

С.Келані

МОДЕЛЬ ДИСКРЕТНОГО РУХУ СТРІЧКИ НА ПАЛІТУРНОРОБНІЙ МАШИНІ

Для виробництва палітурок широко використовують високопродуктивні машини КД-3М, на яких виготовляються напівфабрикати. Перспективним є вдосконалення палітурноробної машини з метою виготовлення палітурок в єдиному машинному технологічному циклі шляхом застосування попередньо задрукованого стрічкового обкладинкового матеріалу. При цьому виникають ряд специфічних технічних та технологічних задач пов'язаних із суміщенням технологічних операцій.

Однією із важливих задач є динаміка дискретного руху стрічкового обкладинкового матеріалу. Окремі питання динаміки руху обкладинкового матеріалу на машині КД-3М розглянуті в роботі [2, с. 27]. Прості математичні та структурні моделі процесу позиціонування обкладинкового матеріалу розглянуті в роботі [1, с. 71]. Для більш повного аналізу динаміки стрічки і для розрахунку систем автоматичної приводки потрібний більш повний математичний опис дискретного процесу переміщення стрічки на палітурноробній машині, який розглядається нижче.

На рис. 1 показана спрощена схема палітурноробної машини. Каретка подачі К машини здійснює зворотньо-поступовий рух від шестиланкового механізму приводу каретки. На початку робочого ходу механізм притиску захоплює стрічку і переміщає її впра-

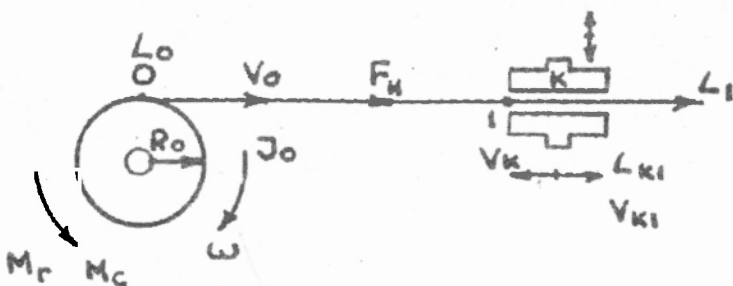


Рис. 1. Спрощена схема палітурноробної машини.

во. В кінці робочого ходу механізм притискує стрічку і каретка здійснює холостий хід. При холостому ході каретки вліво стрічка не переміщається. Частина технологічних операцій виконується під час руху стрічки, а частина - при нерухомій стрічці. Правий кінець стрічки під дією каретки здійснює дискретний рух і поступово циклічно розмотується із рулона.

Стрічка є пружним матеріалом, рулон має інерційні властивості, які характеризуються моментом інерції. До рулона прикладений гальмівний момент для створення натягу стрічки. При розмотуванні рулона виникають сили тертя. Циклічний рух стрічки спричиняє рух рулона за інерцією, що ускладнює динаміку стрічки і створює несприятливі умови для процесу виготовлення палітурок. Всі ці та інші фактори впливають на точність виготовлення палітурок.

При математичному описі приймаємо ряд допущень та положень: при натязі стрічка є пружним матеріалом, для якого справедливий закон Гука; вагою стрічки і її аеродинамічними властивостями нехтуємо; процес деформації стрічки проходить подібно до квазістатичного процесу, тобто всі ділянки стрічки деформуються одночасно і рівномірно; сили опору при переміщенні стрічки по напрямках машини не враховуємо. Значний вплив на динамічні процеси мають сили зовнішнього тертя в опорах і гальмі рулона та сили внутрішнього вязкого тертя стрічки.

Опис виконуємо для малого проміжку часу, для якого знехтуємо зміною радіуса і зміною моменту інерції рулона. При таких допущеннях запишемо рівняння руху рулона

$$J_0 = \frac{d\omega}{dt} = M_H - M_C - M_G, \quad (1)$$

де J_0 - момент інерції рулона, ω - кутова швидкість, M_H - момент пружних сил стрічки, M_C - момент сил тертя в опорах і гальмі рулона, M_G - гальмівний момент, який створює гальмо.

