

РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НОСИКА ФАЛЬЦЮВАЛЬНИХ ВОРОНОК З КОНІЧНИМИ БОРТАМИ

Розроблені методики геометричного розрахунку фальцювальних воронок, які визначають взаємозв'язок між окремими кутівими параметрами, не враховують форму та профіль її носика, хоча останній має велике значення при формуванні першого позовжнього згину паперового полотна. Наявність носика на воронці зумовлює зміну розрахункової схеми фальцювання у рулонних друкарських машинах. Носик повинен забезпечити плавне сходження паперового полотна, не порушуючи при цьому правильності співвідношення між параметрами фальцювальної воронки. На форму носика впливають геометричні параметри воронки, положення напрямних валиків відносно воронки, конструктивне виконання воронки, в тому числі побудова конусів (сходяться їх вершини в одній точці чи пересікаються).

Розглянемо схему фальцювальної воронки з довільними параметрами (рис. 1), в якій прийнято, що конуси сходяться в одній точці O ; осьові напрямних валиків знаходяться на рівні сходження конусів, оскільки таке положення валиків з точки зору геометрії фальцювання найбільш правильне.

Розглянемо сходження полотна з носика воронки 1 і напрямних валиків 2 до зони контакту полотна в тягнучих валиках 3 (рис. 1). Кромка паперового полотна при сходженні з конічного борта воронки йде по дотичній до поверхні напрямного валика під кутом α_b , що є проекцією кута α_y на вертикальну площину, проведена через кромки паперового полотна

$$\operatorname{tg} \alpha_b = \frac{\operatorname{tg} \alpha_y}{\sin \gamma}; \quad \alpha_b > \alpha_y. \quad (1)$$

Знаходимо мінімальну відстань, яка визначає положення напрямних валиків

$$B = \frac{2r(1 - \cos \alpha_b)}{\cos \alpha_b}, \quad (2)$$

де $r = r_n + \Delta$; r_n — радіус напрямного валика; Δ — товщина паперу.

Площина, утворена полотном, що збігає з воронки, є дотичною до поверхні валика; таким чином, проекція воронки на вертикальну площину повторює форму і траєкторію руху кромки паперового полотна від точок її дотику з напрямним валиком до тягнучих валиків.

Вертикальну проекцію носика умовно розділимо на три ділянки (рис. 1): ділянка $1'-2'$, утворена проекцією поворотних конусів воронки на вертикальну площу; ділянка $2'-3'$ обмежена ко-

лом радіусом r ; ділянка $3'-4'$, що збігається за формою з траєкторією руху кромки паперового полотна.

Побудуємо розгортку носика в площині набігання паперового полотна L_n для окремих ділянок. Ділянка $1-2$ розгортки носика в площині L_n утворена продовженням поворотних конусів фальцеворонки. Довжина ділянки l_1 вибирається конструктивно і залежить від способу і конструкції кріплення носика з поворотними конусами. Розмір A в місці кріплення носика з воронкою визначається як

$$A = 2(x_0^* + l_1) \operatorname{tg} \alpha_\gamma, \quad (3)$$

де x_0^* — розмір від центра валиків до точки M'_0 на розгортці.

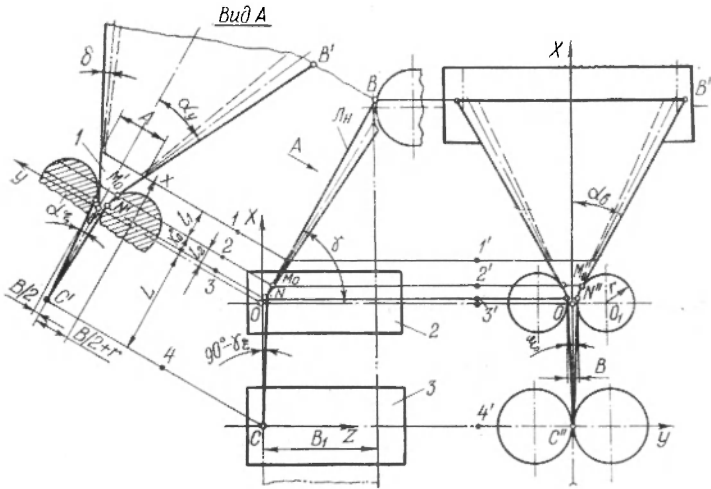


Рис. 1. Схема фальцевальної воронки.

Ділянка $2-3$ розгортки носика воронки повинна бути обмежена по ширині дугами еліпса, утвореного перерізом площини набігання паперового полотна L_n з поверхнею напрямних валиків. Рівняння еліпса у канонічному вигляді

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

де $b=r$ — мала піввісь еліпса; $a = \frac{r}{\sin \gamma}$ — велика піввісь еліпса.

