

ПРИЛАДИ

УДК 677.055

В.Г. Здоренко, к.т.н., доц.

Київський державний університет технологій і дизайну

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ПОГОДЖЕНОСТІ РОБОТИ МЕХАНІЗМІВ
ПОДАЧІ ОСНОВИ ТА ВІДТЯЖКИ ПОЛОТНА
НА ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНІЙ МАШИНИ ПРИ НЕУСТАЛЕНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ**

У статті наведено результати досліджень по підвищенню погодженості роботи механізмів подачі основи на трикотажній машині та відтяжки готового полотна. Аналіз проведено на основі тримасової динамічної моделі, в результаті аналізу якої складено систему диференціальних рівнянь для пуску та зупинки трикотажної машини. Розглянуті основні способи забезпечення рівностей швидкості подачі основи та відтяжки готового полотна, показано перспективність застосування способу, який засновано на контролі значення поточного радіуса навою.

Непогодженість роботи механізмів подачі основи та відтяжки готового трикотажного полотна у період пуску та зупинки основов'язальної машини призводить до виникнення дефекту готової продукції – поперечної смугастості. Це пояснюється тим, що у період пуску швидкість відводу полотна перевищує швидкість подачі нитки у зону в'язання, а при зупинці (вибігу) спостерігається інша картина – швидкість подачі нитки перевищує швидкість відтяжки полотна. Така непогодженість призводить до зміни натягу ниток, що подаються з навоїв та переробляються у готове трикотажне полотно, що є результатом перетягування ниток, зміни поверхневої щільності готового полотна та поперечної смугастості.

Представимо основов'язальну машину як тримасову динамічну модель з трьома ступенями свободи [1, 2].

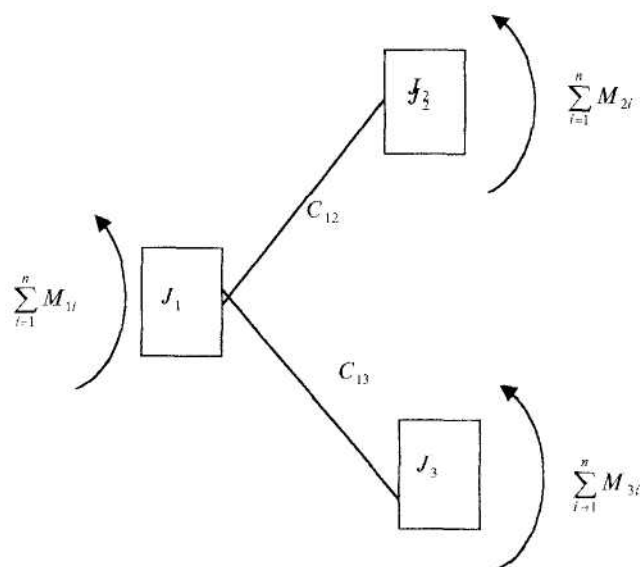


Рис. 1. Динамічна тримасова модель основов'язальної машини

Система диференціальних рівнянь, що описують рух даної динамічної моделі при неусталеному режимі роботи, має вигляд:
при пуску

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\varphi}_1 = \sum_{i=1}^n M_{1i} - C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - C_{13}(\varphi_1 - \varphi_3), \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 = \sum_{i=1}^n M_{2i} + C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2), \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 = \sum_{i=1}^n M_{3i} + C_{13}(\varphi_1 - \varphi_3), \end{cases} \quad (1)$$

при зупинці

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\varphi}_1 = \sum_{i=1}^n M_{01i} - C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - C_{13}(\varphi_1 - \varphi_3), \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 = \sum_{i=1}^n M_{02i} + C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2), \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 = \sum_{i=1}^n M_{03i} + C_{13}(\varphi_1 - \varphi_3), \end{cases} \quad (2)$$

де J_1 – приведений момент інерції рухомих частин привода, головного вала та з'єднаних з ними механізмів гольниць, платин, ушковин, замкачів; J_2 – приведений момент інерції механізму подачі основи (при зменшенні діаметра питок величина J_2 зменшується); J_3 – приведений момент інерції механізму відтяжки трикотажного полотна; C_{12} , C_{13} – приведений коефіцієнт жорсткості при обертанні тіл 2 та 3; φ_1 , φ_2 , φ_3 – кути повороту тіл 1, 2, 3; $\sum_{i=1}^n M_{0i}$,

$\sum_{i=1}^n M_{2i}$, $\sum_{i=1}^n M_{3i}$, $\sum_{i=1}^n M_{01i}$, $\sum_{i=1}^n M_{02i}$, $\sum_{i=1}^n M_{03i}$ – активно задані моменти, що діють на цю динамічну систему у період пуску та зупинки.

