

ПУСКОВИЙ РЕЖИМ АПАРАТА ЗАНУРЕНОГО ГОРІННЯ

Розглянуто керування пусковим режимом апарата зануреного горіння, призначеного для упарювання розчинів до високих концентрацій. Одержано залежність, що дозволяє проаналізувати витрати палива в пусковому й робочому режимах ще на етапі конструювання апарата.

Ключові слова: апарат зануреного горіння, пусковий режим, випарювання.

© Кваско М. З., Жураковський Я. Ю., 2014.

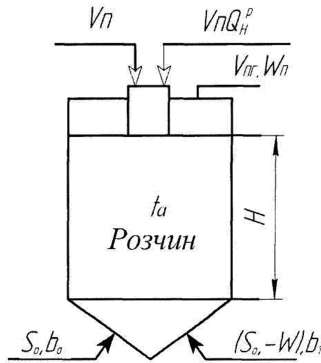


Рис. 1 – Схема потоків в апараті зануреного горіння

Теплові баланси для теплоносія, повітря і продуктів горіння:

$$\begin{aligned} V_T Q_n^p + V_T C_T \Theta_T + V_n C_n \Theta_n - K_6 F_6 H_6 \Delta t_{cp} - V_{пр} C_{пр} T_{пр} &= F(H_6 - H) \alpha dt_{пр}/dt; \\ K_6 F_6 H_6 \Delta t_{cp} - \alpha_1 F_{вс} (t_\alpha - t_{ст}) - W_{пр} r &= G_p C_p dt_\alpha/dt; \\ \alpha_1 F_{вс} (t_\alpha - t_{ст}) - \alpha_2 F_{зс} (t_{ст} - \Theta_{зс}) &= G_{ст} C_{ст} dt_{ст}/dt. \end{aligned}$$

де V_T і Q_n^p – витрата палива і теплота його згоряння; C_T і Θ_T – питома масова теплоємність і температура теплоносія; V_n , C_n , Θ_n – витрата, питома масова теплоємність і температура повітря; K_6 , F_6 , H_6 , Δt_{cp} – коефіцієнт теплопередачі під час барботажу, площа перерізу сопла пальника, глибина барботажу і середня різниця температур; $V_{пр}$, $C_{пр}$, $T_{пр}$ – витрата продуктів горіння, їхня питома масова теплоємність і температура; G_p , C_p – маса і питома масова теплоємність розчину; F , H – площа поперечного перерізу й висота рівня розчину; α_1 , $F_{вс}$, t_α , $t_{ст}$ – коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої стінки, площа поверхні внутрішньої стінки, температура розчину в апараті і температура стінки; r – питома масова теплота пароутворення; $W_{пр}$ – витрата випареної води; α_2 , $F_{зс}$, $\Theta_{зс}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки до навколишнього середовища, площа поверхні зовнішньої стінки, температура навколишнього середовища; $G_{ст}$, $C_{ст}$ – маса матеріалу стінки та його питома масова теплоємність.

Оскільки під час зануреного випарювання $t_\alpha \approx T_{пр}$ [1], надалі вважатимемо, що $t_\alpha = T_{пр}$. Випарювання відбуватиметься лише після закипання розчину, тому під час його нагрівання $W_{пр} = 0$.

Теплота, що передається розчину: $G_p C_p dt_\alpha/dt = V_{пр} C'_{пр} \Theta_{гор} - V_{пр} C_{пр} T_{пр} - \alpha_1 F_{вс} (t_\alpha - t_{ст})$, де $\Theta_{гор}$, $C'_{пр}$ – температура газів, що виходять із пальника після згоряння палива, та їхня питома масова теплоємність.

