

В.П.Дідич

ЯВИЩА, ЯКІ СУПРОВОДЖУЮТЬ ПОПЕРЕЧНЕ ФАЛЬЦЮВАННЯ ЛИСТІВ В РУЛОННІЙ ДРУКАРСЬКІЙ МАШИНІ

Незалежно від виду фальцапарата – ударний чи клапанний – під час поперечного фальцювання переднє поле листа (те, що транспортується графейками) здійснює реверсивний рух, при якому ця частина листа зазнає інерційних навантажень. Спостереження за роботою ударного фальцапарата показує, що на швидкості друкування понад 6,5 м/с попереднє поле частково руйнується: виникають поздовжні розриви, вириваються клапті паперу.

Такі ж явища, тільки на дещо більших швидкостях друкування, відбуваються і в клапанних фальцапаратах. Проте у спеціальній поліграфічній літературі цьому майже не приділено уваги, хіба що в підручнику О. О. Тюріна "Печатные машины-автоматы" (М., 1980) зазначено, що прискорення паперового листа не повинні перевищувати 1,000-1,100 м/с². На цій основі прогнозується подальший розвиток фальцапаратів, в яких оптимізація прискорень листів відбувається за рахунок збільшення діаметрів циліндрів.

Справді сучасні рулонні друкарські машини мають фальцапарати, на розгортці циліндрів яких можна розташувати 4, 5 і навіть 7 листів. Діаметри цих циліндрів досягають 1,5 м, а габарити власне апаратів не менші, ніж друкарських секцій. Простий розрахунок показує, що така еволюція фальцапаратів веде в тупик.

Пошуки шляхів мінімізації прискорень паперового листа можуть бути успішними лише при умові ретельного вивчення явищ, що виникають в існуючих фальцапаратах. Нижче наведено методику та результати визначення тангенціальних прискорень переднього поля листа в ударному фальцапараті. Тут зроблено припущення про відсутність ковзання леза ножа по поверхні паперу. Це припущення вимушене: воно пов'язане з недостатньо глибоким вивченням процесу і дещо спрощує умови поперечного фальцювання, однак з точки зору поставленої задачі є можливим.

Фальцювання здійснюється при виході леза фальцювального ножа ФН (рис. 1) за межі фальцювального циліндра ФЦ і проштовхування ножем середньої частини листа Л поміж фальцювальні валики ФВ. Цей процес можна розділити на два етапи. На першому лезо ножа виходить за межі циліндра ФЦ і веде лист до контакту з валиками ФВ. Другий етап починається із завершенням першого і закінчується захопленням листа валиками ФВ.

Кут повороту фальцювального циліндра ФЦ, на поверхні якого перебуває лезо фальцювального ножа ФН, знаходять таким шляхом. На куті $\varphi = \varphi_0$ (рис. 1) координати леза $x = x_0$ і $y = y_0$,

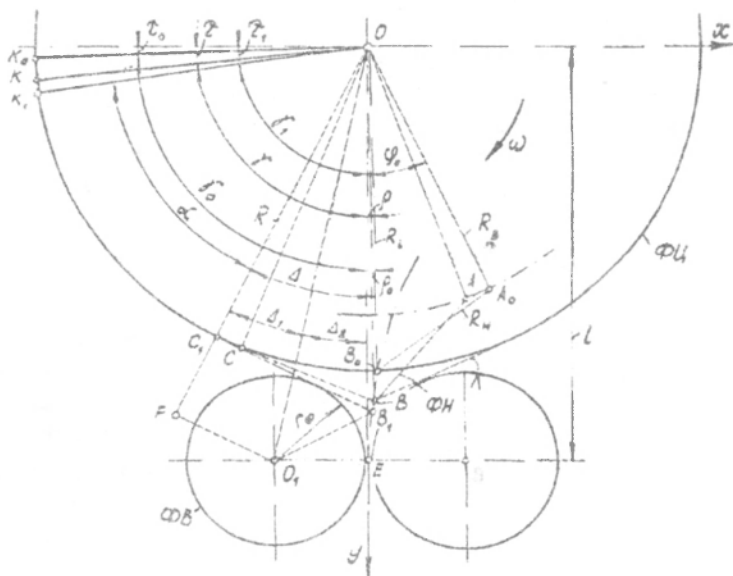


Рис. 1. Перший етап фальцювання.

