



УДК 686.12.05

М. М. ЛУЦКІВ, О. Е. МУЗИЧИН

**МАТЕМАТИЧНІ ТА СТРУКТУРНІ МОДЕЛІ
ПРОЦЕСУ ЗАДРУКОВУВАННЯ
І ПОЗИЦІОНУВАННЯ
ПОКРІВНОГО МАТЕРІАЛУ
НА КРИШКОРОБНІЙ МАШИНИ**

Одним з найбільш трудомістких процесів у брошуровально-палітурному виробництві є виготовлення палітурних кришок. Для виробництва кришок використовують високопродуктивні машини типу КД-3 [1]. Однак вони мають недолік — необхідність накладання на готові кришки покрівного матеріалу.

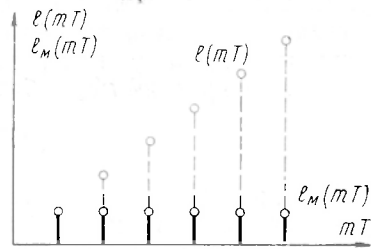
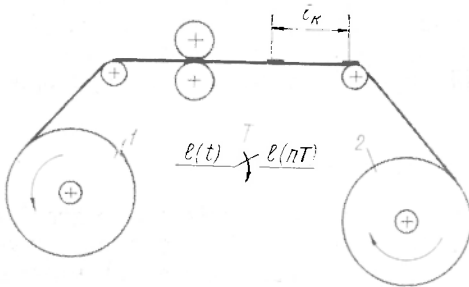


Рис. 1. Спрощена схема друкарської машини для задрукування покрівного матеріалу.

Рис. 2. Графіки дискретних функцій.

Виготовляти палітурні кришки на існуючих машинах типу КД-3 за новою технологією з попередньо задрукованим покрівним матеріалом неможливо, тому що відбувається зміщення відбитку на покрівному матеріалі відносно картонних сторінок, що призводить до браку продукції. Для впровадження нової технології необхідно створити систему автоматичної приводки покрівного матеріалу і картонних сторінок, оскільки системи з ручним управлінням не забезпечують потрібної точності приводки.

На рис. 1 показана спрощена схема друкарської машини для задрукування покрівного матеріалу та намотування його в ролон. Покрівний матеріал розмотується з рулона 1 і подається в друкарський апарат ДА, де здійснюється задрукування рисунка. Після цього покрівний матеріал намотується в ролон 2.

Для контролю розміщення рисунка на покрівному матеріалі задруковують контрольні мітки, відстань між якими l_m . Відстань l_m між мітками однозначно і достатньо характеризує задрукований матеріал і для типового формату палітурок є величиною заданою.

Процес задрукування рисунка та мітки на покрівному матеріалі — процес дискретний, тому для його опису використаємо математичний апарат дискретних функцій [2, 3]. Приймаючи, що ширина мітки дорівнює нулеві, запишемо рівняння, яке описує задрукування міток на покрівному матеріалі,

$$l^*(t) = \sum_{n=0}^{\infty} l(nT) \delta(t - nT), \quad (1)$$

де $l^*(t)$ — імпульсна послідовність відстаней до задрукованої мітки; $l(nT)$ — відстань до задрукованої мітки в моменті часу nT , коли відбувається задрукування; n — послідовний номер мітки; T — період обертання друкарського апарату; $\delta(t - nT)$ — зміщена на час nT дельта-функція.

Ідеальний імпульсний друкарський апарат (рис. 1) послідовно наносить мітки на покрівний матеріал з періодом T , який дорівнює періоду обертання друкуючого апарата.

Описати процес задрукування покрівного матеріалу можна також за допомогою більш простих решітчастих функцій, які існують тільки при дискретних значеннях аргумента [2, 3]. Для отримання решітчастої функції $l(nT)$ -відстані до задрукованої мітки необхідно у неперервній функції замінити неперервний час t на дискретний nT , тобто

$$l(nT) = l(t) |_{t=nT}. \quad (2)$$

Основна характеристика задрукованого покрівного матеріалу — це відстань між мітками (крок мітки) l_m після задрукування по всій довжині матеріалу, яку за аналогією з (1) можна представити у вигляді імпульсної послідовності

$$l_m^*(t) = \sum_{n=0}^{\infty} l_m(nT) \delta(t - nT). \quad (3)$$

Використовуючи решітчасті функції (2), записуємо відстані між мітками після задрукування

$$l_m(nT) = l_m(t) |_{t=nT}. \quad (4)$$

Крок міток l_m для певного формату заданий і може не дуже відхилятися від цього значення вздовж покрівного матеріалу внаслідок умов задрукування, натягу, вологості тощо.