З врахуванням цього одержуємо

$$x^2 \sin^2 \gamma + y^2 = r^2. \quad (4)$$

Визначимо координати точки M'_0 , яка є точкою дотику лінії $O'B'$ в площині набігання паперового полотна на воронку з поверхнею напрямного валика

$$x_o = \frac{r \sin \alpha_n}{\sin \gamma}; \quad y_o = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2} = r \cos \alpha_n. \quad (5)$$

Висота ділянки 2—3 розвертки носика визначається $l_2 = x_o - r \sin \alpha_\xi$.

Довжина дуги криволінійної ділянки 2—3 визначається за формулою

$$L_{\text{мон}} = \int_0^{x_o} \sqrt{a^2 \sin^2 t + b^2 \cos^2 t} dt, \quad (6)$$

$$r \sqrt{\frac{1}{\text{ctg}^2 \xi - 1}}$$

де t — параметр еліпса.

Проекція ділянки 3—4 носика воронки на вертикальну площину збігається за формою з траєкторією руху кромки полотна. Таким чином, паперове полотно від напрямних до тягнучих валків утворює клин.

Визначимо половину двогранного кута ξ , утвореного полотном у вертикальній площині.

Для цього визначимо координати точки сходження полотна з напрямного валіка

$$x = r \sin \alpha; \quad y = r \cos \xi;$$

$$a = \frac{B}{2} + r - r \cos \xi; \quad b = L - x = L + r \sin \xi;$$

$$\text{tg } \xi = \frac{a}{b} = \frac{\frac{B}{2} + r - r \cos \xi}{L + r \sin \xi}.$$

Звідки одержуємо

$$\cos \xi = \frac{r \left(\frac{B}{2} + r \right) \pm \sqrt{r^2 \left(\frac{B}{2} + r \right)^2 + \left[L^2 \left(\frac{B}{2} + r \right)^2 \right] (L^2 - r^2)}}{L^2 + \left(\frac{B}{2} + r \right)^2}. \quad (7)$$

Кут ξ можна уявити як проекцію кута при вершині воронки α_ξ , нахиленої під кутом γ_ξ до осей напрямних валіків. Тоді можна записати

$$\text{tg } \alpha_\xi = \sin \alpha_\xi \text{ tg } \gamma_\xi. \quad (8)$$

Щоб дотримати вимогу правильного фальцювання на такій воронці, необхідно зберегти умову взаємозв'язку кутових параметрів $\text{tg } \alpha_\xi = \cos \gamma_\xi$. тоді

$$\text{tg } \xi = \text{ctg } \gamma_\xi; \quad \gamma_\xi = 90^\circ - \xi. \quad (9)$$

Кут α є кутом при вершині ділянки 3—4 розгортки носика воронки у площині L_n

$$\operatorname{tg} \alpha_{\xi} = \operatorname{tg} \zeta \sin (90^{\circ} - \xi) = \sin \zeta,$$

звідки

$$\alpha_{\xi} = \arctg (\sin \xi). \quad (10)$$

Загальна довжина розгортки носика

$$L_p = l_1 + l_2 + l_3,$$

де l_1 — довжина, яка приймається конструктивно; l_2 — довжина, яка дорівнює: $l_2 = x_0 - r \sin \alpha_{\xi}$; l_3 — довжина ділянки 3—4 — розгортки носика воронки, яка визначається як

$$l_3 = \frac{L}{\sin \gamma \cdot \sin \gamma_{\xi}} + r \sin \alpha_{\xi} = L' + r \sin \alpha_{\xi}; \quad L' = \frac{L}{\sin \gamma \cdot \sin \gamma_{\xi}}.$$

Конструктивна довжина l_3 може бути зменшена на величину $(0,3 \div 0,6) l_3$ залежно від кута нахилу воронки γ , причому вона збільшується зі зменшенням кута γ .

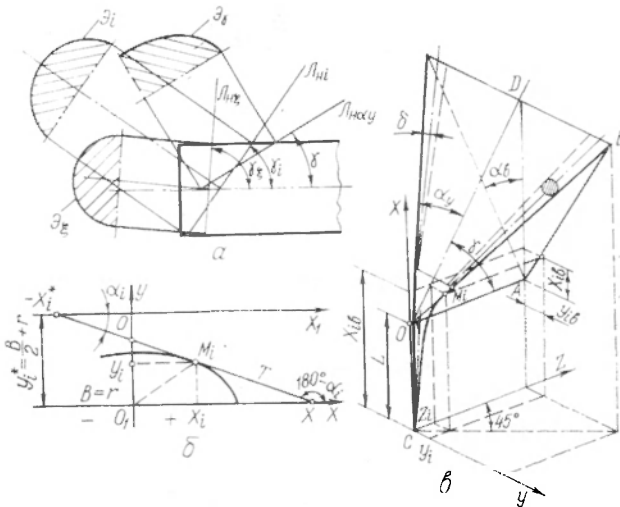


Рис. 2. Розгортка носика фальцювальної воронки.

