

ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ФАЛЬЦЮВАЛЬНИХ ВОРОНОК РУЛОННИХ ГАЗЕТНИХ МАШИН

Одним із важливих показників, що характеризують роботу рулонних друкарських машин, є якісний поздовжній згин паперового полотна. При цьому надійність і стабільність роботи механізмів першого поздовжнього згину визначається правильним вибором їх параметрів.

Практика проектування та експлуатації рулонних друкарських машин показує, що допущені помилки при виборі параметрів пристроїв фальцювання першого поздовжнього згину призводять до появи зморшок, погіршення якості поздовжнього згину, відмарювання друку, надривів кромки зложеного вдвоє полотна, а також до обриву полотна. Найбільшу складність під час вибору математичного апарату механізмів фальцювання першого згину полотна становить розрахунок фальцювальної воронки.

Використовуючи залежності елементарної геометрії та тригонометрії, розрахунок фальцювальної воронки можна проводити у такій послідовності: 1) розрахунок «теоретичної» фальцювальної воронки, тобто фальцворонки, за поворотну кромку для паперового полотна якої прийнята пряма лінія; 2) розрахунок фальцювальної воронки, поворотна кромка якої замінена реальним тілом-конусом.

Розрахунок теоретичної фальцювальної воронки. Розрахункова схема показана на рис. 1, де пряма OB — поворотна кромка, через яку потрібно провести полотно; OA — лінія заданого напрямку при провідці через кромку OB ; L_H — площа полотна, що набігає на поворотну кромку; L_C — площа полотна, яка збігає з поворотної кромки; $2B_1$ — ширина полотна; α' — кут

між прямою OB і продовженням кромки набігаючого полотна;
 γ — кут між прямою AO і площиною L_H ; $\alpha_2 = \alpha' + \mu \frac{\pi}{2}$ — кут між
 прямою OA і кромкою збігаючого полотна; μ — кут між прямими
 OB і OA , вимірний у площині L_H ; $180^\circ - \varphi$ — кут між площинами
 L_H і L_C .

Визначимо розрахункові залежності між кутами «теоретичної» фальцювальної воронки.

Із прямокутних трикутників ODB і ODA одержуємо

$$\operatorname{tg} \alpha' = \cos \gamma. \quad (1.1)$$

Для визначення кута $(180^\circ - \varphi)$ проведемо через точку A площину, перпендикулярну площинам L_H і L_C . При перерізі її з лініями OD , OB і OA одержуємо

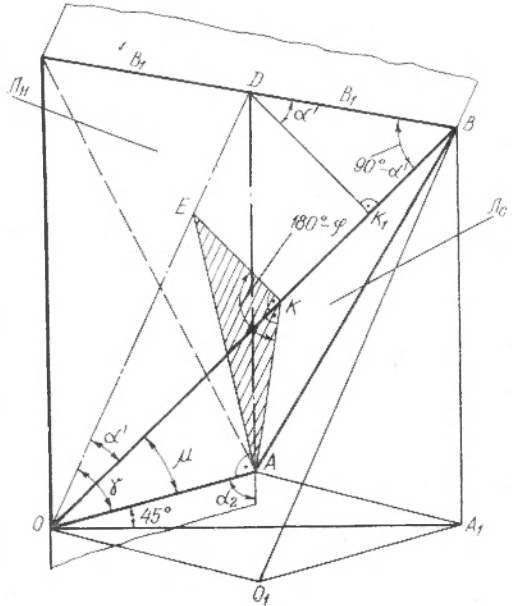


Рис. 1. Розрахункова схема фальцювальної воронки з гострими поворотними кромками.

