

СИНТЕЗ ЗАКОНУ РУХУ ДРУКАРСЬКОГО ЦИЛІНДРА ПЛОСКОДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ З НЕРІВНОМІРНОЮ ШВИДКІСТЮ ДРУКУВАННЯ ЗА НАПЕРЕД ЗАДАНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

У плоскодрукарських машинах з нерівномірною швидкістю друкування закон руху друкарського циліндра, звичайно, комбінований. Друкарський циліндр (ДЦ) в певній частині періоду циклу (під час друкування) рухається за законом руху талера, що заданий.

До початку синхронізації руху з талером друкарський циліндр розганяється від якоїсь постійної швидкості V_{11}^* (в стоп-циліндрових машинах $V_{11}=0$) до швидкості талера V_{21} в момент синхронізації. Після закінчення процесу друкування відбувається гальмування ДЦ від швидкості V_{31} до постійної V_{11} , з якою він рухається до наступного циклу (рис. 1).

Таким чином, постає завдання синтезу такого комбінованого закону руху, який би відтворював на певній частині періоду (2—3) наперед заданий закон руху талера. Крім того, в практиці часто зустрічаються випадки, коли для поліпшення динамічної характеристики механізму привода ДЦ, заданими можуть бути не тільки точки 2 і 3 діаграми руху (рис. 1), але й точки 1 і 4, а також переміщення на ділянках 1—2 і 3—4.

У цьому випадку синтез комбінованого закону руху ДЦ з використанням на ділянках 1—2 і 3—4 вихідних законів руху [3] є досить складним завданням. Однак воно легко розв'язується, якщо синтезувати за заданими умовами та параметрами на ділянках 1—2 і 3—4 поліноміальні закони руху [2].

У загальному вигляді закон переміщень веденої ланки в інваріантній формі можна описати степеневим поліномом

$$S_1 = q_0 + q_1\varphi + q_2\varphi^2 + q_3\varphi^3 + q_4\varphi^4 + \dots + q_n\varphi^n,$$

де S_1 — інваріант подібності переміщення; $q_0, q_1, q_2 \dots q_n$ — коефіцієнти полінома, які залежать від заданих умов (як граничних, так і в проміжних точках), накладених на функцію S_1 та її похідні; φ — кут повороту ведучої ланки.

Нехай задані такі вихідні дані для синтезу комбінованого закону руху ДЦ: а) швидкість, прискорення та інтенсивність наростання прискорення талера в момент початку синхронного руху з ДЦ (точка 2) V_{21}, W_{21}, P_{21} та в момент закінчення цього руху (точка 3) V_{31}, W_{31}, P_{31} ; б) швидкість ДЦ у момент початку розгону (точка 1) і в кінці вибігу (точка 4) V_{11} ; в) переміщення по-

* Тут і далі параметри діаграми руху ДЦ розглядаються в безрозмірному вигляді.