Переходячи до операторної форми запису із (1) матимемо

$$\omega = \frac{1}{I_0 s} (M_H - M_C - M_T), \quad (2)$$

Сили і момент сил тертя приймемо вязкими і лінійно залежними від швидкості

$$M_C = \alpha \omega, \quad (3)$$

де α - коефіцієнт пропорційності.

Момент пружних сил стрічкового матеріалу

$$M_H = (F_H - F_T) R_0, \quad (4)$$

де R_0 - радіус рулона.

При дискретному русі стрічки сила натягу існує при робочому ході каретки, а при зворотному ході - відсутня. Тому силу натягу опишемо нелінійним рівнянням

$$F_H = \psi(\Delta l) c (L_{k_1} - L_0) = \psi(\Delta l) c \Delta l \quad (5)$$

де c - еквівалентна жорсткість стрічки обкладинки, $\Delta l = L_{k_1} - L_0$ - деформація стрічки в точці 1, L_{k_1} - переміщення каретки при робочих ходах, L_0 - лінійне переміщення стрічки в точці розмотування 0.

Нелінійна одинична функція, яка визначає відсутність сили натягу стрічки під час холостого ходу

$$\begin{aligned} \psi(\Delta l) &= 1 \quad \text{при } \Delta l \geq 0 \\ \psi(\Delta l) &= 0 \quad \text{при } \Delta l \leq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Переміщення каретки в точці 1 при робочих ходах каретки

$$L_{k_1} = \psi \int V_k dt, \quad (7)$$

де V_k - швидкість каретки.

Або в операційній формі запису

$$L_{k_1} = \psi \frac{1}{s} V_k. \quad (8)$$

Нелінійна одинична функція, яка визначає відсутність швидкості стрічки в точці 1 при холостому ході каретки

$$\begin{aligned} \psi &= 1 \quad \text{при } V_k \geq 0 \\ \psi &= 0 \quad \text{при } V_k \leq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Переміщення стрічки в точці 0 при розмотуванні рулона

$$L_0 = \int V_0 dt, \quad (10)$$

де V_0 - лінійна швидкість стрічки в точці 0.

Переходячи до операційної форми запису, матимемо

$$L_0 = \frac{1}{s} V_0. \quad (11)$$

Сили внутрішнього вязкого тертя приймемо пропорційними різниці швидкості деформації стрічкового матеріалу

$$F_T = \psi(\Delta l) \beta (V_{k_1} - V_0) \quad (12)$$

де β - коефіцієнт пропорційності.

Переміщення стрічки в точці 1

$$L_1 = L_{k_1} + \Delta l \quad (13)$$

На основі записаних рівнянь на рис. 2 побудована структурна схема моделі дискретного руху стрічки на палітурноробній машині. Таким чином система рулон-стрічка-подаюча каретка є складною механічною системою із пружним зв'язком. Структурна схема моделі рис. 2 є базою дослідження і розробки систем приводки обкладинки.

Закон зміни швидкості каретки, або закон руху каретки визначається кінематикою механізму приводу каретки. Розглянемо загальні властивості системи рулон-стрічка-подача каретка як лінійної механічної системи. Нехай в початковому стані рулон знаходиться в стані спокою, а стрічка не провисаючи вільно займає вихідне положення. За структурною схемою запишемо залежність зображення деформації стрічки від швидкості каретки для першого робочого ходу каретки при малих змінах швидкості при умові, що $\psi(\Delta l) = 1$

$$\Delta l(s) = \left[\frac{1}{s} \left(1 + \frac{\beta R_0^2}{J_0 s + \alpha_0} \right) + \frac{\beta R_0^2}{S(J_0 s + \alpha_0)} \right] \Delta^{-1}(s) v_k(s) \quad (14)$$