жимо трикутну піраміду. Розглядаючи трикутники OBA і OEK , маємо

$$OK_1 = B_1 \sin \alpha' \quad AK_1 = B_1 \cos \alpha' \quad OE = B_1 \operatorname{tg} \alpha'. \quad (1.2)$$

Із трикутників AKE і OEA визначимо EA :

$$EA^2 = AK_1^2 + EK_1^2 - 2AK_1EK_1 \cos(180^\circ - \varphi);$$

$$EA^2 = OE^2 + OA^2 - 2OA \cdot OE \cos \gamma.$$

Замінюючи AK_1 , EK_1 , OE і OA їх значеннями, згідно з формулою (1.2), з урахуванням виразу (1.1), після перетворень записуємо $\cos(180^\circ - \varphi) = \operatorname{tg}^2 \alpha'$, або, з урахуванням (1.1), знаходимо

$$\cos(180^\circ - \varphi) = \operatorname{tg}^2 \alpha' = \cos^2 \gamma. \quad (1.3)$$

При зміні поворотної лінії OB реальним тілом-конусом необхідно знати значення кута μ , який визначається з прямокутних трикутників OKA і OKE :

$$OK_1 = \frac{AK_1}{\operatorname{tg} \mu} \quad \text{і} \quad OK_1 = \frac{EK_1}{\operatorname{tg} \alpha'};$$

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \mu \frac{EK_1}{AK_1} = \operatorname{tg} \mu \frac{B_1 \sin \alpha' \operatorname{tg} \alpha'}{B_1 \cos \alpha'} = \operatorname{tg} \mu \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha'; \quad (1.4)$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha'} = \operatorname{ctg} \alpha',$$

з урахуванням (1.3)

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \mu \cdot \cos(180^\circ - \varphi). \quad (1.5)$$

Формули (1.1)–(1.5) виражають залежність між кутовими параметрами воронки з гострими поворотами кромки та циліндричними бортами і дають змогу розрахувати габарити при заданому форматі машини.

Розрахунок геометричних параметрів фальцювальної воронки з конічними бортами (розрахунок воронки без носика). Розрахункова схема для воронки з конічними бортами показана на рис. 2. Як доповнення до схеми (рис. 1) необхідно ввести додаткові позначення: α_p — кут між середньою лінією паперового полотна та теоретичною поворотною кромкою при заміні її конусом; α_y — половина кута при вершині воронки; 2δ — кут конусного борта; Θ — кут зміни напрямку руху кромки полотна при заміні поворотної кромки — лінії конусом; α'' — половина кута між осями поворотних конусів.

Конус при огинанні його паперовим полотном вписується у двограний кут з вершиною K і ребрами KE і BK (рис. 2). При цьому полотно, огинаючи конус, проходить шлях, менший подвійної кутової відстані від твірної OB до поворотної кромки, і додатково розвертається у площині L_c на кут Θ , який визначається

$$\Theta = 2\omega - (\alpha_{K2} - \alpha_{K1}), \quad (2.1)$$

де α_{K1} і α_{K2} — кути між твірними OB і OD конуса (рис. 3) на його розгортці. Розглядаючи розгортку конуса, можна записати

$$\alpha_{K2} - \alpha_{K1} = \varphi \sin \delta, \quad \text{тоді } \Theta = 2\omega - \varphi \sin \delta, \quad (2.2)$$

ω — кут між твірною OB' і поворотною кромкою OK визначається із трикутника $B'OK$:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{KB'}{OB'}; \quad KB' = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}, \quad \text{де } r = OC_1 \operatorname{tg} \delta = OB' \sin \delta;$$

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{OB' \sin \delta \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}{OB'} = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \sin \delta; \quad \omega = \operatorname{arctg} \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \delta \right) \quad (2.3)$$

і кут Θ визначається

$$\Theta_2 = 2\omega - \varphi \sin \delta = 2 \operatorname{arctg} \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \delta \right) - \varphi \sin \delta. \quad (2.4)$$

