

ВИДОВЖЕННЯ СТРІЧКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РОЗМОТУВАННІ З РУЛОНІВ НА РУЛОННИХ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИНАХ

У рулонних поліграфічних машинах в процесі виконання тих чи інших технологічних операцій (друк, обробка задрукованої стрічки та ін.) внаслідок впливу різноманітних збурюючих факторів виникає зміна деформації стрічки. В результаті того, а також можливої неузгодженості руху стрічковедучих і робочих механізмів спостерігається зміщення стрічки відносно робочих механізмів, що призводить до суцільного браку готової продукції. У зв'язку з тим постає завдання суміщення технологічних операцій, що виконуються на стрічці, або так званої поздовжньої приводки стрічки.

Для аналізу процесів, які викликають неспівпадання технологічних операцій, розглянемо просту модель руху та деформації стрічкового матеріалу на рулонній поліграфічній машині (наприклад, палітуркоробній), функціональна схема якої наведена на рис.1. Задрукована стрічка розмотується стрічковедучими парами з рулону радіусом R_0 зі сталою лінійною швидкістю V_0 . Припускаємо, що стрічка є абсолютно пружною. Масу та радіус рулону вважаємо незмінними.

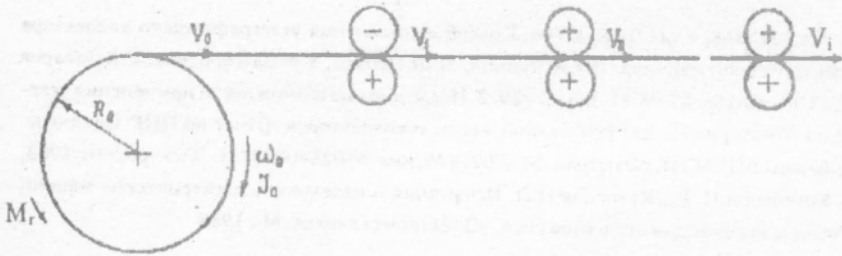


Рис.1. Функціональна схема машини.

Запишемо рівняння руху рулону [3]

$$J_0 \frac{d\omega_0}{dt} = M_p - M_r - M_n, \quad (1)$$

де ω_0 і J_0 — кутова швидкість і момент інерції рулону; M_r — гальмівний момент на валу рулону.

Рушійний момент M_p , прикладений до рулону, створюється за рахунок сили натягу F стрічки і визначається за формулою

$$M_p = F R_0. \quad (2)$$

Момент навантаження M_n , який виникає за рахунок сил опору в опорах вала рулону, рахуємо в першому наближенні пропорційним кутовій швидкості рулону

$$M_n = \alpha_0 \omega_0, \quad (3)$$

де α_0 — коефіцієнт пропорційності.

Лінійна швидкість точки розмотування рулону

$$V_0 = \omega_0 R_0. \quad (4)$$

За законом Гука силу натягу F стрічки при квазістатичному процесі приймаємо пропорційною його видовженню

$$F = \Delta l_1 c, \quad (5)$$

де Δl_1 — абсолютне видовження стрічки на ділянці рулон — перша стрічковедуча пара; c — жорсткість стрічкового матеріалу.

Опис поведінки ділянки з пружною стрічкою при наявному постійному натягу з врахуванням видовження на попередній ділянці здійснюється відомим диференціальним рівнянням [1]

$$T_1 \frac{d\varepsilon_1}{dt} + \varepsilon_1 = \varepsilon_0 (t - T_1) + \frac{\Delta V_1}{V_1} + \varepsilon_{fl}, \quad (6)$$

де T_1 — стала часу першої стрічковідної ділянки; ε_1 — відносне видовження стрічки, спричинене силою натягу F ; V_1 — лінійна швидкість першої стрічковедучої пари; ΔV_1 — приріст лінійної швидкості на першій ділянці; ε_{fl} — відносне видовження стрічки, спричинене різноманітними збуреннями на ділянці; ε_0 — початкове відносне видовження стрічки до її надходження на першу ділянку. Зауважимо, що $(t - T_1)$ є аргументом, який виражає запізнення функції ε_0 на час T_1 .