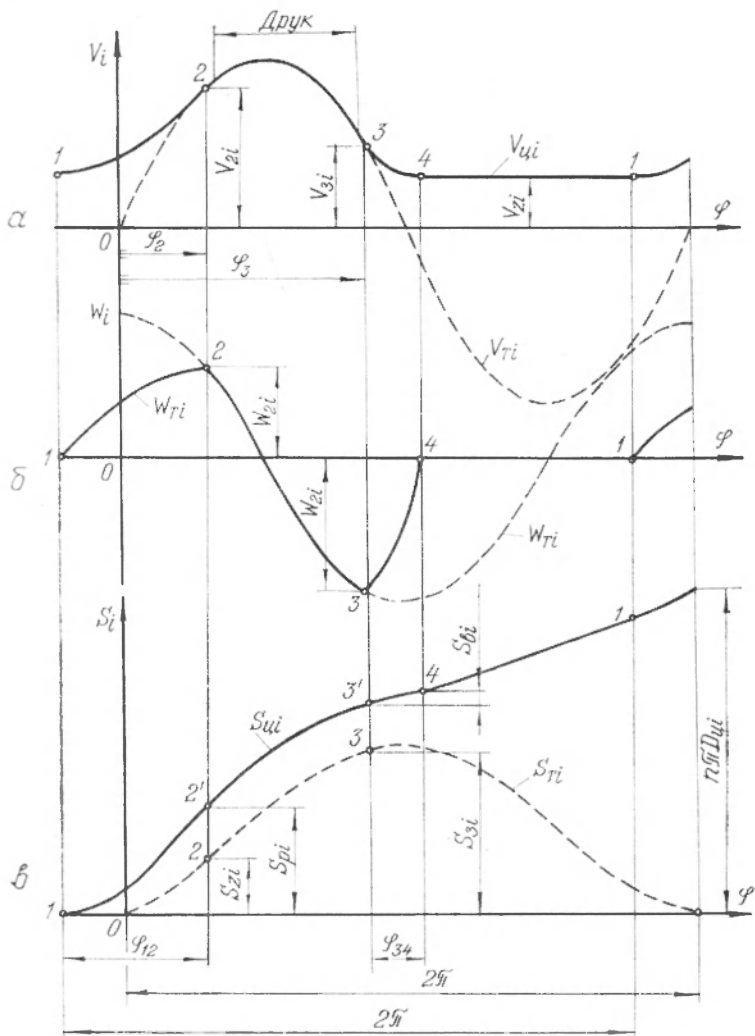


Рис. 1. Кінематика комбінованого закону руху друкарського циліндра (суцільні лінії) та закону руху талера (пунктирні лінії) в загальному вигляді:

a — графік швидкості; *б* — графік прискорення; *в* — графік переміщення.

верхні друкарського циліндра за період його розгону (ділянка 1—2) $S_{p,i}$ і за період вибігу (ділянка 3—4) $S_{в,i}$; г) фазові кути розгону ДЦ φ_{12} і вибігу φ_{34} .

З умови плавного і безударного руху протягом циклу необхідно, щоб в точках спряження 2 і 3 ділянок комбінованого закону руху виконувалась рівність швидкостей

$$\text{при } \varphi_p = \varphi_{12}: V_{ц,i} = V_{2i};$$

$$\text{при } \varphi_v = 0: V_{ц,i} = V_{3i},$$

де $V_{ц,1}$ — позиційний інваріант подібності швидкості ДЦ; φ_p і φ_b — біжуче значення кутів повороту головного вала відповідно до ділянок розбігу і вибігу друкарського циліндра.

Початок відрахування цих кутів збігається з початком вказаних ділянок діаграми руху вздовж робочого ходу талера.

Як показано в [1], для зменшення коливань веденої маси й усунення квазіударів необхідно, щоб закон руху цієї маси протягом усього циклу не мав стрибків прискорення, а в системах з великою податливістю ланок привода — стрибків прискорень другого і вище порядків. Тому приймаємо

$$\begin{aligned} \text{при } \varphi_p = \varphi_{12}: \quad W_{п,1} &= W_{п,1}; \quad P_{ц,1} = P_{21}; \\ \text{при } \varphi_b = 0: \quad W_{п,1} &= W_{п,1}; \quad P_{ц,1} = P_{31}, \end{aligned}$$

де $W_{ц,1}$ і $P_{ц,1}$ — позиційні інваріанти подібності прискорення та інтенсивності наростання прискорення ДЦ. Тоді за даними умовами синтезу закону руху на ділянці розбігу

$$\begin{aligned} \text{при } \varphi_p = 0: \quad S_{п,1} &= 0; \quad V_{ц,1} = V_{11}; \quad \bar{w}_{ц,1} = 0; \quad P_{ц,1} = 0; \\ \text{при } \varphi_p = \varphi_{12}: \quad S_{ц,1} &= S_{p,1}; \quad V_{ц,1} = V_{21}; \quad W_{ц,1} = W_{21}; \quad P_{ц,1} = P_{21}. \end{aligned}$$

Запишемо рівняння кінематики руху друкарського циліндра: переміщення

$$S_{ц,1} = q_0 + q_1 \varphi_p + q_2 \varphi_p^2 + q_3 \varphi_p^3 + q_4 \varphi_p^4 + q_5 \varphi_p^5 + q_6 \varphi_p^6 + q_7 \varphi_p^7; \quad (1)$$

швидкість

$$V_{ц,1} = \frac{d S_{ц,1}}{d \varphi_p} = q_1 + 2q_2 \varphi_p + 3q_3 \varphi_p^2 + 4q_4 \varphi_p^3 + 5q_5 \varphi_p^4 + 6q_6 \varphi_p^5 + 7q_7 \varphi_p^6; \quad (2)$$

прискорення

$$W_{ц,1} = \frac{d V_{ц,1}}{d \varphi_p} = 2q_2 + 6q_3 \varphi_p + 12q_4 \varphi_p^2 + 20q_5 \varphi_p^3 + 30q_6 \varphi_p^4 + 42q_7 \varphi_p^5; \quad (3)$$

інтенсивність наростання прискорення

$$P_{ц,1} = \frac{d W_{ц,1}}{d \varphi_p} = 6q_3 + 24q_4 \varphi_p + 60q_5 \varphi_p^2 + 120q_6 \varphi_p^3 + 210q_7 \varphi_p^4. \quad (4)$$

Необхідно зазначити, що, складаючи рівняння переміщень, треба брати стільки членів степеневого полінома, скільки накладено умов (у цьому випадку — вісім членів).