або $x_0^2 + y_0^2 = R^2 = R_1^2$. Оскільки зубчастий привод ножа ФН має передатне відношення 1:3, а довжина водила R_B планетарного приводу вдвічі більша довжини ножа R_H , тобто $R_B = 2R_H$, то біжучі координати леза записують у вигляді параметричного рівняння

$$\begin{cases} x = R_H (\sin \varphi - \sin 2\varphi) \\ y = R_H (\cos \varphi + \cos 2\varphi) \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{а кут } \varphi_0 = \frac{1}{3} \arccos \left(\left(\frac{R}{2R_H} \right)^2 - 1,25 \right).$$

Координату пружка переднього поля листа стосовно осі x (точка K_0) в момент, що розглядається, записують у формі

$$\tau_0 = \frac{\pi}{2} - \gamma = \frac{\pi}{2} - \left(\frac{L_\lambda}{2R} - \rho_0 \right), \quad (2)$$

де L_λ – довжина листа; $\rho_0 = \arctg \frac{x_0}{y_0}$.

Під час торкання газетею поверхні фальцювального валика ФВ лезо ножа перебуває в точці B , а пружок листа – в точці K_1 . Координата пружка

$$\tau_1 = \frac{\pi}{2} - \gamma_1 = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \Delta + \rho_1), \quad (3)$$

де $\alpha = \frac{K_1 C_1}{R}$; $K_1 C_1 = K_1 B_1 - C_1 B_1$; $K_1 B_1 = \frac{L_\lambda}{2}$.

З $\Delta O C_1 B_1$

$$\cos \Delta = \frac{R}{R_1}, \quad (4)$$

де $R_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ і $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 + \rho_1$.

Оскільки $FO = R + r_\phi$, а

$$OO_1 = \sqrt{OE^2 + OE^2} = \sqrt{l^2 + (r_\phi + t)^2},$$

де t – половина товщини листа, то кути

$$\Delta_1 = \arccos \frac{r_\phi + R}{\sqrt{l^2 + (r_\phi + t)^2}}, \quad \Delta_2 = \arctg \frac{r_\phi + t}{l} \quad \text{і}$$

$$\rho_1 = \arctg \frac{x_1}{y_1}.$$

Якщо позначити $R/R_\lambda = k$ і підставити одержані значення в (4), то з рівняння

$$\cos \left(\Delta_1 + \Delta_2 + \arctg \frac{2 \sin \varphi_1 - \sin 2 \varphi_1}{2 \cos \varphi_1 + \cos 2 \varphi_1} \right) = \frac{k}{\sqrt{5 + 4 \cos 3 \varphi_1}} \quad (5)$$

обчислюють кут φ_1 , на якому лист торкається поверхні валика ФВ. Таким чином, кут повертання циліндра ФЦ на першому етапі фальцювання змінюється в діапазоні від φ_0 до φ_1 .

Враховуючи, що

$$\Delta = \arccos \frac{k}{\sqrt{5 + 4 \cos 3 \varphi}}, \quad C_1 B_1 = R \cdot \operatorname{tg} \Delta, \quad \alpha = \frac{L_\lambda}{2R} - \operatorname{tg} \Delta,$$

з рівняння (3) визначають біжучі координати пружка листа

$$\tau_1 = \frac{1}{2} \left(\pi - \frac{L_\lambda}{R} \right) + \operatorname{tg} \arccos \frac{k}{\sqrt{D}} - \arccos \frac{k}{\sqrt{D}} + \operatorname{arctg} \frac{2 \sin \varphi - \sin 2 \varphi}{2 \cos \varphi + \cos 2 \varphi}, \quad (6)$$

де $D = 5 + 4 \cos 3 \varphi$.

Друга фаза фальцювання відбувається в діапазоні кутів від $\varphi = \varphi_0$ до $\varphi = \varphi_k = 0$ обертання фальцювального циліндра. Для цієї фази характерне облягання фальцювальних валиків папером. Координату точки K_2 (рис. 2) на поверхні циліндра відносно осі x записують у формі

$$r_2 = \frac{\pi}{2} - \gamma_2 = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \Delta),$$

