

УДК 662.93

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ

Стручаєв М. І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-25-85

Анотація – в роботі запропоновано один із варіантів підвищення ефективності використання енергії палива при роботі твердопаливних котлів шляхом зниження втрат теплової енергії зменшенням температури димових газів на виході з топки за рахунок встановлення додаткових поверхонь нагріву, а саме – економайзера. Розглянуто алгоритм розрахунку водяного економайзера для твердопаливних котлів з метою підвищення його енергоефективності. Запропоновано схему розташування економайзера малої потужності на базі вітчизняних агрегатів.

Ключові слова – економайзер, кількість теплоти, втрати теплоти з димовими газами, додаткові поверхні нагрівання, теплообмін, кількість труб в газоході.

Постановка проблеми. В даний час питання економії енергоресурсів є досить актуальним. Для генерації теплової енергії найбільш часто використовують котельні установки, які працюють на природному газі. Основним їх недоліком є висока ціна на газ. Використання в якості палива рослинних відходів набуває важливого значення, враховуючи, що наприклад теплота згоряння соняшникового лушпиння складає 18-22 МДж/кг (4285 ... 5200) ккал / кг. [1].

Аналіз останніх досліджень. Твердопаливні котли практично універсальні. Ці котли можуть бути встановлені в промислових чи адміністративних будівлях і служити для локального опалювання, або для нагріву води в системі гарячого водопостачання[2,3]. Класична котельня є системою, в яку входить котел опалювання з пальником і бункером палива. Під час роботи в пальник подається тверде гранульоване паливо. Твердопаливний опалювальний котел характеризується мінімальними залишками золи, зручністю обслуговування, екологічністю, але є можливості підвищення їх енергетичної ефективності [3,4].

Формулювання цілей статті. Завданням даної статті є розробка алгоритму розрахунку водяного економайзера для твердопаливних котлів з метою підвищення їх енергоефективності. Запропановано схему розташування економайзера малої потужності на базі вітчизняних агрегатів з метою підвищення ККД котла в цілому

Основна частина. Коефіцієнт корисної дії твердопаливного котла, що працює на пелетах досить високий і дорівнює 80%. Але є і втрати теплової енергії: втрати теплоти з димовими газами; хімічні втрати; механічні втрати; втрати теплоти в навколишнє середовище. Найбільше значення мають втрати теплоти з димовими газами [5]. Їх можна знижувати, зменшуючи температуру димових газів на виході з топки шляхом установки додаткових поверхонь нагріву. Зазвичай це установка - економайзера. Схема установки в димоході котла сталевого водяного економайзера надана на рис. 1.

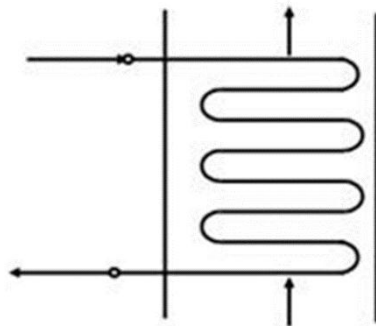


Рис. 1. Схема установки в димоході котла сталевого водяного економайзера.

Метою розрахунку водяного економайзера є визначення необхідної теплообмінної поверхні. Нижче запропонований алгоритм розрахунку на прикладі котла TD-450 тепловою продуктивністю $Q_k = 450$, кВт.

Для цього котла використовують паливо - пелети з соняшникового лушпиння [6]. Склад палива з соняшникового лушпиння: $C_p = 42,3\%$, $H_p = 45,64\%$, $S_p = 0,3\%$, $O_p = 36,6\%$, $N_p = 0,47\%$, $A_p = 7,1\%$, $W_p = 7,5\%$. Нижча теплота згоряння $Q_{н}^p = 17$ МДж / кг. Вологовміст при $t = 10$ °С приймаємо $W = 75$ г/кг. Значення коефіцієнта надлишку повітря в топці α_t приймаємо для пелет $\alpha_t = 1,052 \dots 1,12$.

Ентальпія води на вході в економайзер:

$$h_{\text{води вхід}} = t_v \cdot C_v = 40 \times 4,186 = 168 \text{ кДж/кг}, \quad (1)$$

де t_v - температура води перед водяним економайзером, °С;

C_v - теплоємність води, кДж/(кг*К).

Температура газів перед водяним економайзером: $t_{\text{газ вхід}} = 200$ °С.

Ентальпія газів перед водяним економайзером (по $h-s$ діаграмі): $h_{г\ вихід} = 1376$ кДж/кг.

Температура газів після водяного економайзера обмежується небезпекою корозії металу. У зв'язку з цим, температура відхідних газів повинна вибиратися вище температури точки роси димових газів на 15-20 °С. Виходячи з даної умови і рекомендацій щодо розрахунку температури точки роси димових газів, наведених в [7], значення допустимої температури охолодження димових газів приймаємо: $t_{г\ вихід} = 135$ °С.

