

flow cyclone. The main objective of the research is in theoretical analysis of motion of the gas flow in the working zone system and the impact of structural parameters on energy costs for its work. We solve this problem by using a computer program Solid Works software package Flow Simulation.

The presented method of calculating the hydraulic resistance will significantly save time on designing cyclones equipment and pre discard unsuccessful designs initially.

Based on the theoretically determined by Flow Simulation hydraulic resistance calculated coefficient of hydraulic resistance system and a preliminary assessment of energy costs for the cleaning process. Comparative analysis of the energy cost of the cleaning process shows high effectiveness of the proposed design of the cyclone.

The results can be used in engineering practice in the design of new and modernization of existing equipment pyrochysnoho pryamotechiynoyu zone separation.

Keywords: hydraulic resistance cyclone, uniflow cyclone, software package Flow Simulation, theoretical analysis of the energy cost of the cyclone

В статті розглянуто можливий економічний та екологічний ефект від встановлення проміжних випромінювачів і екранування стінок паливної котла. Застосування проміжних випромінювачів при проектуванні і створенні опалювальних і малих промислових котлів на природному газі дозволить зменшити витрату металу на виготовлення котла і збільшити їх ККД

Ключові слова: паливня, випромінювач, теплообмін, ступінь чорноти факелу, температура факелу, тепловіддача

В статье рассмотрены возможный экономический и экологический эффект от установки промежуточных излучателей и экранирования стенок топки котла. Применение промежуточных излучателей при проектировании и создании отопительных и малых промышленных котлов на природном газе позволит уменьшить расход металла на изготовление котла и увеличить их КПД

Ключевые слова: топка, излучатель, теплообмен, степень черноты факела, температура факела, теплоотдача

УДК 612.311

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОМІЖНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ В КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТАХ

А. М. Павліш

Асистент*

Контактний тел.: 063-499-95-64

E-mail: andriy.pavlish@gmail.com

М. А. Мартиняк

Аспірант*

Контактний тел.: 063-281-64-55

E-mail: marta.martynyak@gmail.com

Й. С. Мисак

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*

Контактний тел.: (032) 258-25-15

E-mail: marta.martynyak@gmail.com

*Кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій
Національний університет "Львівська політехніка"
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Постановка проблеми

При спалюванні природного газу при малих розмірах паливної (опалювальні котли, промислові котли малих розмірів) і в котлах при наявності двосвітних екранів значення ступеня чорноти факелу $\alpha_{\text{ф}}$ є дуже малим і переважно знаходиться в межах $\alpha_{\text{ф}}=0,15-0,25$. В існуючих паливнях проміжними випромінювачами є неекрановані частини паливної, амбразури пальників і т. д., які приймають участь у процесі теплообміну. Як наслідок частина теплоти горіння палива використовується нерационально і теплообмін в паливні є низько ефективним.

2. Мета статті

Інтенсифікувати теплообмін і стабілізувати горіння факелу в паливнях водогрійних котлів з повним екрануванням стінок і порівняно невеликою площею поверхонь гарячих амбразур і частин футерування, шляхом встановлення спеціальних проміжних випромінювачів.

3. Основні положення

Одним з способів підвищити теплообмін в паливні є введення в об'єм проміжних випромінювачів – твердих тіл, які нагріті до температури не менше ніж 800°C і є

так званими «тепловими дзеркалами», які передають випромінювання поверхням нагріву.

Проміжні випромінювачі виготовляються з вогнестійких матеріалів чи жароміцних металів або вводяться в факел у вигляді порошку інертної речовини. Їх принцип дії полягає в тому, що вони сприймають тепло селективним випромінюванням (тільки у визначених інтервалах довжини хвиль) і конвекцією від продуктів згорання і передають його повним спектром випромінювання водоохолоджуючим поверхням, що розташовані у паливні. Знаходячись у стаціонарному стані при незмінній температурі, проміжні випромінювачі перевипромінюють увесь тепловий потік, що падає на них, на поверхні екранів у вигляді відбитого тепла і власного випромінювання (рис. 1).