Накладаючи умови на рівняння кінематики, знаходимо коефіцієнти полінома

$$\text{при } \varphi_p = 0 \quad q_0 = 0; \quad q_1 = V_{11}; \quad q_2 = 0; \quad q_3 = 0.$$

Підставимо одержані значення коефіцієнтів q_0 , q_1 , q_2 і q_3 в рівняння (1) — (4) і накладемо умови, коли $\varphi_p = \varphi_{12}$

$$S_{p,1} = V_{11} \varphi_{12} + q_4 \varphi_{12}^4 + q_5 \varphi_{12}^5 + q_6 \varphi_{12}^6 + q_7 \varphi_{12}^7; \quad (5)$$

$$V_{21} = V_{11} + 4q_4 \varphi_{12}^3 + 5q_5 \varphi_{12}^4 + 6q_6 \varphi_{12}^5 + 7q_7 \varphi_{12}^6; \quad (6)$$

$$W_{21} = 12q_4 \varphi_{12}^2 + 20q_5 \varphi_{12}^3 + 30q_6 \varphi_{12}^4 + 42q_7 \varphi_{12}^5; \quad (7)$$

$$P_{21} = 24q_4 \varphi_{12} + 60q_5 \varphi_{12}^2 + 120q_6 \varphi_{12}^3 + 210q_7 \varphi_{12}^4. \quad (8)$$

Розв'язавши систему рівнянь (5) — (8) з чотирма невідомими, знаходимо решту коефіцієнтів

$$q_4 = \frac{210 S_{p1} - 210 V_{11} \varphi_{12} - 90 (V_{21} - V_{11}) \varphi_{12} + 15 W_{21} \varphi_{12}^2 - P_{21} \varphi_{12}^3}{6 \varphi_{12}^4};$$

$$q_5 = \frac{168 S_{p1} - 168 V_{11} \varphi_{12} - 78 (V_{21} - V_{11}) \varphi_{12} + 14 W_{21} \varphi_{12}^2 - P_{21} \varphi_{12}^3}{2 \varphi_{12}^5};$$

$$q_6 = \frac{140 S_{p1} - 140 V_{11} \varphi_{12} - 68 (V_{21} - V_{11}) \varphi_{12} + 13 W_{21} \varphi_{12}^2 - P_{21} \varphi_{12}^3}{2 \varphi_{12}^6};$$

$$q_7 = \frac{120 S_{p1} - 120 V_{11} \varphi_{12} - 60 (V_{21} - V_{11}) \varphi_{12} + 12 W_{21} \varphi_{12}^2 - P_{21} \varphi_{12}^3}{6 \varphi_{12}^7};$$

Аналогічно знаходяться значення коефіцієнтів полінома на ділянці вибігу ДЦ [3—4].

Маючи значення коефіцієнтів, легко підрахувати позиційні інваріанти $S_{ц.1}$, $V_{ц.1}$, $W_{ц.1}$ та $P_{ц.1}$. В кожному окремому випадку, залежно від необхідності, можна задаватись іншими умовами, від яких будуть залежати значення коефіцієнтів полінома.

Розглянемо такий приклад. Необхідно синтезувати закон руху друкарського циліндра плоскодрукарської двохобертової машини формату 84×112 см ПП-84 з кривошипно-повзунним зі зубчастим скатом приводом талера і з приводом ДЦ на ділянках розгону (1—2) та вибігу (3—4) некруглими зубчастими секторами. У період друкування ДЦ приводиться від зубчастої рейки талера.

Вихідні дані: геометричні параметри кривошипно-повзунного привода; $\lambda = \frac{L_{ш}}{r_k} = 3,837361$; $\alpha = \frac{a}{r_k} = 0,146963$, де $L_{ш}$ — довжина шапуна; r_k — радіус кривошипа; a — величина дезаксіала; передаточне відношення механізму зубчастого ската $i_{ск} = 2,384615$; швидкість та прискорення талера в інваріантному вигляді в момент початку сумісного з друкарським циліндром руху $V_{21} = 0,775500$, $W_{21} = 0,835040$ і в момент закінчення цього руху $V_{31} = 0,529135$, $W_{31} = 0,731306$; постійна швидкість ДЦ (точки 1 і 4) $V_{11} = 0,441564$; фазові кути розгону ДЦ $\varphi_{12} = 1,230098$ рад і вибігу $\varphi_{34} = 0,282564$ рад; переміщення поверхні друкарського циліндра за періоди φ_{12} і φ_{34} $S_{p,1} = 0,647724$; $S_{в,1} = 0,132539$.