Побудувавши розгортку носика воронки, необхідно знайти проекцію носика фальцювальної воронки на вертикальну площину ODA (рис. 2), за відомими значеннями: γ , α_{γ} , B , L_p , l_1 , α_{ξ} , r .

Проекцію носика на площину ODA можна уявити як воронку з змінним кутом γ_i , тобто зі змінним положенням площини L_n . При пересіченні площини L_{ni} з площиною прямого валка одержуємо еліпс E_i з своїми параметрами. Таким чином, вибравши довільне сімейство різних кутів γ_i , які лежать у границях $\gamma_{\xi} < \gamma_i < \gamma$, одержуємо сімейство еліпсів (рис. 2, a).

Для довільного еліпса можна записати

$$x_i^2 \sin^2 \gamma_i + y_i^2 = r^2,$$

де x_i і y_i — координати точки дотику довільної воронки з поверхнею напрямного валика $x_i = f(\gamma_i)$; $y_i = f'(\gamma_i)$. Але $\operatorname{tg} \alpha = \cos \gamma$, тому $x_i = f_1(\alpha_i)$; $y_i = f_1'(\alpha_i)$, звідки $\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha_i) = \varphi_1(x_i)$.

Таким чином, коли у довільній точці M_i еліпса провести дотичну, то кут між нею і віссю x становитиме $180^\circ - \alpha_i$, а $\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha_i)$ є похідною від функції Y .

Запишемо рівняння еліпса у параметричній формі

$$x_i = a \cos t; \quad y_i = b \sin t.$$

або

$$x_i = \varphi(t); \quad y_i = \psi(t);$$

$$y' = \frac{dy}{dx} = \frac{d(b \cdot \sin t)}{d(a \cdot \cos t)} = -\frac{b}{a} \operatorname{ctg} t.$$

Тоді

$$\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha_i) = -\frac{b}{a} \operatorname{ctg} t; \quad \operatorname{tg} \alpha_i = \frac{b}{a} \operatorname{ctg} t,$$

або для γ_i

$$\cos \gamma_i = \frac{a}{b} \operatorname{ctg} t. \quad (11)$$

Замінивши величини b , a , t їх значеннями, одержуємо рівняння дотичної до еліпса у точці M_i (рис. 2, б).

$$y_i = \frac{x_i(1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i)}{\operatorname{tg} \alpha_i}. \quad (12)$$

Знайдемо величину x_i , замінивши значення y_i у канонічному рівнянні еліпса

$$x_i^2 \sin^2 \gamma_i + \frac{x_i^2(1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i)^2}{\operatorname{tg}^2 \alpha_i} = r^2, \quad (13)$$

звідки після спрощень

$$x_i = r \sqrt{\frac{1}{\operatorname{ctg}^2 \alpha_i - 1}}. \quad (14)$$

Величина y_i визначається:

$$y_i = r \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}.$$

Проекції координат x_i і y_i на вертикальну площину з врахуванням $\operatorname{tg} \alpha_i = \cos \gamma_i$ дорівнюють

$$\left. \begin{aligned} x_{ib} = x_i \sin \gamma_i &= r \sqrt{\frac{1}{\operatorname{ctg}^2 \alpha_i - 1}} \sin \gamma_i = r \operatorname{tg} \alpha_i, \\ y_{ib} = y_i &= r \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Зробимо паралельний перенос осей координат XO_1Y , прийнявши за центр координат точку C , і знайдемо координати точки кривої відносно осей CX і CY (рис. 2, в)

$$\begin{aligned} X_i &= L + x_{ib} = L + r \operatorname{tg} \alpha_i, \\ Y_i &= \left(\frac{b}{2} + r \right) - y_{ib} = \left(\frac{b}{2} + r \right) - r \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}. \end{aligned} \quad (16)$$

Для визначення координати Z_i спроектуємо точку M_i на площину L_{ni}

$$Z_i = (X_{ib}^* + x_{ib}) \operatorname{ctg} \gamma_i, \quad (17)$$

де x_{ib}^* — проекція координат x_i на вісь CX ; x_{ib} — координата точки перетину дотичної M_iT з віссю OX_i в площині L_{ni} (рис. 2, б).

