

САНИТАРНА ТЕХНІКА

УДК 697.432.5

Сенчук М.П., канд. техн. наук, ДНДІСТ,
Макаров А.С., канд. техн. наук, ДНДІСТ,
Астаф'єва М.М., канд. фіз.-мат. наук, ДПУ, м.Ніжин

ВИГОРЯННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА У ТОПКОВИХ ПРИСТРОЯХ З ПОПЕРЕЧНОЮ СХЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ ШАРУ

Поперечна схема спалювання твердого палива є найбільш поширеною в шарових топкових пристроях і реалізована в топках з ланцюговою решіткою, з горизонтальними перештовхуючими колосниками, з вібраційною решіткою, спільно з зустрічною схемою - в топках з шуруючою планкою, в топках з плунжерним штовхачем. Модифікацією топків з плунжерним штовхачем є розроблена в ДНДІСТ (Київ) шахтно-шарова механічна топка зі штовхачем [1] (рис.1). Процес спалювання палива в такій топці комбінований. У вертикальній шахті з затискною решіткою паливо при гравітаційному опусканні проходить стадії сушіння, газифікації, підпалювання та під впливом штовхача у вигляді коксу, що горить, переміщається на допалювальну решітку, вигоряє, а зола і шлак видаляються в зольник.

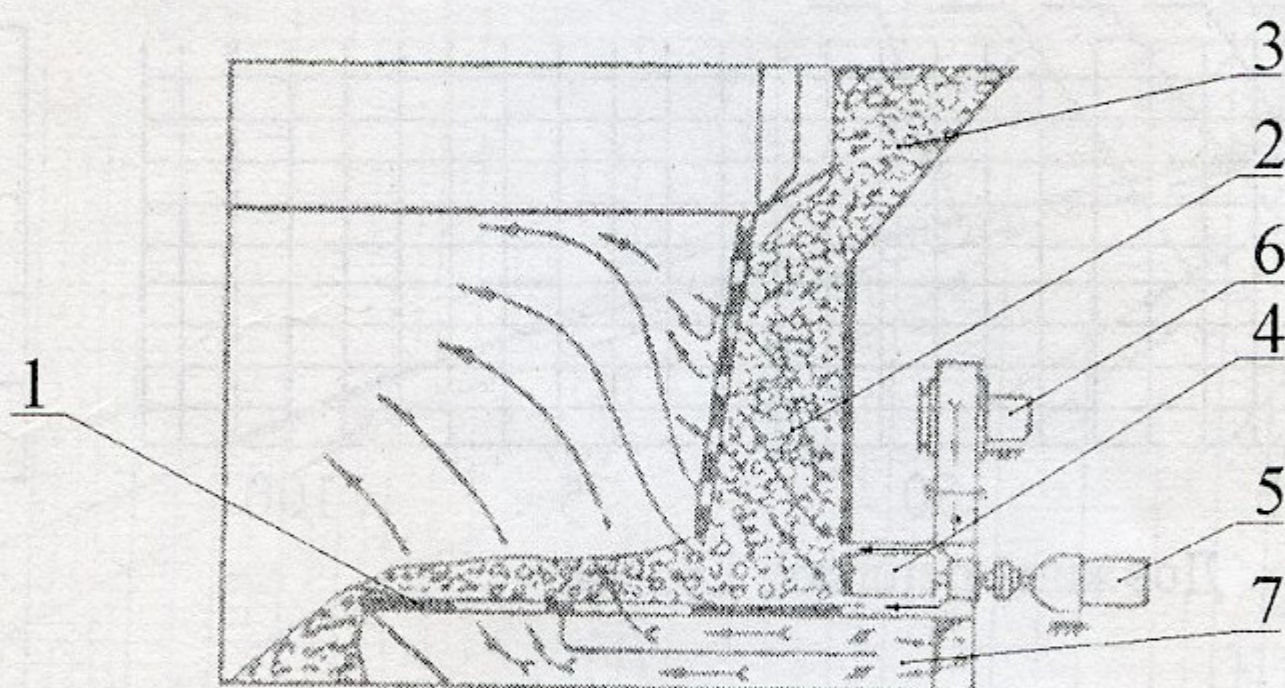


Рис.1 Схема шахтно - шарової механічної топки з штовхачем:

1 - решітка; 2 - шахта; 3 - бункер; 4 - штовхач; 5 - привід; 6 - вентилятор; 7 - повітроводи.

