

УДК 681.62.064.3

**І.Б.Гук**

### **МОДЕЛЬ РОБОТИ ПЕРЕДАВАЛЬНОГО ВАЛИКА ФАРБОВОГО АПАРАТА**

Подача фарби в розкочувальну групу фарбового апарата здійснюється передавальним валиком, що має коливний рух (рис.1). Отже, процес передачі фарби від дукторного циліндра до розкочувальної групи носить дискретний характер, який повторюється з періодом  $T_{\Pi}$  [1].

Шар фарби  $h_a$ , що виникає на поверхні дукторного циліндра ДЦ, при обертанні останнього забирається з певним коефіцієнтом ділення передавальним валиком ПВ і подається на перший валик розкочувальної групи.

Спочатку для спрощення задачі вважатимемо, що час квантування  $T$  відповідає часу, за який фарбовий валик повертається на півоберту. При сумісному русі передавального валика з дукторним циліндром або з першим фарбовим валиком розкочувальної групи проковзування відсутнє.

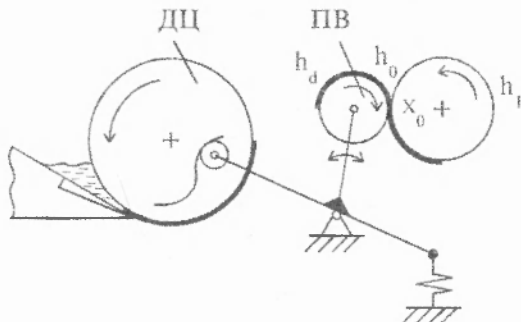


Рис. 1. Схема роботи передавального валика

Процес розкочування і передачі фарби у фарбоживильній групі в часовій формі запису з використанням дискретного часу  $t=nT$  відображає система рівнянь

$$\begin{aligned}
 x_o(t) &= h_o(t) + l_o(t) \\
 x_o^*(t) &= x_o(t - nT) \\
 h_{no}(t) &= \alpha_o [x_o(t - nT) - x_o(t - nT - T_a)] \\
 h_o(t) &= h_{no}(t - T_{po}) \\
 x_a(t) &= h_o(t) + h_1(t) \\
 x_a^*(t) &= x_a(t - nT) \\
 l_{no}(t) &= (1 - \alpha_1) [x_a(t - nT) - x_a(t - nT - T_a)] \\
 l_o(t) &= l_{no}(t - T_{ro}) \\
 h_{a1}(t) &= \alpha_1 [x_a(t - nT) - x_a(t - nT - T_a)] \\
 h_1(t) &= h_{a1}(t - T_1),
 \end{aligned} \tag{1}$$

де  $h_o$  – товщина шару фарби на дукторному циліндрі;  $x_o$ ,  $x_a$  – товщина шару фарби в точках контакту передавального валика, відповідно, з дукторним циліндром і з першим валиком розкочувальної групи;  $h_{no}$ ,  $h_0$  – товщина шару фарби на передавальному валику, відповідно, після виходу із зони контакту з дукторним циліндром і після його переміщення до зони контакту з першим

валиком;  $l_{no}$ ,  $l_o$  – товщина шару фарби на передавальному валіку, відповідно, після виходу із зони контакту з першим валіком розкочувальної групи та після його переміщення до дукторного циліндра;  $h_{o1}$ ,  $h_1$  – товщина шару фарби на першому валіку розкочувальної групи, відповідно, після виходу із зони контакту з передавальним валіком і перед входом у неї;  $\alpha_o$ ,  $\alpha_1$  – коефіцієнти ділення шару фарби між передавальним валіком і дукторним циліндром та передавальним валіком і валіком розкочувальної групи;  $T_o$  – умовний час переміщення твірної дукторного циліндра на відстань, що відповідає ширині смужки фарби, яку забирає передавальний валік;  $T_o$  – умовний час переміщення передавального валіка разом з першим валіком розкочувальної групи;  $T_{no}$  – сумарний час, що складається з часу вистоювання передавального валіка біля дукторного циліндра та часу переміщення його до першого валіка;  $T_{ro}$  – час переміщення передавального валіка від першого валіка розкочувальної групи до дукторного циліндра і час вистоювання його біля циліндра до початку руху останнього;  $T_1$  – час, протягом якого валік розкочувальної групи здійснює один оберт.