Використовуючи перетворення Лапласа [2], запишемо рівняння (6) в операторній формі

$$(T_1 s + 1) \varepsilon_1 = \varepsilon_0 e^{-T_1 s} + \frac{\Delta V}{V_1} + \varepsilon_{fl}. \quad (7)$$

Рівняння, що характеризує зміну пружного стану стрічки на другій ділянці, запишемо так:

$$(T_2 s + 1) \varepsilon_2 = \varepsilon_1 e^{-T_2 s} + \frac{\Delta V_2}{V_2} + \varepsilon_{\text{п}}. \quad (8)$$

Аналогічно для i -ої ділянки

$$(T_i s + 1) \varepsilon_i = \varepsilon_{i-1} e^{-T_i s} + \frac{\Delta V_i}{V_i} + \varepsilon_{\text{п}}. \quad (9)$$

Нехтуючи проковзуванням стрічки в зоні контакту із стрічковедучими парами, запишемо його абсолютне видовження на першій ділянці за час $t = T_1$

$$\delta_{10} = V_1 \int_0^{T_1} \varepsilon_1(t) dt. \quad (10)$$

Проінтегрувавши вираз (10) за формулою Ньютона—Лейбніца [5] та використавши перетворення Лапласа, отримаємо

$$\delta_{10} = \frac{V_1}{s} (\varepsilon_1 - \varepsilon_0 e^{-T_1 s}). \quad (11)$$

Аналогічно запишемо в операторній формі абсолютне видовження стрічки на другій ділянці

$$\delta_{21} = \frac{V_2}{s} (\varepsilon_2 - \varepsilon_1 e^{-T_2 s}). \quad (12)$$

Для i -ої ділянки

$$\delta_{i(i-1)} = \frac{V_i}{s} (\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1} e^{-T_i s}). \quad (13)$$

Для визначення абсолютного видовження стрічки на будь-якій ділянці необхідно враховувати його видовження на попередніх ділянках, зміщене на відповідний час транспортного запізнення $t = T_i$. Отже, після другої ділянки

$$\delta_{20} = \delta_{21} + \delta_{10} e^{-T_2 s}. \quad (14)$$

Аналогічно абсолютне видовження стрічки після i -ої ділянки

$$\delta_{i0} = \delta_{i(i-1)} + \delta_{(i-1)0} e^{-T_i s}. \quad (15)$$

На підставі рівнянь (1)—(15) побудована структурна схема моделі руху та деформації стрічки на ролонній машині (рис.2).

За структурною схемою знайдемо залежність зображення відносної $\varepsilon_1(s)$ деформації стрічки на ділянці ролон — перша стрічковедуча

пара від гальмівного моменту M_r , на валу ролону

$$\varepsilon_1(s) = \frac{R_0 \frac{1}{J_0 s + \alpha_0} \frac{1}{T_1 s + 1} \frac{1}{V_1}}{1 + \frac{1}{J_0 s + \alpha_0} \frac{1}{T_1 s + 1} \frac{1}{V_1} R_0^2 c l_1} M_r(s). \quad (16)$$

