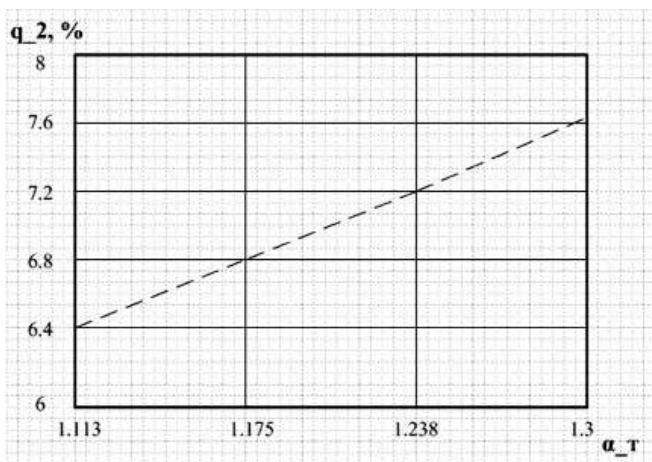
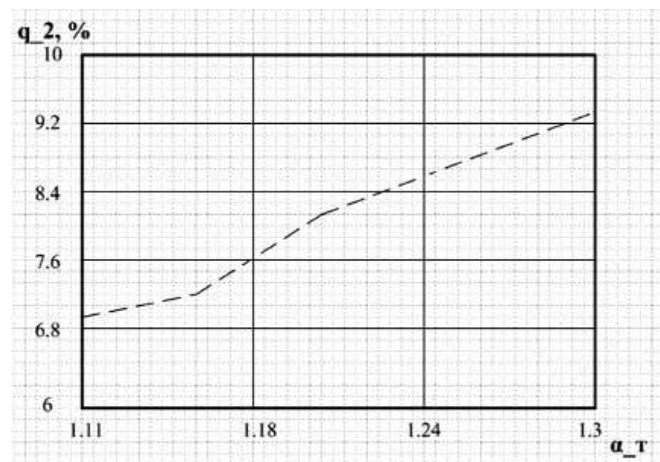


Рис. 7. Залежність температури відхідних газів від коефіцієнта надлишку повітря в топці (котел ГМ-50-1, газ)



а



б

Рис. 8. Залежність втрати теплоти з відхідними газами від коефіцієнта надлишку повітря в топці (а – котел ГМ-50-1 газ, б – БМ-35-М мазут)

ентальпія по газовому тракту зростає (5), це приводить до збільшення температури відхідних газів (рис. 7); втрат теплоти з відхідними газами при спалюванні газу на 1,65% (котел ГМ-50-1), а при спалюванні мазуту на 2,4% (котел ГМ-50-1) (рис. 8).

При збільшенні α_{T} на 0,1 витрата палива збільшилась на 0,76% при спалюванні газу і на 1,32% при спалюванні мазуту.

Висновки

1. При зміні навантаження від 75% до 100% для котлів працюючих на газі температура відхідних газів зростає на 19–20% і витрата палива збільшується на 1,1–1,2%.

2. Збільшення температури живильної води на 10 $^\circ\text{C}$ приводить до зниження ККД котла на 0,1–0,23% але витрата палива знижується на 1,25%.

3. Зростання вологості мазуту на 1% викликає збільшення витрати палива на 1,07–1,15%.

4. Збільшення коефіцієнта надлишки повітря на 0,1 викликає зростання витрати палива на 0,76% при спалюванні газу і на 1,32% при спалюванні мазуту.

5. Результати дослідження корисно використовувати при експлуатації котлів ТЕЦ цукрових заводів працюючих на газі і мазуті з метою економії палива. ■

Список використаних джерел

1. Тепловой расчет котлоагрегатов (нормативный метод) – СПб, НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.

2. Елезаров П.П. Эксплуатация котельных установок высокого давления на электростанциях. / П.П. Елезаров. - М. : Государственное энергетическое издательство, 1961. – 399 с.