Відстань $l(nT)$ до задрукованої мітки (2) можна виразити через крок міток $l_m(nT)$. Якщо задрукування міток проводиться послідовно з періодом T і з відстанню між мітками $l_m(nT)$, то,

виконуючи послідовні обчислення для часу nT , $n=0, 1, 2, 3 \dots$, отримуємо

$$\begin{aligned} l(0) &= 0, \\ l(1T) &= l_m(1T), \\ l(2T) &= l_m(1T) + l_m(2T), \\ l(3T) &= l_m(1T) + l_m(2T) + l_m(3T), \\ &\dots \end{aligned}$$

$$l(mT) = l_m(1T) + l_m(2T) + l_m(3T) + \dots + l_m(mT). \quad (5)$$

Відстань $l(mT)$ для довільної мітки

$$l(mT) = \sum_{m=0}^m l_m(mT). \quad (6)$$

Графіки дискретних функцій (4) і (6) показані на рис. 2. Розроблені математичні моделі враховують основні параметри процесу задрукування покрівного матеріалу та відображають його суттєві властивості.

Задрукований рулонний покрівний матеріал використовують для виготовлення палітурних кришок за новою технологією на кришкоробних машинах. Процес переміщення та наступного вистоя на технологічних позиціях (позиціонування) попередньо задрукованого покрівного матеріалу на кришкоробній машині є складним багатоопераційним дискретним процесом. Позиціонування покрівного матеріалу здійснюється з допомогою каретки машини, якій надає зворотнопоступового руху шестиланковий механізм привода машини [1].

Спрощена схема позиціонування задрукованого покрівного матеріалу на кришкоробній машині показана на рис. 3. На по-

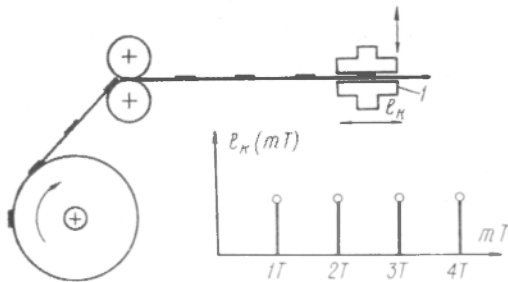


Рис. 3. Спрощена схема позиціонування задрукованого покрівного матеріалу на кришкоробній машині.

чатку робочого ходу каретка l захоплює покрівний матеріал і переміщає його вперед.

Вважаємо, що в результаті позиціонування покрівний матеріал не деформується і не проковзує відносно каретки, а під час холостого ходу строго займає положення, яке мав покрівний матеріал у момент кінця робочого ходу каретки.

Положення покрівного матеріалу $l_n(nT)$ у кінцеві моменти часу робочого ходу каретки відносно нерухомої основи машини за аналогією з (2) можна описати за допомогою решітчастої функції

$$l_n(nT) = l(t) \big|_{t=nT}, \quad (7)$$

де T — період ходу каретки.

Якщо процес переміщення каретки під час її робочого ходу фіксувати тільки у момент кінця робочого ходу, а переміщення оцінювати довжиною (кроком) ходу каретки l_k у дискретні моменти часу, то процес переміщення каретки визначається решітчастою функцією

$$l_k(nT) = l_k(t) \big|_{t=nT}. \quad (8)$$

Крок каретки для певного формату заданій і може незначно змінюватися та дрейфувати у процесі роботи машини внаслідок різних причин і умов. Графік решітчастої функції (8) переміщення каретки показаний на рис. 3.