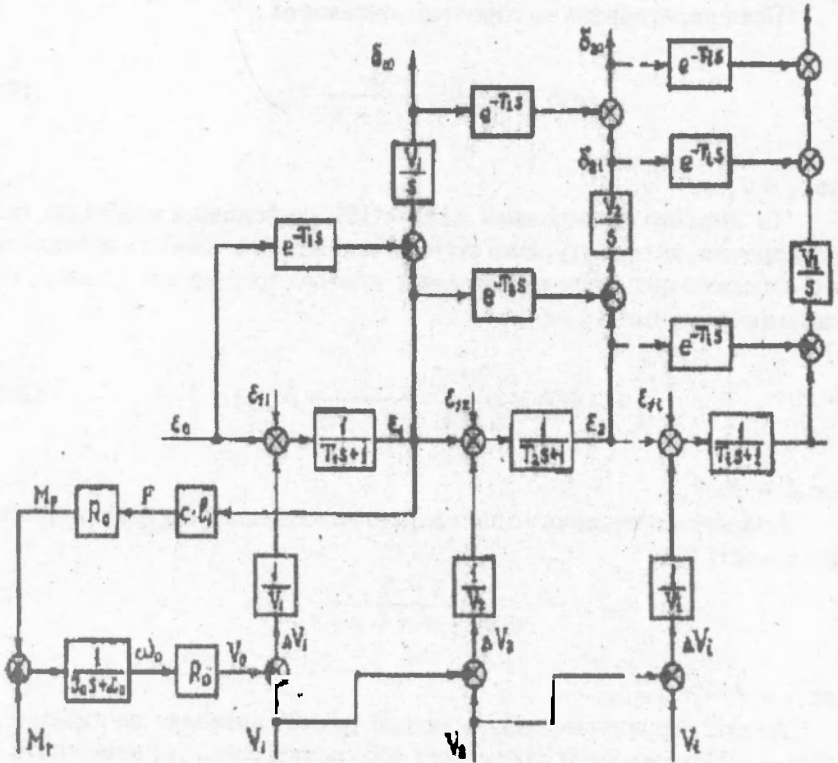


Рис. 2. Структурна схема моделі.

Після проведених перетворень дістанемо:

$$\varepsilon_1(s) = \frac{b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0} M_r(s), \quad (17)$$

де $a_2 = V_1 J_0 T_1$; $a_1 = V_1 \alpha_0 T_1 + V_1 J_0$; $a_0 = V_1 \alpha_0 + R_0^2 c l_1$; $b_0 = R_0$

Аналогічно знайдемо залежність $\varepsilon_1(s)$ від лінійної швидкості V_1 першої стрічковедучої пари

$$\varepsilon_1(s) = \frac{\frac{1}{T_1 s + 1} \frac{1}{V_1}}{1 + \frac{1}{J_0 s + \alpha_0} \frac{1}{T_1 s + 1} \frac{1}{V_1} R_0^2 c l_1} V_1(s). \quad (18)$$

Після перетворень та спрощень одержимо

$$\varepsilon_1(s) = \frac{c_1 s + c_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0} V_1(s), \quad (19)$$

де $c_1 = J_0$; $c_0 = \alpha_0$.

По аналогії з виразами (16)—(19), здійснивши необхідні перетворення, за структурною схемою знайдемо залежність зображення абсолютного видовження $\delta_{10}(s)$ стрічки на першій ділянці від гальмівного моменту M_r

$$\delta_{10}(s) = \frac{d_0}{(a_2 s^2 + a_1 s + a_0)s} M_r(s), \quad (20)$$

де $d_0 = R_0 V_1$.

Аналогічно визначимо залежність видовження $\delta_{10}(s)$ від лінійної швидкості V_1

$$\delta_{10}(s) = \frac{f_1 s + f_0}{(a_2 s^2 + a_1 s + a_0)s} V_1(s), \quad (21)$$

де $f_1 = J_0 V_1$, $f_0 = \alpha_0 V_1$.

Аналіз структурної схеми моделі (рис.2) дозволяє по аналогії з (16)—(21) визначити залежність абсолютного $\delta_{i(i-1)}$ і відносного ε_i видовження стрічки від гальмівного моменту M_r та лінійної швидкості V_i робочих секцій на будь-якій ділянці машини.

Таким чином, абсолютне видовження стрічки, що викликане зміною швидкості секцій машини та гальмівного моменту на валу рулону, носить інтегральний характер. Це свідчить про постійне накопичення величини несуміщення технологічних операцій, які виконуються на стрічковому матеріалі, що зрештою призводить до суцільного браку готової продукції. Тому рулонні поліграфічні машини, наприклад, палітурко- і конверторобні та інші, які працюють із застосуванням попередньо задрукованого стрічкового матеріалу, слід оснащувати системами автоматичного регулювання приводкою. Основою для розробки й подальшого аналізу таких систем за допомогою ЕОМ є побудовані математичні і структурні моделі руху та де-

формації стрічкового матеріалу на рулонних поліграфічних машинах.

1. Избицкий Э.И. Импульсное регулирование движения ленточного материала. М., 1970. Вып. 416.
2. Казакевич В.В., Избицкий Э.И. Системы автоматического управления полиграфическими процессами. М., 1978.
3. Луцків М.М. Системи автоматичного керування ротаційними машинами з пружними зв'язками: Навч. посібник. К., 1991.
4. Митрофанов В.П. Элементы теории и расчета рулонных печатных машин: Учебное пособие. М., 1984.
5. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов, т.1: Учебное пособие для втузов. М., 1985.

Стаття надійшла до редколегії 20.01.95.