Якщо установити поворотну кромку-лінію відповідно до умов $\alpha_2 = \alpha' + \mu \frac{\pi}{2}$ і замінити цю кромку-лінію поворотним конусом, вписаним у двограний кут, утворений площинами L_H і L_C , то паперове полотно змінить напрямок свого руху у площині L_C і покине пряму OA під кутом $\alpha_2' = \alpha_2 - \theta = \alpha' + \mu - \theta$. Для збереження напрямку збігу полотна з конуса, тобто щоб $\alpha_2' = \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$, необхідно поворотне ребро двогранного кута установити під дещо більшими кутами α_p і μ_p . Значення кута μ_p

$$\mu_p = \frac{\pi}{2} + \theta - \alpha_p. \quad (2.5)$$

Підставляючи μ_p у рівняння (1.5) і розв'язуючи квадратне рівняння відносно α_p , одержуємо

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_p = & \frac{\operatorname{tg} \theta (1 - \cos \varphi)}{2} \pm \\ & \pm \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 \theta (1 - \cos \varphi)^2}{4} - \cos \varphi} \end{aligned}$$

або, з урахуванням (1.3),

$$\operatorname{tg} \alpha_p = \frac{\operatorname{tg} \theta (1 + \cos^2 \gamma)}{2} \pm \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 \theta (1 + \cos^2 \gamma)^2}{4} + \cos^2 \gamma}. \quad (2.6)$$

Але кут $\alpha_p = \angle ДОК$ (рис. 2) не є базовим для заміру при установці воронки. Під час монтажу фальцювальної воронки заміряють кут $\angle ДОФ = \alpha_\gamma$, який дещо відрізняється від α_p , оскільки він у площині L_H , тобто це кут між середньою лінією OD полотна і проекцією твірної конуса OF на площину L_H :

$$\angle ДОФ = \angle ДОК - \angle КОВ + \angle FOB; \quad \alpha_\gamma = \alpha_p - \omega + \xi. \quad (2.7)$$

Величина кута ξ визначається (рис. 2):

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{r}{OB} \quad (\text{з тр-ка } FOB'); \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{r}{OC_1} \quad (\text{з тр-ка } F'OC_1),$$

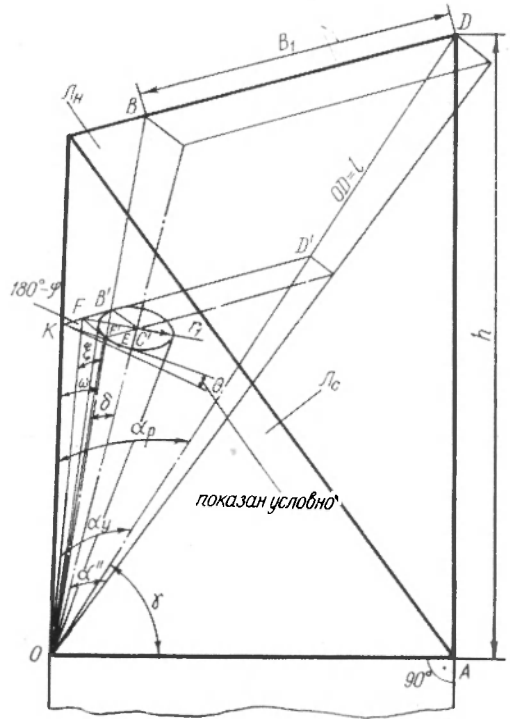


Рис. 2. Розрахункова схема фальцювальної воронки з кінчними бортами.

звідки $\operatorname{tg} \xi = \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot OC_1}{OB}$, але $OB = \frac{OC_1}{\cos \delta}$ (з тр-ка $OB'C_1$);

$$\operatorname{tg} \xi = \operatorname{tg} \delta \cdot \cos \delta = \sin \delta; \quad \xi = \operatorname{arctg}(\sin \delta); \quad (2.8)$$

$$\alpha_y = \alpha_p - \operatorname{arctg} \left(\sin \delta \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) + \operatorname{arctg}(\sin \delta). \quad (2.9)$$

Отже, послідовне розв'язання рівнянь (1.3), (2.4), (2.6) і (2.9) дає змогу визначити необхідні кутові параметри фальцювальної