Ентальпія газів після водяного економайзера (по $h-s$ діаграмі): $h_{г\ вихід} = 923$ кДж/кг.

Кількість теплоти, яку можна отримати від 1 кг димового газу в економайзері буде:

$$Q_{ек\ газ} = h_{газ\ вхід} - h_{газ\ вихід} = 1376 - 923 = 453 \text{ кДж/кг}, \quad (2)$$

де $Q_{ек\ газ}$ - кількість теплоти, кДж/кг.

Прирівнюючи кількість теплоти, віддану продуктами згоряння, теплоті сприйнятої водою у водяному економайзері, визначаємо ентальпію води, після водяного економайзера, приймаючи к.к.д економайзера 0,9:

$$Q_{ек} = m \cdot (q_{екон\ газ} \cdot \eta) = 453 \times 0,9 = 408 \text{ кДж}. \quad (3)$$

Визначимо температуру води на виході економайзера

$$h_{води\ вихід} = h_{води\ вхід} + Q_{ек} \times B_p / D_{не}, \quad (4)$$

де B_p = витрати палива, кг/с; $D_{не}$ = витрати води, кг/с

$$h_{води\ вихід} = 168 + 408 \cdot 0,07 / 1,04 = 195 \text{ кДж / с},$$

звідки

$$t_{в\ вихід} = h_{води\ вхід} / C_v. \quad (5)$$

Розрахунок поверхні економайзера

Площа поверхні теплообміну економайзера знайдемо шляхом спільного рішення рівняння теплового балансу і теплопередачі

$$F_{ек} = \frac{Q_{ек} \cdot B_p}{k \cdot \Delta t}, \quad (6)$$

де $F_{ек}$ - площа поверхні теплообміну економайзера, м²,

k - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К),

Δt - середньологарифмічна температура, К.

Коефіцієнт теплопередачі визначається за залежністю:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\sigma}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (7)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі з боку газів, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;

σ – товщина стінки труби економайзера, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності труби, $\frac{Вт}{м \cdot К}$;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі з боку води, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$.

Розрахункову температуру в економайзері Δt , визначимо, як середньологарифмічну

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}}, \quad (8)$$

де Δt_{δ} – більша різниця температур, °С;

Δt_{μ} – менша різниця температур, °С.

Визначимо довжину труби діаметром 50 мм.

$$L_{ек} = \frac{F_{ек}}{\pi \cdot D_{тр}}, \quad (9)$$

де $L_{ек}$ – довжина труби економайзера, м;

$D_{тр}$ – діаметр труби, мм.

Визначимо число труб в газоході котла діаметром 0,2 метра:

$$n_{zx} = \frac{L_{ек}}{D_{zx}}, \quad (10)$$

де n_{zx} – число труб в газоході котла;

D_{zx} – діаметр газоходу котла, мм.

Визначимо кількість труб в ряду:

$$n_{ряд} = \frac{D_{zx}}{D_{тр} + \frac{D_{тр}}{2}}, \quad (11)$$

Визначимо кількість рядів

$$z = \frac{n_{zx}}{n_{ряд}}, \quad (12)$$

де z – кількість рядів труб економайзера в газоході котла.

При використанні оребрених труб габарити економайзера можна зменшити.

Результати розрахунків поверхні теплообміну економайзера та його конструктивних параметрів представлені в таблиці.

Таблиця 1 – Результати розрахунків поверхні теплообміну економайзера та його конструктивних параметрів

Величини , розмірність	Позначення	Результати
Кількість теплоти в димових газах, кДж	$Q_{ек газ}$	453
Кількість теплоти в економайзері, кДж	$Q_{ек}$	408
Площа поверхні теплообміну економайзера, м ²	$F_{ек}$	13,6
Діаметр труби економайзера, мм	$D_{тр}$	50
Довжина труби економайзера, м	$L_{ек}$	86,6
Число труб в газоході котла, шт	$n_{гх}$	173
Кількість труб в ряду, шт	$n_{ряд}$	7
Кількість рядів	z	24

Габаритні розміри рекуперативного теплообмінника-утилізатора сталевго водяного економайзера для установки в димоході твердопаливного котла представлені на рисунку 2.

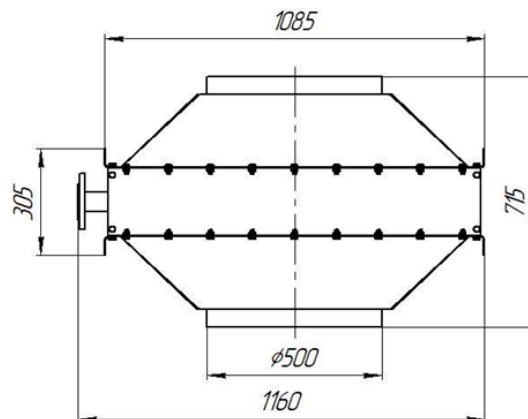


Рис. 2. Габаритні розміри водяного економайзера для установки в димоході твердопаливного котла.