На нашу думку, найбільш прийнятною для інженерного розрахунку топків є питома швидкість горіння - відношення кількості палива, що згоріло в одиницю часу до сумарної поверхні реагування часток у шарі.

У [2] на підставі розмірних експериментальних даних по питомій швидкості горіння коксу створена розрахункова модель вигорання палива на решітці по методу кінцевих елементів. Подальші дослідження з визначення швидкості горіння твердого палива в шарі в залежності від режимних і конструктивних параметрів дозволили одержати критеріальні залежності [3]:

$$Nu_D = 0.37 Re_D^{0.25} 10^{0.25 \sqrt{(\lg Re_D - 1.22)^2 + 0.001}} \quad (1)$$

Апроксимація залежності (1) по частинам дає більш прості рівняння для визначення питомої швидкості горіння, зокрема при $17 < Re < 320$

$$K_s^c = 0.185 C_{оср} D Re_D^{0.5} / \delta_{ср}, \text{ г/см}^2\text{с} \quad (2)$$

Рівняння (2) забезпечує проведення розрахунків в межах параметрів стійкої роботи топкових пристроїв: швидкість дуття - від 0,2 до 0,4 м/с, коефіцієнт надлишку повітря - від 1,2 до 2,0, розмір часток - від 13 до 50 мм.

Нижче приведено аналітичне рішення задачі по вигоранню твердого палива на решітці з поперечною схемою живлення шару з використанням залежності (2).

Паливо подається на решітку штовхачем з початковою лінійною швидкістю рівною $V_n = B_p / b_n h_n m_p$, см/с, де B_p - розрахункова витрата палива, кг/с.

Розв'язуючи спільно рівняння $\delta(x) = V(x) \Delta \tau$ і $\delta(x + \delta(x)) = V(x + \delta(x)) \Delta \tau$ переміщення і вигорання часток по довжині решітки встановлено, що відношення поточної лінійної швидкості часток $V(x)$ до її поточного діаметра $\delta(x)$ величина постійна, тобто

$$V(x) = V_n(\delta(x) / \delta_n), \text{ см/с}, \quad (3)$$

де δ_n - діаметр часток на виході з вікна, см.

Зміна поточної висоти шару від діаметра часток по довжині решітки описується квадратичною залежністю

$$h(x) = h_n (\delta(x) / \delta_n)^2, \text{ см} \quad (4)$$

Вигорання палива в об'ємі шару, що розглядається за час Δt з врахуванням рівності витрат палива, розрахованих по матеріальному балансу і по масообміну описується диференціальним рівнянням

$$d(h(x)V(x)) / dx = -(6K_s^c / \rho)h(x) / \delta(x) \quad (5)$$

або, використовуючи (4) і (5):

$$(\delta(x))^{1.5} d(\delta(x)) / dx = -AC, \quad (6)$$

де A і C - постійні величини при прийнятих режимних і конструктивних параметрах $A = 0,37C_{\text{опр}}D^{0.5}W_t^{0.5} / \rho$, $C = \delta_n / V_n$.

Зміна розміру часток по довжині решітки впливає з рівняння (6)

$$\delta(x) = (2,5AC(L_p - x))^{2/5}, \text{ см} \quad (7)$$

Диференціювання (7) по x , а потім інтегрування в межах від 0 до L_p дозволяє визначити довжину колосникової решітки (8) і тривалість повного горіння палива на решітці (9)

$$L_p = \delta_n^{1.5} V_n / 2,5A, \text{ см} \quad (8)$$

$$\tau_n = 0,67\delta_n^{1.5} / A, \text{ см} \quad (9)$$

На рис.1 наведені криві вигорання, які побудовані за методом кінцевих елементів (1-3) і по аналітичних рівняннях (4-6) при витраті палива на решітці $B_p = 20$ кг/год, ширині решітки $b_n = 57$ см, висоті вікна $h_n = 19$ см, коефіцієнтах надлишку повітря 1,4-1,6. Розбіжність в розрахунках довжини решітки за двома методами є в межах 10%.