Приймаємо такі умови синтезу закону руху ДЦ на ділянці його розгону*:

$$\left. \begin{aligned} \text{при } \varphi_p = 0: S_{ц.1} &= 0; V_{ц.1} = V_{11} = 0,441564; W_{ц.1} = 0; \\ \text{при } \varphi_p = \varphi_{12}: S_{ц.1} &= S_{p,1} = 0,647724; V_{ц.1} = V_{21} = 0,7755; \\ W_{ц.1} &= W_{21} = 0,83504. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Рівняння кінематики:

$$S_{ц.1} = q_0 + q_1 \varphi_p + q_2 \varphi_p^2 + q_3 \varphi_p^3 + q_4 \varphi_p^4 + q_5 \varphi_p^5; \quad (10)$$

* У зв'язку з тим, що податливість привода ДЦ цієї машини досить мала, обмежимося рівністю прискорень у точках спряжень ділянок комбінованого закону руху ДЦ.

$$V_{u,i} = q_1 + 2q_2\varphi_p + 3q_3\varphi_p^2 + 4q_4\varphi_p^3 + 5q_5\varphi_p^4; \quad (11)$$

$$W_{u,i} = 2q_2 + 6q_3\varphi_p + 12q_4\varphi_p^2 + 20q_5\varphi_p^3. \quad (12)$$

Накладаючи прийнятні умови (9) на рівняння (10) — (12), одержуємо такі значення коефіцієнтів:

$$q_0 = 0; \quad q_1 = V_{11} = 0,441564; \quad q_2 = 0;$$

$$q_3 = \frac{20 S_{p,i} - 20 V_{1i} \varphi_{12} - 8 (V_{2i} - V_{1i}) \varphi_{12} + W_{2i} \varphi_{12}^2}{2 \varphi_{12}^3} = 0,009909;$$

$$q_4 = - \frac{15 S_{p,i} - 15 V_{1i} \varphi_{12} - 7 (V_{2i} - V_{1i}) \varphi_{12} + W_{2i} \varphi_{12}^2}{\varphi_{12}^4} = 0,028692;$$

$$q_5 = \frac{12 S_{p,i} - 12 V_{1i} \varphi_{12} - 6 (V_{2i} - V_{1i}) \varphi_{12} + W_{2i} \varphi_{12}^2}{2 \varphi_{12}^5} = 0,006340.$$

Аналогічно розв'язується задача синтезу закону руху ДЦ на ділянці, коли він гальмується (вибіг). Тут одержані такі значення коефіцієнтів:

$$q_0 = 0; \quad q_1 = V_{31} = 0,529135; \quad q_2 = - \frac{W_{31}}{\Omega};$$

$$q_3 = \frac{20 S_{b,i} - 20 V_{3i} \varphi_{34} - 8 (V_{1i} - V_{3i}) \varphi_{34} + 3 W_{3i} \varphi_{34}^2}{2 \varphi_{34}^3} = 0,744949;$$

$$q_4 = - \frac{15 S_{b,i} - 15 V_{3i} \varphi_{34} - 7 (V_{1i} - V_{3i}) \varphi_{34} + 1,5 W_{3i} \varphi_{34}^2}{\varphi_{34}^4} = - 0,966649;$$

$$q_5 = \frac{12 S_{b,i} - 12 V_{3i} \varphi_{34} - 6 (V_{1i} - V_{3i}) \varphi_{34} + W_{3i} \varphi_{34}^2}{2 \varphi_{34}^5} = 0,874284.$$

Підставимо ці значення коефіцієнтів у відповідні рівняння кінематики і обчислимо величини інваріантів подібності переміщень, швидкостей та прискорень залежно від кута повороту головного вала. За даними розрахунку побудовані графіки швидкостей та прискорень друкарського циліндра (суцільні лінії) і талера (пунктирні лінії, рис. 2). Розрахунки швидкостей та прискорень талера провадили за залежностями, наведеними в роботі [3]. Як видно з рис. 2, зміна швидкості та прискорення ДЦ на синтезованих ділянках руху відбувається досить плавно і відповідає поставленим вимогам.

