

Поліщук Л.К. к.т.н., доцент

Коваль О.О. здобувач

Лютій Б.В. студент

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ГІДРОПРИВОДОМ ДЛЯ ПУСКУ КОНВЕЄРА

Під час пуску стрічкового конвеєра, особливо з довгомірними робочими ланками, хвильові процеси, що відбуваються в стрічці, можуть призвести до виникнення інтенсивних коливань тягового органу, нестійкої роботи привода, часткової або повної пробуксовки барабана [1]. Такі негативні фактори є причиною підвищеного зношування стрічки, а в деяких випадках – її розриву.

Для запобігання цим небажаним процесам застосовують різні способи пуску, які дозволяють компенсувати зниження коллового зусилля на приводному барабані в залежності від типу привода. В електроприводі застосовується пуск прямою подачею напруги, пуск перемиканням зірка-трикутник, плавний пуск двигуна за допомогою тиристорних пристроїв тощо [2, 3, 4]. Для гідравлічного привода конвеєра розроблено пусковий пристрій [5], який дозволяє змінювати обертовий момент на приводному барабані за заданим законом, що відтворює найбільш раціональний спосіб пуску. Робота пускового пристрою полягає у спрацьовуванні від тиску  $p_1$ , який вище номінального  $p_n$ , витримці цього тиску визначений час  $t_b$  від кінця фази зрушення  $t_1$  до завершення фази пуску  $t_n$ , та різкому зниженні цього тиску до номінального  $p_n$  і підтримці його впродовж роботи привода.

Виконано математичне моделювання динамічних процесів в гідравлічному приводі стрічкового конвеєра з розробленим пусковим пристроєм для визначення впливу його конструктивних параметрів в період пуску конвеєра. У відповідності з конструкцією вмонтованого гідравлічного привода [6] розроблена розрахункова схема пускового пристрою з гідромотором (рис. 1).

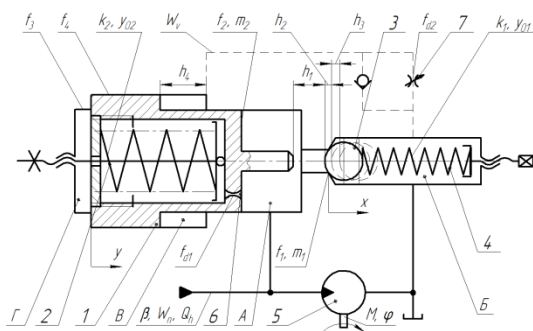


Рис. 1 – Розрахункова схема пускового пристрою

На її основі побудована математична модель, з використанням принципу Д’Аламбера щодо сил, які діють на рухомі елементи, та балансу витрат робочої рідини в гідросистемі. В ній розглядаються три фази пускового процесу: фаза зрушення; фаза витримки тиску; фаза встановлення номінального тиску в гідросистемі. Для кожної з розглянутих фаз навантаження на валу гідромотора змінювалося за законом, що забезпечує раціональний режим пуску конвеєра з пониженими динамічними навантаженнями та оптимальною тривалістю пуску.

Математична модель має вигляд:

$$p_g f_3 < p_g f_2 + p_z (f_3 - f_2) + k_2 y_{02}. \quad (1)$$

$$p_1 \geq k_1 y_{01} / f_1, \quad (2)$$

$$t_1 = E \cdot W_n / Q_n \cdot p_1. \quad (3)$$

$$(p_1 - p_z) f_1 = m_1 \cdot (y_{01} + x) + F_g, \text{ при } F_g = \rho Q_c (V_w \cos \beta_0 - V_c). \quad (4)$$

$$Q_c = \mu \pi d_1 \cdot x \sqrt{2(p_1 - p_z) / \rho}, \text{ при } 0 < x < h_2 \quad (5)$$

$$(p_1 - p_z) f_4 = m_2 \cdot (y_{02} + y) + p_v (f_4 - f_2) + p_1 f_2, \text{ при } 0 < y < (h_1 + h_2) \quad (6)$$

$$Q_{d1} = \mu f_{d1} \sqrt{2 \Delta p_{d1} / \rho}, \quad (7)$$

$$Q_{d2} = \mu f_{d2} \sqrt{2(p_v - p_z) / \rho}, \text{ при } f_{d2} = b \cdot a \cdot \sin \alpha. \quad (8)$$

$$Q_v = (f_4 - f_2) v_p, \quad (9)$$

$$v_p = dy / dt_e, \text{ при } t_e = t_n - t_1, \quad (10)$$

$$p_i f_4 = -(m_1 + m_2) \cdot (y_{02} + y) + k_1 (x + y_{01}) + F_g + dp / dt \cdot f_2, \quad (11)$$