Рівняння дотичної M_iT у площині L_{ni} записується як

$$\frac{X_{2i} \cdot x_{oi}}{a^2} + \frac{Y_{2i} \cdot y_{oi}}{b^2} - 1,$$

де $x_{2i} = d \cdot \cos t$; $y_{2i} = b \sin t$. З урахуванням цього маємо

$$x_{oi} b \cos t + y_{oi} d \sin t - ab = 0. \quad (18)$$

Підставивши в рівняння (18) замість координат x_{oi} , y_{oi} координати x_i^* , Y_i^* (рис. 2, б), одержуємо:

$$bX_i^* \cos t + aY_i^* \sin t - ab = 0, \quad (19)$$

де координата Y_i^* визначається

$$Y_i^* = Y_i = \frac{B}{2} + r. \quad (20)$$

Розв'язуючи сумісно рівняння (19) і (20) з заміною параметрів a , b і t своїми значеннями, запишемо

$$X_i^* = \frac{r + \frac{B}{2}}{\operatorname{tg} \alpha_i} - \frac{r}{\operatorname{tg} \alpha_i \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}}. \quad (21)$$

Координату X_{ib}^* визначимо як

$$X_{ib}^* = X_i^* \sin \gamma_i = \left(r + \frac{B}{2} \right) \frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}}{\operatorname{tg} \alpha_i} - \frac{r}{\operatorname{tg} \alpha_i}. \quad (22)$$

Кут α_i змінюється в діапазоні $\xi < \alpha_i < \alpha_y$.

Визначимо координату Z_i точки M_i кривої профілю носка воронки, підставивши значення X_{ib}^* , x_{ib} і використовуючи рівняння $\operatorname{tg} \alpha = \cos \gamma$

$$Z_i = (X_{ib}^* + x_{ib}) \operatorname{ctg} \gamma_i.$$

У кінцевому вигляді одержуємо

$$Z_i = \left(\frac{B}{2} + r \right) - r \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}. \quad (23)$$

Таким чином одержуємо, що $Z_i = Y_i$.

Проекції криволінійної ділянки носика на вертикальні координатні площини XCZ і YCZ являють собою дуги кіл і рівні між собою (рис. 1).

Проекції на площину YCX дорівнюють

$$x_i^2 + y_i^2 = r^2; \quad x_i^2 = r \operatorname{tg} \alpha_i; \quad y_i = r \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}, \quad (24)$$

і на площину XCZ

$$x_i^2 + Z_i^2 = r^2; \quad x_i = r \operatorname{tg} \alpha_i; \quad Z_i = r \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_i}.$$

Рівняння (24) визначають основні залежності між геометричними параметрами носика за умови правильної проводки полотна через гостру кромку, тобто за вихідну формулу був прийнятий вираз $\operatorname{tg} \alpha = \cos \gamma$. Але поворотну кромку необхідно закруглити, щоб запобігти різанню полотна. Із-за малих довжин параметрів носика воронки заокруглення не буде впливати на геометрію фальцювання.

Радіус R_i у довільній точці ділянки 1—2 носика визначається як радіус поворотного конуса на відповідній відстані від центра сходження конусів у точці O (рис. 1).

$$R_{i12} = L_i \sin \delta, \quad (25)$$

де L_i — відстань від точки перерізу до розглядуваного нормального конуса.

Радіус заокруглення у точці M_0 (рис. 1)

$$R_0 = L_0 \sin \delta = \frac{x_z}{\cos \alpha_y} \sin \delta = \frac{r \sin \alpha_b}{\cos \gamma \cos \alpha_y} \sin \delta. \quad (26)$$

Радіус заокруглення у перерізі ділянки 2—3 носика визначається як (рис. 1)

$$R_{i21} = \frac{R_0 L_{i23}}{L_{CMO}}, \quad (27)$$

де

$$L_{CMO} = \frac{L'}{\cos \alpha_z} + L_{MON}, \quad (28)$$

L_{i23} — відстань від точки C до розглядуваного перерізу конуса на ділянці 2—3, яка знаходиться за аналогічними формулами [6] і [28].

Радіус заокруглення на ділянці 3—4

$$R_{i34} = \frac{R_i l_{i34}}{L_{\text{СМО}}}, \quad (29)$$

де l_{i34} — відстань від точки C до розглядуваного перерізу на границях клина.

Розрахувавши всі геометричні параметри носика фальцворонки, можна побудувати конструкцію носика з показом розгортки, необхідних розрізів і перерізів.

V. I. MATOROV, I. A. KRUGLOV

**BEAK GEOMETRICAL PARAMETERS CALCULATIONS
OF CONE SIDES FOLDING FUNNELS**

S u m m a r y

The article explains the methods of the geometrical calculations of the folding beak with cone sides nad it gives the definitions of geometrical parameters of beak funnel rimer, its main types nad the necessary intersection.