Системи диференціальних рівнянь (1) та (2) описують процес руху тримасової розгалуженої динамічної моделі. Розв'язання даних систем диференціальних рівнянь будемо проводити за нормальними формами коливань. Для цього на попередньому етапі проводиться розрахунок частоти p вільних коливань. Подаючи (для вільних коливань) рішення (1) та (2) у вигляді:

$$\begin{cases} \varphi_1 = A_1 \cdot \sin pt; \\ \varphi_2 = A_2 \cdot \sin pt; \\ \varphi_3 = A_3 \cdot \sin pt, \end{cases} \quad (3)$$

де A_1 , A_2 , A_3 – відповідні початкові значення кутів φ_1 , φ_2 , φ_3 , отримуємо відповідну систему рівнянь для визначення частоти p , для чого підставимо (3) в (1):

$$\begin{cases} -J_1 A_1 p^2 = -C_{12}(A_1 - A_2) - C_{13}(A_1 - A_3), \\ -J_2 A_2 p^2 = C_{12}(A_1 - A_2), \\ -J_3 A_3 p^2 = C_{13}(A_1 - A_3). \end{cases}$$

Виключаючи з останньої системи A_1 , A_2 та A_3 , отримуємо:

$$p = \sqrt{\frac{C_{12} \cdot C_{13}}{2J_1 J_2 J_3} \left\{ \left[\frac{J_2(J_1 + J_3)}{C_{12}} + \frac{J_3(J_1 + J_2)}{C_{13}} \right]^2 - \frac{4J_1 J_2 J_3}{C_{12} C_{13}} (J_1 + J_2 + J_3) + \frac{J_2(J_1 + J_3)}{C_{12}} - \frac{J_3(J_1 + J_2)}{C_{13}} \right\}}. \quad (4)$$

Вираз (4) описує першу дійсну частоту коливань даної динамічної системи. Тоді значення початкових амплітуд матимуть вигляд:

$$A_2 = \frac{C_{12}}{C_{12} - J_2 p^2} A_1; \quad A_3 = \frac{C_{13}}{C_{13} - J_3 p^2} A_1. \quad (5)$$

Загальне рішення системи диференціальних рівнянь (1) та (2) будемо шукати у вигляді:

$$\begin{cases} \varphi_1(t) = f_0(t) + A_1 f_1(t), \\ \varphi_2(t) = f_0(t) + A_2 f_1(t), \\ \varphi_3(t) = f_0(t) + A_3 f_1(t), \end{cases} \quad (6)$$

де $f_0(t)$, $f_1(t)$ – нові функції.

Підставляємо систему рівнянь (6) в (1) та (2), тоді з урахуванням ортогональності нормальних форм коливань отримуємо наступну систему диференціальних рівнянь:

для пуску

$$\left\{ \begin{aligned} f_0''(t) &= \frac{\sum_{i=1}^n M_{1i} + \sum_{i=1}^n M_{2i} + \sum_{i=1}^n M_{3i}}{J_1 + J_2 + J_3}, \\ f_1''(t) + p^2 f_1(t) &= \frac{\sum_{i=1}^n M_{1i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{2i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{3i} A_3}{J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2}; \end{aligned} \right. \quad (7)$$

для зупинки

$$\left\{ \begin{aligned} f_0''(t) &= \frac{\sum_{i=1}^n M_{01i} + \sum_{i=1}^n M_{02i} + \sum_{i=1}^n M_{03i}}{J_1 + J_2 + J_3}, \\ f_1''(t) + p^2 f_1(t) &= \frac{\sum_{i=1}^n M_{01i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{02i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{03i} A_3}{J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2}. \end{aligned} \right. \quad (8)$$

При інтегруванні систем диференціальних рівнянь (7) та (8) з урахуванням початкових умов, отримуємо:

для пуску

$$\left\{ \begin{aligned} f_0(t) &= \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{1i} + \sum_{i=1}^n M_{2i} + \sum_{i=1}^n M_{3i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2}, \\ f_1(t) &= \frac{\left(\sum_{i=1}^n M_{1i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{2i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{3i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt); \end{aligned} \right. \quad (9)$$

для зупинки

$$\left\{ \begin{aligned} f_0(t) &= \varphi_0 + \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{01i} + \sum_{i=1}^n M_{02i} + \sum_{i=1}^n M_{03i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2}, \\ f_1(t) &= \frac{\left(\sum_{i=1}^n M_{01i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{02i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{03i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt), \end{aligned} \right. \quad (10)$$

де φ_0 – початковий кут повороту першого тіла тримасової динамічної системи; t – час.