Система рівнянь (1) описує процес передачі фарби в розкочувальну групу за допомогою часових функцій із зміщеним аргументом і є незручною для аналізу та цифрового моделювання. Тому для полегшення математичного опису застосуємо операторний метод, перетворивши систему рівнянь [1] за допомогою перетворень Лапласа при нульових початкових умовах:

$$x_o(s) = h_o(s) + l_o(s)$$

$$x_o^*(s) = L\{x_o(t - nT)\}^*$$

$$h_{no}(s) = \alpha_o \frac{1 - e^{-T_o s}}{s} x_o^*(s)$$

$$h_o(s) = e^{-T_{ro} s} h_{no}(s)$$

$$x_o(s) = h_o(s) + h_1(s)$$

$$x_o^*(s) = L\{x_o(t - nT)\}^*$$

---

\* Зірочками позначені товщина шарів фарби в дискретні моменти часу.

$$\begin{aligned}
 l_{no}(s) &= (1 - \alpha_1) \frac{1 - e^{-T_a s}}{s} x_o^*(s) \\
 l_o(s) &= e^{-T_{ro} s} l_{no}(s) \\
 h_{o1}(s) &= \alpha_1 \frac{1 - e^{-T_a s}}{s} x_o^*(s) \\
 h_1(s) &= e^{-T_1 s} h_{o1}(s).
 \end{aligned} \tag{2}$$

На підставі системи рівнянь побудовано структурну схему дискретно-аналогової моделі роботи передавального валика (рис.2).

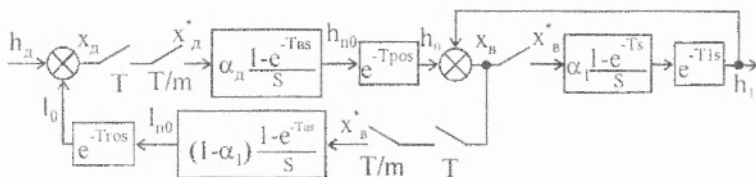


Рис. 2. Структурна схема моделі передавального валика

Для спрощення задачі аналізу та дослідження роботи фарбоживильної групи за допомогою ЕОМ перейдемо до дискретної моделі, використавши z-перетворення [4].

За структурною схемою визначимо дискретну передавальну функцію приведеної неперервної частини для прямої передачі фарби передавальним валиком

$$P_o(z) = \frac{h_o(z)}{x_o(z)} = Z \left\{ \alpha_o \frac{1 - e^{-T_a s}}{s} e^{-T_{ro} s} \right\}. \tag{3}$$

Спочатку розглянемо випадок, коли  $T_a = T_{ro} = T$ . Тоді на підставі таблиці z-перетворень і теореми зміщення [2]

$$P_o(z) = \frac{z - 1}{z} \left\{ \frac{z}{z - 1} \alpha_o z^{-1} \right\}. \tag{4}$$

Після перетворень

$$P_o(z) = \alpha_o z^{-1}. \quad (5)$$

Аналогічно отримаємо дискретну передагочну функцію неперервної частини для зворотної передачі фарби передавальним валиком від першого валика розкочувальної групи на дукторний циліндр при умові, що  $T_a = T_m = T$ .

$$R_o(z) = \frac{l_o(z)}{x_o(z)} = (1 - \alpha_1) z^{-1}. \quad (6)$$

Дискретна передагочна функція передачі фарби першим валиком при умові, що  $T_f = T$ , матиме такий вигляд:

$$P_1(z) = \frac{h_1(z)}{x_a(z)} = \alpha_1 \cdot z^{-1}. \quad (7)$$

На підставі залежностей (3)–(7) побудовано структурну схему дискретної моделі роботи передавального валика (рис.3).