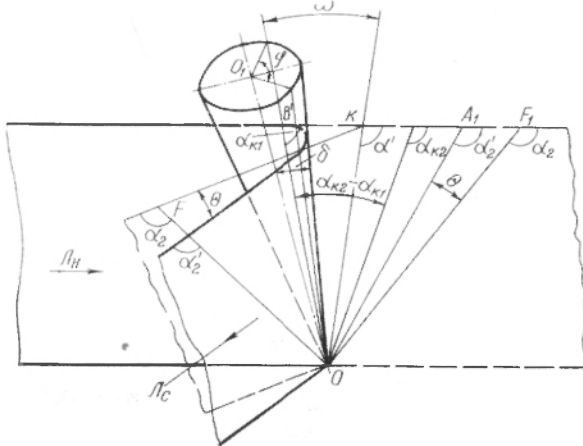


Рис. 3. Схема огинання паперовим полотном конусного борта.

воронки. Таким чином одержуємо систему рівнянь з шістьма невідомими, двома з яких слід задаватись:

$$\cos(180^\circ - \varphi) = \cos^2 \gamma = \operatorname{tg}^2 \alpha'; \quad \Theta = 2 \operatorname{arctg} \left(\sin \delta \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) - \varphi \sin \delta;$$

$$\operatorname{tg} \alpha_p = \frac{\operatorname{tg} \Theta (1 - \cos \varphi)}{2} \pm \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 \Theta (1 - \cos \varphi)^2}{4} - \cos \varphi} =$$

$$= \frac{\operatorname{tg} \Theta (1 + \cos^2 \gamma)}{2} \pm \sqrt{\frac{\operatorname{tg}^2 \Theta (1 + \cos^2 \gamma)^2}{4} + \cos^2 \gamma};$$

$$\alpha_y = \alpha_p - \operatorname{arctg} \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \cdot \sin \delta \right) + \operatorname{arctg}(\sin \delta).$$

За знайденими значеннями кутів, знаючи ширину паперового полотна, можна розрахувати номінальні габарити воронки, тобто її висоту h і довжину вздовж воронки l :

$$l = B_1 \cdot \operatorname{ctg} \left[\alpha_p - \operatorname{arctg} \left(\sin \delta \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) \right];$$

$$h = l \cdot \sin \gamma = B_1 \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{ctg} \left[\alpha_p - \operatorname{arctg} \left(\sin \delta \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) \right]. \quad (2.10)$$

Приклад розрахунку фальцювальної воронки з носиком. 1. *Вихідні дані:* кут нахилу воронки до горизонту $\gamma = 70^\circ$; половина кута при вершині поворотного конуса $\delta = 2^\circ 16'$; формат фальцюваного паперового полотна по одному згину $B_1 = 420$ мм. 2. *Порядок розрахунку:* кут між площинами L_H і L_C — $(180^\circ - \varphi)$, $\cos(180^\circ - \varphi) = \cos^2 \gamma$, $(180^\circ - \varphi) = \arccos(\cos^2 \gamma) = 83^\circ 17'$, $\varphi = 96^\circ 43'$. Кут зміни руху кромки паперового полотна при заміні теоретичної по-

воротної кромки-лінії поворотним конусом $\Theta = 2 \arctg \left(\sin \delta \times \times \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) - \varphi \cdot \sin \delta = 1^\circ 16' 20''$.

Кут між середньою лінією паперового полотна і поворотним конусом, який вимірюється у площині центрів поворотних конусів,

$$\operatorname{tg} \alpha_p = \frac{\operatorname{tg} \Theta (1 - \cos \varphi)}{2} \pm \sqrt{\frac{(1 - \cos \varphi)^2 \operatorname{tg}^2 \Theta}{4}} - \cos \varphi = 0,354533,$$

$$\alpha_p = 19^\circ 31' 16''.$$

Половина кута при вершині фальцювання, що виміряний у площині L_H , α_γ (шуканий кут)

$$\alpha_\gamma = \alpha_p - \arctg \left(\sin \delta \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) + \arctg(\sin \delta) = 19^\circ 14' 06''.$$

Необхідна мінімальна висота верхньої площини воронки

$$l_{\min} = B_1 \operatorname{ctg} \left[\alpha_p - \arctg \left(\sin \delta \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) \right] = 1376,8 \text{ мм.}$$

Необхідна мінімальна висота воронки

$$h_{\min} = l_{\min} \cdot \sin \gamma = 1293,8 \text{ мм.}$$

Розроблені методики геометричного розрахунку дають змогу правильно встановити воронки як з циліндричними, так і конічними бортами на машині, що при статичному стані системи повинно забезпечити необхідну точність поздовжнього фальцювання полотна.