Визначник структурної схеми моделі

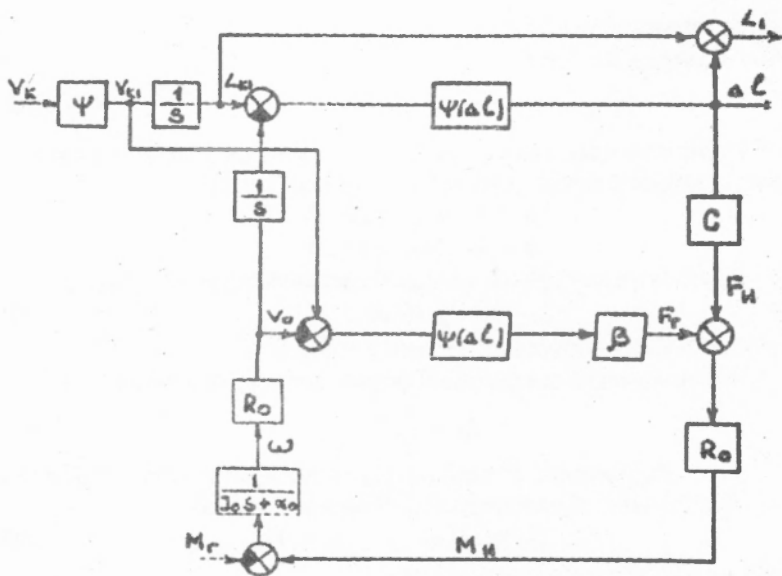


Рис. 2. Структурна схема моделі дискретного руху стрічки на палітурноробній машині.

$$\Delta(s) = 1 + \frac{\beta R_o^2}{J_o s + \alpha_o} + \frac{c R_o^2}{(J_o s + \alpha_o) s} \quad (15)$$

Після підстановки і перетворень [14] матимемо

$$\Delta l(s) = \frac{J_o s + \alpha_o + 2 \beta R_o^2}{J_o s^2 + (\alpha_o + \beta R_o^2) s + c R_o^2} V_k(s) \quad (16)$$

Характеристичне рівняння моделі

$$J_o s^2 + (\alpha_o + \beta R_o^2) s + c R_o^2 = 0 \quad (17)$$

Корені характеристичного рівняння

$$s_{1,2} = \frac{\alpha_o + \beta R_o^2}{2 J_o} \pm \sqrt{\left(\frac{\alpha_o + \beta R_o^2}{2 J_o}\right)^2 + \frac{c R_o^2}{2 J_o}} \quad (18)$$

Аналіз показує, що визначник (18) є від'ємний, тому корені характеристичного рівняння будуть комплексні і перехідні, процеси в системі будуть мати коливний затухаючий характер.

Ступінь затухання визначається параметрами стрічки та рулона (β , α_o , R_o , J_o).

При таких же початкових умовах запишемо залежність деформації стрічки від гальмівного моменту в зображеннях

$$\Delta l(s) = \frac{R_o^2}{(J_o s + \alpha_o) s} \Delta^{-1}(s) M_\Gamma(s), \quad (19)$$

після перетворення з врахуванням (15)

$$\Delta l(s) = \frac{R_o}{J_o s^2 + (\alpha_o + \beta R_o^2) s + c R_o^2} M_\Gamma(s) \quad (20)$$

Прийнявши оператор S рівним нулеві, із (20) отримаємо відому залежність деформації від гальмівного моменту в статичному режимі

$$\Delta l = \frac{1}{c R_o} M_\Gamma \quad (21)$$

Для дослідження дискретного руху стрічки на ЕОМ на базі структурної моделі на рис. 2 побудована цифро-аналогова модель, на основі якої складено алгоритм і програма дослідження з врахуванням нелінійних функцій. Попередні дослідження моделей на ЕОМ показали, що перехідні процеси є коливними, а переміщення стрічки в точці 1 в кінці робочого ходу залежить від ступеня затухання і періоду цикла переміщення каретки.

Отримані моделі послужать основою для досліджень і розробки систем автоматичної приводки обкладинки палітурноробних машин.

1. Луцків М.М., Музичин О.Е. Математичні та структурні моделі процесу задрукування і позиціонування покрівного матеріалу на кришкоробній машині // Поліграфія і видавнича справа. 1987, № 23. С. 69-73. 2. Самсонов Ю.М., Гарцман И.Б. Динамика полотна в крышкоделательной машине // Теоретические и прикладные основы создания современного брошюровочно-переплетного оборудования. Сб.н.т. ВНИИ полиграфмаша. 1986. С. 23-30.

Стаття надійшла до редколегії 12.01.93.