Підставляючи рівняння (9) та (10) у (8), отримуємо:

при пуску

$$\left\{ \begin{aligned} \varphi_1(t) &= \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{1i} + \sum_{i=1}^n M_{2i} + \sum_{i=1}^n M_{3i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{A_1 \left(\sum_{i=1}^n M_{1i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{2i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{3i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt), \\ \varphi_2(t) &= \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{1i} + \sum_{i=1}^n M_{2i} + \sum_{i=1}^n M_{3i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{A_2 \left(\sum_{i=1}^n M_{1i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{2i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{3i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt), \\ \varphi_3(t) &= \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{1i} + \sum_{i=1}^n M_{2i} + \sum_{i=1}^n M_{3i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{A_3 \left(\sum_{i=1}^n M_{1i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{2i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{3i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt); \end{aligned} \right. \quad (11)$$

при зупинці

$$\left\{ \begin{aligned} \varphi_1(t) &= \varphi_0 + \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{01i} + \sum_{i=1}^n M_{02i} + \sum_{i=1}^n M_{03i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{A_1 \left(\sum_{i=1}^n M_{01i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{02i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{03i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt), \\ \varphi_2(t) &= \varphi_0 + \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{01i} + \sum_{i=1}^n M_{02i} + \sum_{i=1}^n M_{03i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{A_2 \left(\sum_{i=1}^n M_{01i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{02i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{03i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt), \\ \varphi_3(t) &= \varphi_0 + \left(\frac{\sum_{i=1}^n M_{01i} + \sum_{i=1}^n M_{02i} + \sum_{i=1}^n M_{03i}}{J_1 + J_2 + J_3} \right) \frac{t^2}{2} + \frac{A_3 \left(\sum_{i=1}^n M_{01i} A_1 + \sum_{i=1}^n M_{02i} A_2 + \sum_{i=1}^n M_{03i} A_3 \right)}{p^2 (J_1 A_1^2 + J_2 A_2^2 + J_3 A_3^2)} (1 - \cos pt). \end{aligned} \right. \quad (12)$$

Лінійну швидкість подачі нитки та відтяжки тканини при пуску та зупинці основов'язальної машини можливо визначити за формулами:

$$\left\{ \begin{aligned} v_2(t) &= \dot{\varphi}_2(t) \cdot R, \\ v_3(t) &= \dot{\varphi}_3(t) \cdot r, \end{aligned} \right. \quad (13)$$

де R – поточний радіус навою; r – радіус відтяжного вала.

У випадку рівності швидкостей $v_2(t) = v_3(t)$ в період неусталеного режиму роботи основов'язальної машини поперечна смугастість буде відсутня. Це можливо отримати при деяких значеннях активно заданих моментів, значення яких можна визначити наступним чином:

при пуску (до модернізації)

$$\sum_{i=1}^n M_{1i} = M_1, \quad \sum_{i=1}^n M_{2i} = -M_2, \quad \sum_{i=1}^n M_{3i} = -M_3,$$

при пуску (після модернізації)

$$\sum_{i=1}^n M_{1i} = M_1, \quad \sum_{i=1}^n M_{2i} = M_4 - M_2, \quad \sum_{i=1}^n M_{3i} = -M_3 - M_5,$$

при зупинці (до модернізації)

$$\sum_{i=1}^n M_{01i} = -M_c, \quad \sum_{i=1}^n M_{02i} = -M_2, \quad \sum_{i=1}^n M_{03i} = -M_3,$$

при зупинці (після модернізації)

$$\sum_{i=1}^n M_{01i} = -M_c, \quad \sum_{i=1}^n M_{2i} = -M_4 - M_2, \quad \sum_{i=1}^n M_{3i} = M_5 - M_3,$$

де M_1 – момент від привода; M_c – гальмуючий момент, що діє на ведучу ланку; M_2, M_3 – моменти опору при обертанні тіл 2 та 3 динамічної розгалуженої системи; M_4 та M_5 – моменти, що діють на механізми подачі основи та відтяжки полотна від додаткових двигунів, які керуються в залежності від поточного радіуса нитки на навої.