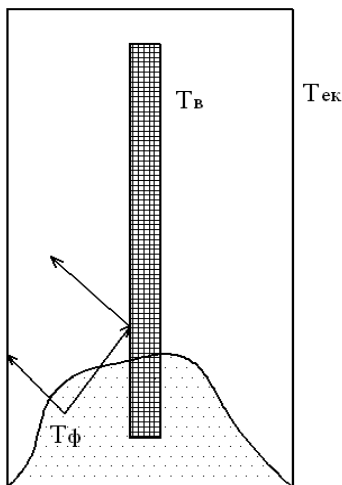


Рис. 1 Схема теплообміну при наявності проміжного випромінювача в екранованій паливні

Для вітчизняної теплоенергетики найбільш перспективним є застосування проміжних випромінювачів при проектуванні і створенні опалювальних і малих промислових котлів на природному газі, оскільки це дозволить зменшити витрату металу на виготовлення котла і збільшити їх ККД. Крім того, оптимальне розміщення проміжних випромінювачів, які додатково забирають на себе теплоту, відносно факелу дозволяє знизити температуру і як наслідок знизити викиди азоту NO_x[1,2]

Розрахунок теплообміну в паливні та розробка методу його інтенсифікації є складним завданням. Оскільки в сучасних котлах практично всі стінки котла екрановані, можливість збільшення поверхні стінок паливні відсутня - $F_e \approx \text{const}$, де F_e – площа поверхні екранів паливні.

Реальним є лише збільшення ступеня чорноти в паливні - α_T . Для камерних паливень, де як паливо використовується газ запишемо[3]:

$$\alpha_T = \frac{\alpha_\phi}{\alpha_\phi + (1 - \alpha_\phi)\psi} \quad (1)$$

де

$$\psi = \frac{F_e}{F_e + F_b} = \frac{1}{1 + \omega} \quad (2)$$

α_ϕ – ступінь чорноти факелу, F_b - площа поверхні нагріву проміжного випромінювача, ψ - коефіцієнт, що враховує відношення поверхонь екранів до сумарної поверхні теплообміну.

$$\omega = \frac{F_b}{F_e} \text{ - відносна площа поверхні нагріву}$$

проміжного випромінювача.

Таким чином, для збільшення тепловіддачі необхідно або збільшити ступінь чорноти факела - α_ϕ , або знизити значення ψ .

Ступінь чорноти факелу може бути збільшений шляхом організації процесу спалювання, наприклад, при переході від попереднього перемішування газу з повітрям у паливникових пристроях до дифузійного спалювання з перемішуванням палива і окислювача в об'ємі паливні. Зазвичай, при переході до дифузійного спалювання рівень максимальних температур у факелі знижується, однак, загальна тепловіддача, внаслідок збільшення ступеня чорноти факела збільшується порівняно з тепловіддачею звичайного факела, що отримується при попередньому змішуванні газу з повітрям (в залежності від рівня температур).

Відзначимо, що для зниження рівня викидів оксиду азоту в факелі слід віддати перевагу випромінювачам, що вводиться безпосередньо в зону горіння (зниження ψ).

Методика розрахунку проміжних випромінювачів полягає у визначенні приросту видимого коефіцієнта променевого випромінювання паливні при наявності проміжного випромінювача. У теплообміні беруть участь факел, водоохолоджуючі поверхні і проміжні випромінювачі.

Склавши рівняння теплових потоків і вирішивши їх отримаємо наступний наближений вираз для співвідношення видимого коефіцієнта променевого випромінювання паливні при наявності в ній проміжного випромінювача σ_c і без нього σ_0 :

$$\sigma = \frac{\sigma_c}{\sigma_0} = \frac{\alpha_\phi + \phi_b^b(1 + \omega)(1 - \alpha_\phi)}{\alpha_\phi + \phi_b^b(1 - \alpha_\phi)[1 - \omega \cdot \phi_b^b(1 - \alpha_\phi)(1 - \alpha_\phi)]} \quad (3)$$

де σ_c - видимий коефіцієнт променевого випромінювання паливні;

α_ϕ, α_b - ступінь чорноти факела і водоохолоджуючої поверхні нагріву;

ϕ_b^b - кутовий коефіцієнт випромінювання проміжного випромінювача на водоохолоджувальну поверхню; ω - відношення поверхні проміжного випромінювача до водоохолоджуючої поверхні нагрівання, що розміщена в паливні.

При опуклій формі випромінювачів ефективність впливу проміжного випромінювача на теплообмін становить:

$$\sigma = 1 + \omega(1 + \alpha_\phi) \quad (4)$$

З рівняння видно, що тепловіддача в паливні при застосуванні проміжних випромінювачів зростає з збільшенням відношення поверхні випромінювача до поверхні паливні і чим меншим є ступінь чорноти факела.