При установці рекуперативного теплообмінника-утилізатора - сталевго водяного економайзера в димоході твердопаливного котла TD-450, його к.к.д підвищиться на 4 ... 8%, що дасть економію в перерахунку на паливо 100 ... 150 кг пеллет на 1 котел в день.

Висновки. 1. Сучасні твердопаливні котли, що працюють на пелетах досить досконалі. Коефіцієнт корисної дії дорівнює 80%.

Найбільші втрати теплоти з димовими газами. Їх можна знижувати, зменшуючи температуру димових газів після виходу з топки, шляхом установки додаткових поверхонь нагріву. Зазвичай це установка економайзера.

2. У статті запропоновано алгоритм розрахунку водяного економайзера з визначенням необхідної теплообмінної поверхні та інших параметрів.

3. Пропоновану методику розрахунку можна використовувати для підбору економайзера твердопаливного котла з метою підвищення його енергоефективності.

4. Установка економайзера в димоході твердопаливного котла підвищить його ефективність на 4 ... 8%, що дасть економію в перерахунку на паливо 100 ... 150 кг пеллет на 1 котел в день.

Література:

1. Драганов Б. Х., Іщенко В. В. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем. Київ : Аграрна освіта, 2009. 230 с.

2. Стручаев Н. И., Кислый С. А. Котельные установки в сельском хозяйстве. Киев: Урожай, 1985. 167 с.

3. Дідур В. А., Стручаев М. І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві. Київ: Аграрна освіта, 2008. 233 с.

4. Кирюшатов А. И. Теплофикация в сельскохозяйственном производстве. Москва: Агропромиздат, 2006. 191 с.

5. Стручаев М. І. Дослідження впливу вологості палива та температури газів на ефективність роботи котлів для спалювання деревини та горючих відходів с/г виробництва // Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): матер. Міжнар. наук.-практ. конференції (м. Київ, 14-18 грудня 2015 р.). Київ, НУБіП, 2015. С. 40-44.

6. Ялчак В. Ф., Стручаев М. І., Ялчак Ф. Ю. Підготовка соняшникового лушпиння до брикетування // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 1: Технічні науки. С. 16-23.

7. Тепловой расчет котлов: Нормативный метод. Санкт-Петербург: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. 257 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ

Стручаев Н. И.

Аннотация – в работе предложен один из вариантов повышения эффективности использования энергии топлива при

работе твердотопливных котлов - путем снижения потерь тепловой энергии уменьшением температуры дымовых газов на выходе из топки за счет установки дополнительных поверхностей нагрева а именно - экономайзера. Рассмотрен алгоритм расчета водяного экономайзера для твердотопливных котлов с целью повышения его энергоэффективности.

INCREASES THE ENERGY EFFICIENCY OF SOLID FUEL BOILERS

N. Struchaev

Summary

In activity the algorithm for calculating the water economizer for solid fuel boilers is considered in order to increase its energy efficiency. The scheme of arrangement of low-power economizer on the basis of domestic aggregates is planned. Modern solid fuel boilers working on pellets are quite perfect. Their efficiency is 80%. The greatest loss of heat - with flue gases. They can be reduced by reducing the temperature of the flue gases after leaving the furnace, by installing additional heating surfaces. This is usually the installation - economizer. The article proposes an algorithm for calculating a water economizer with the definition of the required heat exchange surface and other parameters. Calculations are made for the boiler using as fuel - sunflower husk pellets. Equating the amount of heat given off by the combustion products to the quantity of heat perceived by water in the water economizer, we determine the enthalpy of water, after the water economizer, adopting the economizer efficiency of 0.9.

The heat exchange surface area of the economizer will be found by jointly solving the heat balance and heat transfer equation. Estimated temperature in the economizer, we define as the average logarithmic. The temperature of the gases after the water economizer is limited by the danger of metal corrosion. In this regard, the flue gas temperature should be selected above the dew point temperature of flue gases by 15-20 ° C. Based on this condition and recommendations for calculating the temperature of the dew point of flue gases, the value of permissible cooling temperature of flue gases is 135 ° C.

The proposed method of calculation can be used to select an economizer for a solid fuel boiler in order to increase its energy efficiency.

Installing an economizer in the chimney of a solid fuel boiler increase its efficiency by 4 ... 8%. Fuel economy will be 100 ... 150 kg of pellets per boiler per day.