де $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$ має постійне, раніше встановлене значення, а кут α можна виразити через дугу KC і радіус R . Дуга $KC = KB - CB$, відрізок $KB = 0,5 \cdot L_L$, а відстань $CB = EC + ED + DB$, де

$$EC = FO_1 = \sqrt{l^2 + (r_\phi + t)^2 - (R + r_\phi)^2}.$$

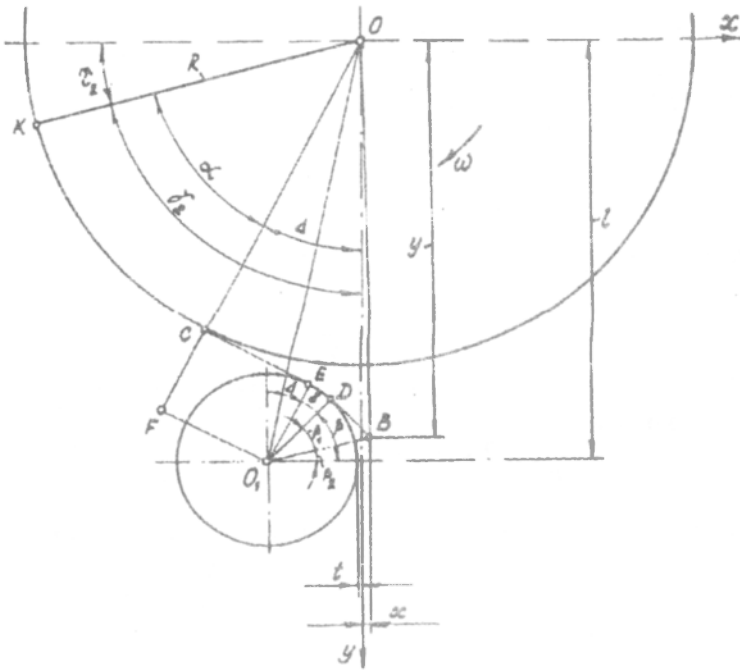


Рис. 2. Другий етап фальцювання.

Дуга $ED = r_\phi \cdot \delta$, де $\delta = 0,5\pi - \Delta - \beta$, $\beta = \beta_1 + \beta_2$,

$$\beta_1 = \arccos \frac{r_\phi}{\sqrt{(r_\phi + t + x)^2 + (l - y)^2}} \quad \text{і} \quad \beta_2 = \arctg \frac{l - y}{r_\phi + t + x}.$$

Потім, визначаючи через $r_\phi' = r_\phi + t$ відрізок $DB = \sqrt{(r_\phi' + x)^2 + (l - y)^2} - r_\phi'$, знаходять дугу

$$ED = r_{\phi} \left(\frac{\pi}{2} - \Delta - \arccos \frac{r_{\phi}}{\sqrt{(r_{\phi}' + x)^2 + (l - y)^2}} - \omega \operatorname{ctg} \frac{l - y}{r_{\phi}' + x} \right)$$

і кут

$$\tau_2 = A + i \cdot \operatorname{tg} \arccos \frac{r_{\phi}}{\sqrt{E^2 + C^2}} - i \cdot \arccos \frac{r_{\phi}}{\sqrt{E^2 + C^2}} - i \cdot \operatorname{arctg} \frac{E}{C}, \quad (7)$$

де $A = (1 + i) \left(\frac{\pi}{2} - \arccos \frac{R(1 + i)}{\sqrt{l^2 + (r_{\phi}')^2}} - \frac{L_{\Pi}}{2R} + \frac{1}{R} \sqrt{l^2 + (r_{\phi}')^2 + (R(1 + i))^2} \right)$ - стала величина для відомої товщини листа; $i = r_{\phi}/R$, $E = l - y$, $C = r_{\phi}' + x$.

Перші похідні від виразів (6) і (7) за кутом повороту фальцювального циліндра - інваріант швидкості ковзання пружка переднього поля листа відносно поверхні циліндра, а друга похідна - інваріант прискорення цього руху. Отже,

$$(\tau_1)' = \frac{6 \cdot \sin 3\varphi (k - 1)}{\sqrt{D - k^2} (D - k)} + \frac{2(1 - \cos 3\varphi)}{D}, \quad (8)$$

$$(\tau_2)' = 2 \frac{B \cdot E + C \cdot Q}{\sqrt{E^2 + C^2 - r_{\phi}^2}} - 2r_{\phi}^2 \frac{B \cdot E + C \cdot Q}{(E^2 + C^2) \sqrt{E^2 + C^2 - r_{\phi}^2}} - 2R_{II} \cdot i \cdot \frac{C \cdot Q - B \cdot E}{E^2 + C^2}, \quad (9)$$

$$(\tau_1)'' = \frac{18 \cos 3\varphi (D - k^2) + 2 \sin^2 3\varphi (k - 1)}{\sqrt{(D^2 - k^2)^3}} \left(\frac{k - 1}{D} \right) + \frac{72k \cdot \sin^2 3\varphi}{D^2 \sqrt{D - k^2}} + \frac{54 \sin 3\varphi}{D^2}, \quad (10)$$