Звідси випливає, що в першу чергу проміжні випромінювачі потрібно застосовувати в паливних опалювальних та інших котлів малих розмірів, що працюють на газовому паливі ($\alpha_{\text{ф}} = 0,1 - 0,2$), потім для котлів, що працюють на рідкому паливі. Середня температура проміжного випромінювача ($T_{\text{в}}$, К) може бути отримана з спрощеної залежності:

$$T_{\text{в}} = \alpha_{\text{ф}}^{0,25} T_{\text{ф}} \quad (5)$$

Наприклад, в невеликій паливній при $\alpha_{\text{ф}} = 0,2$ і $T_{\text{ф}} = 1800^{\circ}\text{C}$ середня температура випромінювача складе 1186 К, або 913°C .

У зв'язку з тим, що проміжні випромінювачі дозволяють інтенсифікувати відведення тепла від факела, слід очікувати, що температура в факелі буде знижуватися.

При виготовленні та встановленні випромінювачів слід дотримуватися таких умов:

- випромінювач не повинен істотно змінювати аеродинаміку потоку і конвективний процес тепловіддачі;
- введення в камеру або видалення з неї проміжного випромінювача не повинно впливати на горіння;
- горіння повинно бути достатньо повним, щоб втрати q_3 можна було не враховувати;
- пальниковий пристрій не повинен бути додатковим випромінювачем.

Також при конструюванні випромінювачів бажано вибирати таку форму, щоб випромінювання самого на себе було мінімальним. Розміщувати випромінювач в паливній необхідно так, щоб він закривав якнайменше поверхні нагріву.

Схеми розміщення проміжних випромінювачів в котлах НІСТУ-5 з двома пальниками показані на рис. 2.

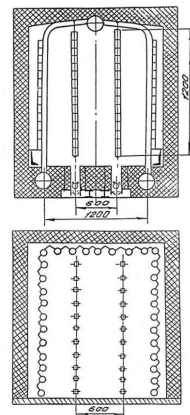


Рис. 2. Схема розміщення проміжних випромінювачів в котлі НІСТУ-5 - (з двома пальниками)

4. Висновки

Встановлення проміжних випромінювачів дозволяє інтенсифікувати теплообмін в паливній, збільшити тепловіддачу і ККД котлів. Найбільший ефект по збільшенні тепловіддачі при застосуванні проміжних випромінювачів досягається в паливних з невеликим значенням ступеня чорноти факелу, тобто в паливних невеликих котлів, що працюють на природному газі. При виборі матеріалу випромінювачів потрібно враховувати, що він повинен забезпечити тривалу експлуатацію при середній температурі $800-900^{\circ}\text{C}$ і суттєво не зменшувати об'єм паливної.

Література

1. Нижник, С.С. Промежуточные излучатели для отопительных и промышленных котлов [Текст] / С.С. Нижник, И. Я. Сигал, В.М. Овчар, А.И. Сигал и др. - ИГ НАНУ г. Киев, ИПЭ г. Киев
2. Звіт про науково-дослідну роботу. Розробка, дослідження та впровадження мало витратних технологій зменшення парникового ефекту при спалюванні газу в Україні. І. Я. Сигал, Київ – 2002.
3. Блох, А. Г. Теплообмен в топках паровых котлов [Текст] / Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1984. — 240 с

Abstract

The article concerns the possible economic and environmental effects of establishing of intermediate emitters and shielding of walls of the boiler furnace.

Intermediate emitters are made of fireproof materials or heat resistant metals or introduced into the flare as a powder of inert substance. The principle of the emitters consists in perception of heat by selective radiation and convection from the combustion products, and transmission it to water-cooled surfaces that are located in the furnace.

The method of calculation of intermediate emitters consists in determination of the increase of the coefficient of the furnace radiation in the presence of intermediate emitter. The heat transfer involves the participation of the flare, water-cooled surfaces and intermediate emitters.

The use of intermediate emitters in the design of heating and small industrial boilers on the natural gas will reduce the metal expenditure to manufacture the boiler and increase its efficiency. In addition, the optimal location of intermediate emitters that additionally take away the flare heat reduces temperature and NO_x emissions into the environment.

Keywords: furnace, emitter, heat exchange, degree flare blackness, flare temperature, heat transfer, coefficient of radiation, burner, nitrogen oxides