причому  $p_i = p_1$ , коли  $y = h_1 + h_2$ ,  $p_i = p_n$ , коли  $y = h_1 + h_2 + h_3$ .

$$M + M_0 = q_m \Delta p - \beta_m d\varphi / dt. \quad (12)$$

У рівняннях (1-12) використано такі позначення:

$p_g, p_1, p_n, p_v, p_z$  – відповідно, тиски в гідросистемі фазі зрушення, тиск відкриття кулькового запірного елемента 3, номінальний тиск, тиск в закритій порожнині В, тиск в зливній магістралі;  $f_1, f_2, f_3, f_4$  – відповідно, площа кулькового запірного елемента 3 та площі поперечних перерізів ступінчастого поршня 1;  $f_{d1}, f_{d2}$  – відповідно, площі поперечних перерізів дроселів 6 та 7;  $a, b$  – відповідно, довжина відкриття золотника щілинного дроселя та ширина щілини;  $\alpha$  – кут відхилення струменю робочої рідини;  $k_1, y_{01}, k_2, y_{02}$  – відповідно, жорсткість і попередня деформація пружин 4 та 2;  $Q_n, Q_c, Q_{d1}, Q_{d2}, Q_v$  – відповідно, витрати насоса, сенсора, дроселів 6 та 7, в закритій порожнині В;  $m_1, m_2$  – відповідно, маси кулькового запірного елемента 3 та ступінчастого поршня 1;  $v_c, v_w, v_p$  – відповідно, швидкість потоку робочої рідини в сидлі і щілині сенсора 3, швидкість потоку рідини в закритій порожнині В;  $\beta_0$  – кут відхилення потоку робочої рідини за щілиною;  $\mu$  – коефіцієнт витрат відповідних прохідних перерізів;  $\rho, E$  – відповідно, густина та зведений модуль пружності робочої рідини;  $W_n$  – об'єм напірної магістралі гідромотора 5;  $M, M_0$  – відповідно, момент корисних сил опору та сил тертя;  $\beta_m$  – коефіцієнт сил в'язкого опору в гідромоторі;  $\varphi$  – кутова координата вала гідромотора;  $\Delta p, \Delta p_{d1}$  – відповідно, перепад тиску в гідромоторі, що відповідає його величині в фазах зрушення, витримки, тягового зусилля та усталеного руху конвеєра, і на дроселі 6.

#### Список використаних джерел

1. Шахмейстер Л. Г. Теория и расчет ленточных конвееров / Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев – М. : Машиностроение, 1978. – 392 с.
2. Стадник Н. И. О возможности применения тиристорного привода для плавного пуска ленточных конвейеров / Н. И. Стадник, К. П. Бочаров. – Уголь Украины. – 2001. – №1. – С. 34-37.
3. Фабричный Д. Н. Анализ электромеханических систем пуска ленточных конвейеров / Д. Н. Фабричный. – Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.–техн. зб., 2003. – Вип. 70. – С. 118-121.
4. Соседка В. Л. Моделирование устройств регулирования пуска ленточных конвейеров / В. Л. Соседка, Д. Н. Фабричный. – Гірнична електромеханіка та автоматика. – Днепропетровск, ДНГУ – 2005. – Вып. 74.
5. Поліщук Л. К. Синтез системи пуску гідравлічного привода стрічкового конвеєра / Л. К. Поліщук, А. О. Малярчук, Р. П. Коцюбівський, О. О. Адлер. – Промислова гідравліка і пневматика, 2010. – №4 (30). – С. 61-63.
6. Поліщук Л. К. Вмонтований гідравлічний привод конвеєра з пусковим пристроєм / Л. К. Поліщук, А. О. Малярчук, Р. П. Коцюбівський. – Промислова гідравліка і пневматика, 2012. – №1 (35) – С. 70-72.