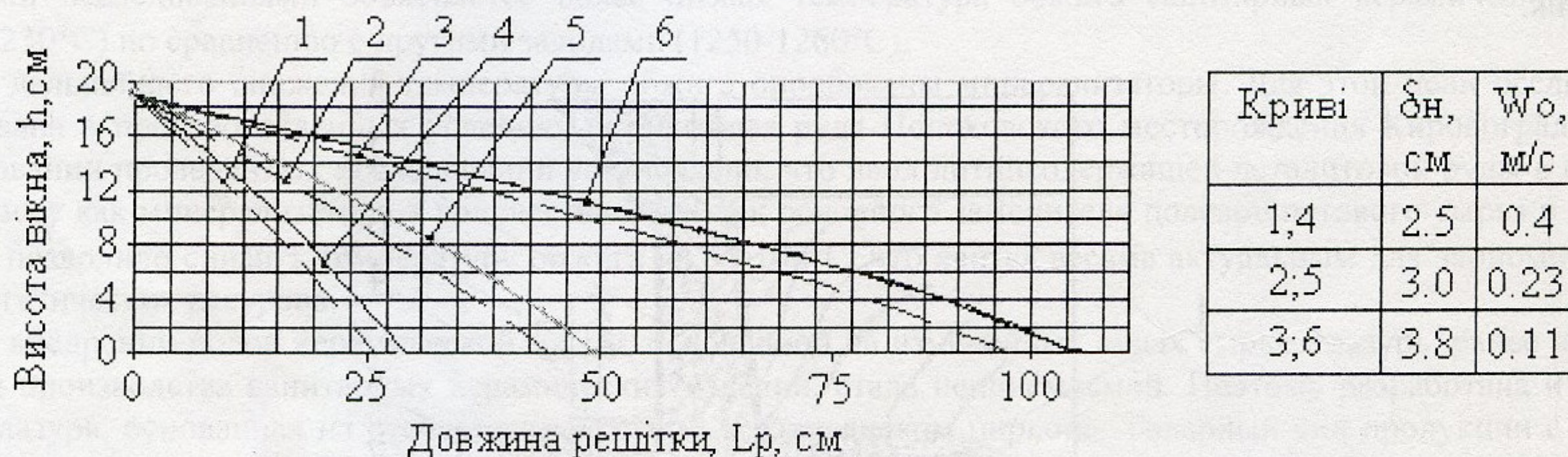


Рис. 2. Графік вигорання твердого палива на решітці (висота вікна h_n - 19 см)

У залежностях (1,2) швидкість горіння залежить у сукупності з іншими чинниками від діаметра часток в ступені - 0,5. При постійному значенні K_s^c по відношенню до діаметра часток залежність (9) перетворюється в вираз $\tau_n = \rho\delta_n / 2K_s^c$, с, наведений Померанцевим В.В. у [4].

Література:

1. Сучасне енергозберігаюче обладнання для опалювальних котелень/ Макаров.А.С., Сенчук М.П.// Збірник Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка.- 2000.-№ 15 -С.120-124.
2. Макаров А.С., Сенчук М.П. Исследование работы дожигающей колосниковой решетки шахтно-слоевой механической топки// Экспресс-обзор ВНИИ научно-технической информации и экономики промышленности строительных материалов. М. - К., 1992. - Серия 10. - С. 3-11.
3. Сенчук М.П., Макаров А.С. Результаты исследований скорости горения твердого топлива в слое// Тезисы XI симпозиума по горению и взрыву, 18-22 ноября 1996г. - Черногловка: Российская АН, 1996.-Т.1, ч.2.-С.295-299.
4. Основы практической теории горения/ В.В. Померанцев, К.М. Ареф'єв, Д.Б. Ахмедов і ін. - Л.: Энергоатомиздат, 1986.-312 с.