$$(\tau_2)'' = \frac{2(E^2 + C^2 - r_{\phi}^2) \cdot [4R_{II}(1 - \cos 3\varphi) + E \cdot II + C \cdot G]}{\sqrt{(E^2 + C^2 - r_{\phi}^2)^3}} - \frac{2R_{II}(B \cdot E + C \cdot Q)^2}{\sqrt{(E^2 + C^2 - r_{\phi}^2)^3}} - 2r_{\phi}^2 \frac{(E^2 + C^2)(E^2 + C^2 - r_{\phi}^2) \cdot [4R_{II}(1 - \cos 3\varphi) + E \cdot II + C \cdot G]}{(E^2 + C^2)^2 \sqrt{(E^2 + C^2 - r_{\phi}^2)^3}} + 4r_{\phi}^2 \frac{R_{II}(B \cdot E + C \cdot Q)^2 \cdot [2(E^2 + C^2 - r_{\phi}^2) + E^2 + C^2]}{(E^2 + C^2)^2 \sqrt{(E^2 + C^2 - r_{\phi}^2)^3}} - 2R_{II} \cdot i \frac{(E^2 + C^2)(C \cdot II - E \cdot G) - (C \cdot B - E \cdot O) \cdot 4R_{II}(B \cdot E + C \cdot Q)}{(E^2 + C^2)^2}. \quad (11)$$

Тут використано позначення: $B = \sin \varphi + \sin 2\varphi$, $Q = \cos \varphi - \cos 2\varphi$, $H = \cos \varphi + 2 \cos 2\varphi$ і $G = 2 \sin 2\varphi - \sin \varphi$.

Результати оцінки біжучих значень кутових переміщень, інваріантів швидкостей і прискорень переднього поля газети для умов фальцапарата агрегата типу ЗГАУ, розраховані за формулами (6), (7), (8), (9), (10) і (11), наведені у вигляді графіків (рис. 3). З них видно, що початок поперечного фальцювання супровод-

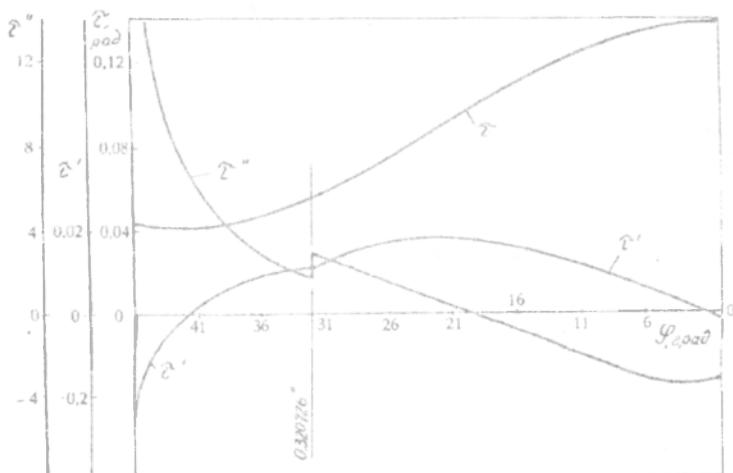


Рис. 3. Результати аналітичних досліджень.

жується значним стрибком інваріанта швидкості τ' , а це, в свою чергу, породжує стрибкоподібну зміну інваріанта прискорень τ'' переднього поля газети. Зауважимо, що на куті φ_0 інваріант $\tau'' \rightarrow \infty$. Така зміна характеру прискорення цілком може викликати ті негативні явища, про які йшлося вище, тобто привести до руйнування паперу.

Фактичні значення швидкостей і прискорень одержують через добутки $V = \tau' \cdot \omega \cdot R$ і $W = \tau'' \cdot \omega^2 \cdot R$. Модуль швидкості для умов агрегата ЗГАУ на швидкості друкування $10,9 \text{ м/с}^2$, (33000 об/год) дорівнює цій швидкості, а прискорення $-\omega^2 R = 629 \text{ м/с}^2$. З графіка функції $\tau'' = f(\varphi)$ видно, що розрахункові значення τ'' практично в усьому діапазоні поперечного фальцювання перевищують їх допустимі значення $|\tau''| < |W| : (\omega^2 R) = 1,75$, а це негативно характеризує роботу ударного фальцапарата.

Стаття надійшла до редколегії 20.01.92.