Аналіз виразів (11) та (12) показує, що рівність швидкостей подачі нитки та відводу готового полотна можливо досягти при $A_2 = A_3$ або

$$\frac{C_{12}}{C_{12} - J_2 p^2} = \frac{C_{13}}{C_{13} - J_3 p^2}. \quad (14)$$

Таким чином, можливо визначити три основних способи, які забезпечують постійність швидкостей подачі нитки та відтяжки готової тканини: забезпечити рівність (14) коефіцієнтів при початкових амплітудах; штучно змінюючи радіуси R та r згідно з (13), а також змінюючи величини активних моментів M_4 та M_5 . Найбільш доцільним є використання останнього способу.

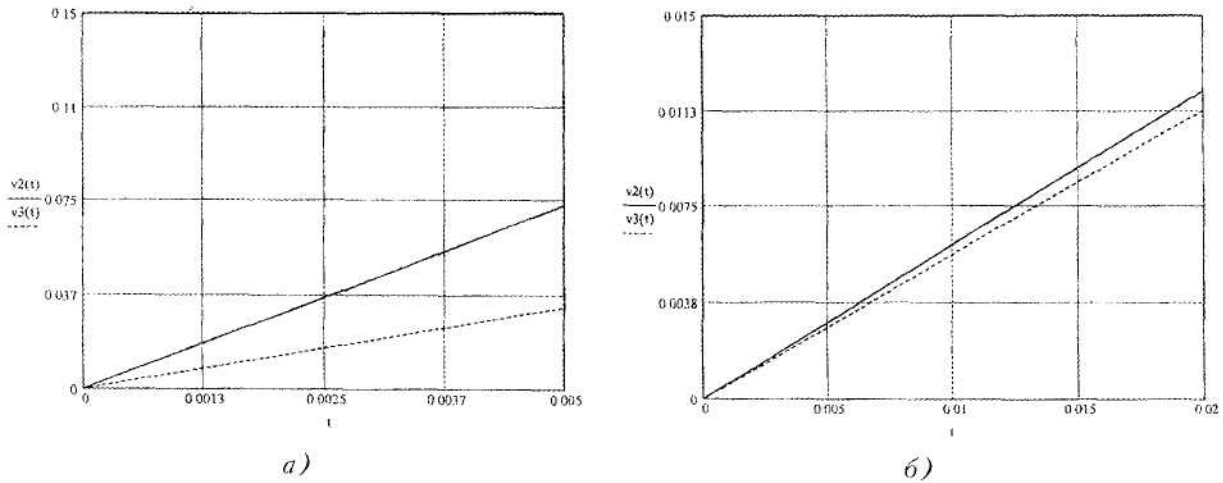


Рис. 2. Залежності лінійних швидкостей подачі нитки $v_2(t)$ та відтяжки полотна $v_3(t)$ від часу t : а – до модернізації; б – після модернізації

На рис. 2 подані графічні залежності зміни лінійних швидкостей подачі нитки та відтяжки трикотажного полотна для періоду пуску при поточному радіусі навою $R = 0,1$ м. При розрахунках було прийнято $J_1 = 0,38$ кг·м²; $J_3 = 0,1$ кг·м²; $M_1 = 102,3$ Н; $M_2 = 1,2$ Н; $M_3 = 1,15$ Н; $J_2 = 2 \left[\frac{1}{2} \rho \cdot H \cdot \pi (R^2 - R^2)(R^2 + R^2) \right]$ (для двох павоїв), $\rho = 520$ кг/м³; $H = 2$ м; $R = 0,06$ м; $r = 0,05$ м. На рис. 2, а подані залежності при відсутності примусового впливу на тіла 2 та 3. На рис. 2, б подані залежності для значень моментів $M_4 = 0$ та $M_5 = 91$ Н·м. При цьому лінійні швидкості подачі нитки та відтяжки полотна практично співпадають. Зі зміною радіусів навоїв буде змінюватись і величина моментів M_4 та M_5 . Визначивши залежності $M_4 = f_{11}(R)$ та $M_5 = f_{21}(R)$, можливо регулювати величини цих моментів. При цьому вимірювання радіуса R (або товщини шару намотаної на навої нитки) можна виконувати за допомогою безконтактних ультразвукових вимірювачів, які мають низку суттєвих переваг перед іншими приладами аналогічного призначення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сердюк В.П. Расчет приводов машин легкой промышленности. – К.: Техніка, 1978. – 232 с.
2. Хомяк О.Н., Пина Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.

ЗДОРЕНКО Валерій Георгійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерних систем Київського державного університету технологій і дизайну.

Наукові інтереси:

– контроль технологічних параметрів та управління машинами легкої промисловості.

Тел.: (044) 291-29-94, 291-29-75 (сл.); (044) 546-80-74 (дом.)