Положення покрівного матеріалу $l_n(nT)$ відносно нерухомої основи машини (7) у процесі позиціонування за аналогією з (6) виразимо через крок каретки $l_k(mT)$:

$$l_n(mT) = \sum_{m=0}^m l_k(mT). \quad (9)$$

На основі виразу процесу задрукування (2), що визначає відстані до задрукованих міток, і рівняння (7) процесу позиціонування, яке характеризує відстань до положення міток на машині, визначаємо основну похибку позиціонування попередньо задрукованого покрівного матеріалу на кришкоробній машині, вважаючи, що імпульсні послідовності $l(nT)$ і $l_n(nT)$ синхронні:

$$\Delta l_m(nT) = l_n(nT) - l(nT). \quad (10)$$

Виразимо відповідно $l(nT)$ і $l_n(nT)$ через крок мітки (6) і крок каретки (9). Тоді похибка позиціонування

$$\Delta l_m(mT) = \sum_{m=0}^m l_k(mT) - \sum_{m=0}^m l_m(mT). \quad (11)$$

Після перетворень

$$\Delta l_m(mT) = \sum_{m=0}^m [l_k(mT) - l_m(mT)]. \quad (12)$$

Таким чином, похибка процесу позиціонування попередньо задрукованого покрівного матеріалу на кришкоробній машині має інтегральний характер. Якщо крок каретки не дорівнює крокові мітки на покрівному матеріалі, то в процесі позиціонування покрівного матеріалу відбувається постійне накопичення похибки.

На основі рівняння (12) можна побудувати структурну дискретну модель процесу позиціонування покрівного матеріалу на

кришкоробній машині, яка включає в себе два ідеальних імпульсних ключі і дискретний суматор.

Для практичних розрахунків похибку позиціонування легко визначити залежно від числа m циклів роботи машини, прийнявши у (12) період $T=1$:

$$\Delta l_m(m) = \sum_{m=0}^m [l_k(m) - l_m(m)]. \quad (13)$$

Нехай, наприклад, крок каретки на 0,5 мм більше кроку мітки і постійний, тоді в (13) визначаємо похибку позиціонування

$$\Delta l_m(m) = l_m(0) + 0,5 \cdot 1 + 0,5 \cdot 2 + 0,5 \cdot 3 + \dots + 0,5 \cdot m. \quad (14)$$

Якщо вихідна похибка позиціонування $l_m(0)$ при налазці машини зведена до нуля, тоді похибка позиціонування

$$\Delta l_m(m) = 0,5 \cdot 1 + 0,5 \cdot 2 + 0,5 \cdot 3 + \dots + 0,5 \cdot m. \quad (15)$$

Таким чином, за перший цикл роботи машини похибка позиціонування 0,5 мм, за другий 1 мм, за десять 5 мм, а за сто 50 мм і т. д.

Якщо крок каретки більший кроку мітки, то при позиціонуванні відбувається поступовий «вигіб» мітки, а отже, і рисунка на палітурних кришках. Коли крок каретки менший кроку мітки, то відбувається поступове «відставання» рисунка на палітурках.

Експериментальні дослідження, проведені на кришкоробній машині типу КД-3, повністю підтвердили теоретичні дослідження. Отримані вирази для похибки позиціонування достатньо універсальні, дають змогу визначити похибку позиціонування при дії різних збурень, наприклад натягу покрівного матеріалу.

Відзначимо, що процес позиціонування покрівного матеріалу на кришкоробній машині як об'єкт управління є астатичним об'єктом. При наявності невеликих постійних збурень зі сторони каретки чи покрівного матеріалу об'єкт виходить з режиму рівноваги, похибка позиціонування має інтегральний характер і досягає недопустимого значення. Тому для впровадження нової технології виготовлення палітурних кришок кришкоробну машину потрібно заблокувати з системою автоматичної привідки, що зменшує похибку привідки до потрібної за технологічними нормами величини.

Побудовані математичні та структурні моделі процесу задрукування і позиціонування покрівного матеріалу на кришкоробній машині є основою для аналізу та розрахунку систем автоматичної привідки.

1. Белозерський А. К., Смирнов Г. П., Свиридов Н. М. Брошюровочно-переплетные машины. М., 1972. 2. Иванов В. А., Ющенко А. С. Теория дискретных систем автоматического управления. М., 1983. 3. Математические основы теории автоматического регулирования. М., 1977.

Mathematical models of covering material sealing process and the positioning process on its casemaking machine have been built. Expressions of the mistakes definitions positioning process have been determined.

Стаття надійшла до редколегії 10.04.86