Для визначення абсолютних значень переміщень, швидкостей і прискорень необхідно помножити одержані величини інваріантів на відповідні фізичні модулі

$$S_{ц} = S_{ц1} \cdot r_{к} \cdot i_{ск}; \quad V_{ц} = V_{ц1} \cdot \omega_1 \cdot r_{к} \cdot i_{ск}; \quad W_{ц} = W_{ц1} \cdot \omega_1^2 \cdot r_{к} \cdot i_{ск},$$

де ω_1 — кутова швидкість головного вала.

Таким чином, використовуючи поліноміальні закони руху, можна синтезувати різноманітні комбіновані закони руху, зокрема закони руху друкарського циліндра, за заданими наперед параметрами у характерних фазах кінематичного циклу.

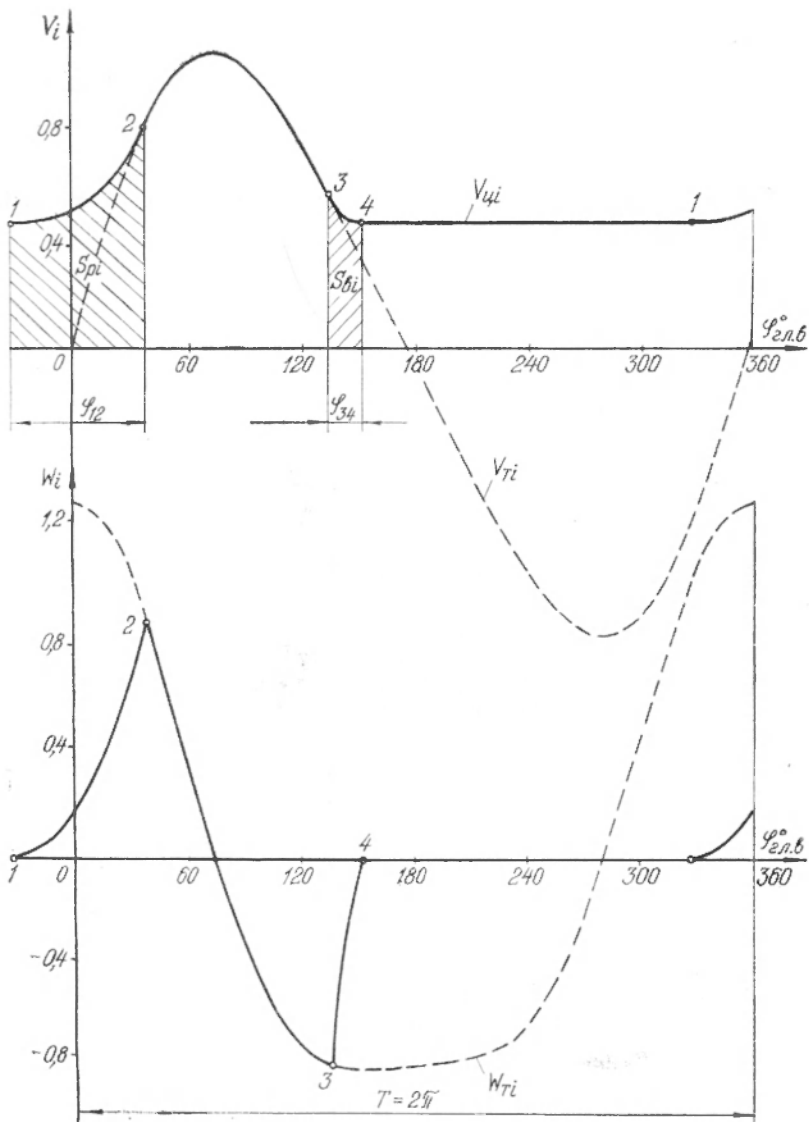


Рис. 2. Розрахункові графіки швидкостей та прискорень законів руху друкарського циліндра (суцільні лінії) і талера (пунктирні лінії) плоскодрукарської машини ПП-84.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пейсах Э. Е. О синтезе законов движения толкателя с учетом его упругости.— «Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности», 1963, № 5.
2. Саввин Э. А. Синтез законов движения инерционных кулачковых механизмов с учетом упругости звеньев ведомой системы. Автореф. канд. дис., Львов, 1967.
3. Тир К. В. Механика полиграфических автоматов. М., «Книга», 1965.

L. F. ZIRNZAK

**SYNTHESIS OF THE LAW OF MOTION OF FLATBED MACHINE
CYLINDER WITH UNEVEN SPUD OF PRINTING AT A GIVEN PARAMETER**

S u m m a r y

The article deals with synthesis of combined the law of motion of flatbed machine printing cylinder with uneventprinting speed at a given parameter. Calculations are given.