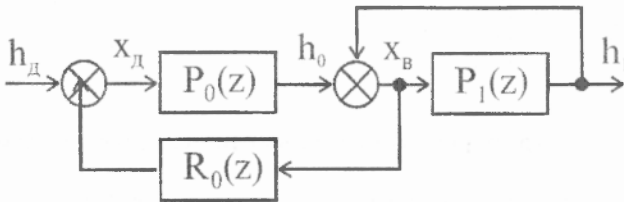


Рис. 3. Структурна схема дискретної моделі передавального валика

Зазначимо, що ця модель описує передачу фарби передавальним валиком з дукторного циліндра в розкочувальну групу тільки в дискретні моменти часу  $t = nT$ .

Застосуємо цей підхід до математичного опису роботи фарбоживильного пристрою, що складається з передавального і приймального валиків різних діаметрів, коли цикл роботи передавального валика і час одного оберту першого валика розкочувальної групи мають різні значення. Для цього приймемо, що час квантування менший за час півоберту приймального валика і введемо відносний час, який подамо таким чином:

$$v = \frac{T_a}{T}; \quad a = \frac{T_a}{T}; \quad P_o = \frac{T_{po}}{T}; \quad r_o = \frac{T_{ro}}{T}; \quad P_1 = \frac{T_1}{T}.$$

Слід зазначити, що відносний час відповідає довжині шляху, який проходять потоки фарби по поверхні валиків у прямому і зворотному напрямках, в умовних одиницях.

Після введення відносного часу визначимо дискретну передаточну функцію приведені неперервної частини для прямої передачі фарби передавальним валиком

$$P_o(z) = Z \left\{ \alpha_o \frac{1 - e^{-a \cdot T \cdot s}}{s} e^{-P_o \cdot T \cdot s} \right\}. \quad (8)$$

Записавши цей вираз як

$$P_o(z) = Z \left\{ \alpha_o (1 - e^{-a \cdot T \cdot s}) \frac{e^{-P_o \cdot T \cdot s}}{s} \right\} \quad (9)$$

і перетворивши його, дістанемо

$$P_o(z) = \alpha_o \frac{(1 - z^{-a}) z^{-(P_o-1)}}{z-1}. \quad (10)$$

Якщо цикл роботи передавального валика дорівнює  $T_y = m_o T$ ,  $m_o$  – ціле дійсне число (кратне квантуванню), то для визначення  $z$ -перетворення використаємо метод дробного квантування [3]. Замінивши період  $T$  на  $(T_y/m_o)$  і  $z$  на  $z^{1/m_o}$ , з виразу (10) отримаємо

$$P_o(z)_{m_o} = \alpha_o \frac{(1 - z^{-a/m_o}) z^{-(P_o-1)/m_o}}{(z^{1/m_o} - 1)}. \quad (11)$$

Введемо нову змінну  $z = z^{1/m_o}$ , оскільки показник степеня при змінній  $z$  у виразі (11) є дріб, що затруднює процес аналізу.

Тоді вираз (11) набуде вигляду

$$P_o(z)_{m_o} = \alpha_o \frac{(1 - z^{-a \cdot m_o}) z^{-(P_o-1) \cdot m_o}}{(z-1)}. \quad (12)$$

Так само знайдемо дискретну передаточну функцію зворотної передачі фарби від розкочувальної групи до дукторного циліндра:

$$R_o(z)_{mo} = (1 - \alpha_1) \frac{(1 - z^{-a \cdot mo}) z^{-(r_o - 1)mo}}{(z - 1)}. \quad (13)$$

Дискретна передаточна функція передачі фарби першим валіком розкочувальної групи, яку отримаємо в результаті перетворень, матиме такий вигляд:

$$P_1(z)_{mo} = \alpha_1 \cdot e^{-P_1 \cdot mo}. \quad (14)$$

Запропонована модель передавального валіка наочно відображає процес подачі фарби від дукторного циліндра до розкочувальної групи фарбового апарата і є зручною для дослідження за допомогою ЕОМ, оскільки процеси, що протікають, подані в дискретній формі. Крім того, результати даної роботи можуть служити основою для дослідження всієї фарбоживильної системи.

1. Алексеев Г.А. Красочные аппараты ротационных машин высокой и плоской печати. М., 1980. 2. Джон М. Смит. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей: Пер. с англ. М., 1980. 3. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. М., 1986. 4. Рабинер А., Голд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. М., 1978.

Стаття надійшла до редколегії 28.01.2000