Спільно розв'язуючи чотири рівняння теплового балансу та враховуючи, що $t_\alpha = T_{пр}$:

$$\begin{aligned} \frac{G_{ст} C_{ст} G_p C_p}{\alpha_1 F_{вс}} \frac{d^2 t_\alpha}{dt^2} + \left[\frac{G_{ст} C_{ст} (V_{пр} C_{пр} + \alpha_1 F_{вс}) + G_p C_p (\alpha_1 F_{вс} + \alpha_2 F_{зс})}{\alpha_1 F_{вс}} \right] \frac{dt_\alpha}{dt} + \\ + \left[\frac{(V_{пр} C_{пр} + \alpha_1 F_{вс}) (\alpha_1 F_{вс} + \alpha_2 F_{зс}) - \alpha_1^2 F_{вс}}{\alpha_1 F_{вс}} \right] t_\alpha = \frac{V_{пр} C'_{пр} (\alpha_1 F_{вс} + \alpha_2 F_{зс})}{\alpha_1 F_{вс}} \Theta_{гор} + \frac{G_{ст} C_{ст}}{\alpha_1 F_{вс}} \frac{d(V_{пр} \Theta_{гор})}{dt} \end{aligned}$$

Щоб спростити це рівняння, початок пускового режиму будемо розглядати з моменту подачі палива після його запалювання. Вважатимемо, що до цього температура теплоносія дорівнює температурі розчину в апараті. З урахуванням втрат Z і надлишку K , витрата теплоносія $V_{пр} = (1 + KZ)V_n$. Вважаючи, що $\Theta_{зс} = \text{const}$, перетворимо наведене рівняння в припущеннях:

$$T_2^2 \frac{d^2 \Delta t_\alpha}{dt^2} + T_1 \frac{d \Delta t_\alpha}{dt} + \Delta t_\alpha = b'_1 \Delta V_n + b'_2 \frac{d \Delta V_n}{dt},$$

$$\text{де } T_2^2 = (G_{ст} C_{ст} G_p C_p) / A, T_1 = [G_{ст} C_{ст} (KV_n C_{пр} + \alpha_1 F_{вс}) + G_p C_p (\alpha_1 F_{вс} + \alpha_2 F_{зс})] / A,$$

$$b'_1 = (C_{пр} \Theta_{гор} + C_{пр} t_\alpha) (\alpha_1 F_{вс} + \alpha_2 F_{зс}) K / A, b'_2 = G_{ст} C_{ст} (C_{пр} \Theta_{гор} - C_{пр} t_\alpha) K / A, A = (KV_n + \alpha_1 F_{вс}) (\alpha_1 F_{вс} + \alpha_2 F_{зс}) - \alpha_1^2 F_{зс}^2.$$

Коли $t = 0$, $t_a = \Theta_{\text{рп}}$, $\Delta V_{\text{п}} = V_{\text{по}}$, звідки $t_a = V_{\text{по}} \left[b'_1 + \frac{b'_2 P_1 + b'_1}{P_1 (2T_2^2 + T_1)} t^{P_1} \right] + \Theta_{\text{рп}}$, де $P_1 = \frac{-T_1 + \sqrt{T_1^2 - 4T_2^2}}{2T_2^2}$ – корінь характеристичного рівняння. Розв'язуючи його, визначаємо тривалість нагрівання розчину від $\Theta_{\text{рп}}$ до Θ_3 :

$$t_n = \frac{1}{P_1} \ln \frac{(\Theta_3 - \Theta_{\text{рп}} - V_{\text{по}} b'_1) (2T_2^2 P_1 + T_1) P_1}{V_{\text{по}} (b'_2 P_1 + b'_1)}.$$

Ця залежність дозволяє проаналізувати витрати палива в пусковому та робочому режимах на етапі конструювання АЗГ.

Висновки. Розглянуто керування пусковим режимом апарата зануреного горіння, призначеного для упарювання розчинів до високих концентрацій. Одержано залежність, що дозволяє проаналізувати витрати палива в пусковому й робочому режимах ще на етапі конструювання апарата.

Список використаної літератури

1. *Удъма П. Г.* Аппараты с погружными горелками / П. Г. Удъма. – М. : Машиностроение, 1973. – 272 с.
 2. *Алабовский А. Н.* Выпарные аппараты погружного горения / А. Н. Алабовский. – К. : Вища шк., 1980. – 120 с.
- Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий / Э. В. Цешковский, Н. С. Пиргач, Г. Д. Ерашкин и др.* – М. : Лесн. пром-ть, 1989. – 368 с.