Але фальцювальні воронки у ланцюгу паперопроводки впливають на рух паперового полотна, яке у процесі руху піддається пружно-пластичним деформаціям, зумовленим технологічно необхідним натягом полотна, що закладається у механізми паперопроводки. Ці фактори можуть внести деяку корекцію в геометричний розрахунок воронки.

Наведені у роботі теоретичні дослідження динаміки руху паперового полотна в зоні механізмів і поздовжнього фальцю показали, що окремі елементи полотна по його ширині при проходженні зони витягуються нерівномірно, а абсолютне видовження по ширині полотна неоднакове, отже, потрібна корекція геометричних параметрів так званої теоретичної воронки. У цьому випадку $\alpha^2 \neq \frac{\pi}{2}$. Тобто рівняння (2.3) $\operatorname{tg} \alpha_1 \neq \cos \gamma$, згідно досліджень

$\alpha_2' > 90^\circ$, оскільки видовження кромки полотна більше, ніж елемента в центрі полотна, причому кут α_2' більший $\frac{\pi}{2}$ на ρ , що визначається за формулою

$$\operatorname{tg} \rho = \frac{\frac{\Sigma \delta \lambda_{\text{к}} - \Sigma \delta \lambda_{\text{ц}}}{B}}{2}, \quad (2.11)$$

де $\Sigma \delta \lambda_{\text{к}}$, $\Sigma \delta \lambda_{\text{ц}}$ — абсолютне сумарне видовження елементів полотна на його кромці і по центральній лінії; B — ширина полотна.

Для введеної поправки у рівняння (2.3) визначимо залежності між кутами γ , α_1 і α_2 за умови

$$\alpha_2 \neq \frac{\pi}{2}; \quad \alpha_2' > \frac{\pi}{2}; \quad \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\sin(\alpha_2 - 90^\circ) + \cos \gamma}{\cos(\alpha_2' - 90^\circ)}, \quad (2.12)$$

оскільки $\rho = \alpha_2' - 90^\circ$;

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\sin \rho + \cos \rho}{\cos \rho}.$$

Подальший розрахунок проводиться за розробленою методикою. Практично зміна кута α_2 , що характеризується різницею абсолютних видовжень полотна по його ширині, дуже мала. Згідно з проведеними експериментальними дослідженнями та розрахунками, при збільшенні натягу полотна до максимально допустимого значення, коли воно в зоні першого поздовжнього фальца досягає 5 н/см, кут ρ змінюється в межах $25' \dots 30'$ і α_1 теж змінюється на дуже малу величину. Нею в практичних розрахунках можна знехтувати, тобто користуватись залежністю, коли $\operatorname{tg} \alpha_1 = \cos \gamma$, а при визначенні монтажних регулювань слід виходити з указанного розходження кутів α_2 і α_2' . Наприклад, для газетних машин допуск на регулювання кута α_1 достатній у межах $\pm 30'$.

Таким чином, розроблену методику геометричного розрахунку фальцювальних воронок при статичному стані паперового полотна можна застосувати і при русі полотна в зоні першого поздовжнього фальца.

V. I. MANZOROV, I. A. KRUGLOV

PARAMETRIC CALCULATIONS OF WEB-FED ROTARY NEWSPAPER PRESSES FOLDING FORMER

Summary

Questions of geometric calculation of folding former angle parameters for stock static conditions are studied. Some angle parameter correction connected with changing these parameters while the folding former is moving on the web is studied.