

## ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ ПРИ ОБРІЗУВАННІ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ ДИСКОВИМ НОЖЕМ

*Петріашвілі Г., професор, Варшавська Політехніка, Польща*  
*Яніцкі П., директор, друкарня ім. В.Л. Анчица, Польща*  
*Комаров С. М., доцент, Українська академія друкарства*

Запропоновано теоретичну модель для визначення сил, що виникають при різанні книжкових блоків дисковим ножем. Для виведення розрахункових формул прийнято наступні припущення.

1. Книжковий блок лишається нерухомим, а ніж обертається і рухається назустріч блоку зі швидкістю подачі.

2. Повна сила різання, що діє з боку ножа на блок, складається з нормальної складової, напрямленої вздовж радіусу, і дотичної складової, напрямленої по дотичній до леза в напрямку лінійної швидкості точки леза. Нормальна складова обумовлена руйнуванням аркушів паперу при врізанні ножа, а дотична складова дорівнює сумі сили розпилювання і сили тертя (рис. 1).

3. Величина питомої нормальної складової сили залежить від величини трансформованого кута загострення леза ножа в точці різання [1, 2].

4. Коефіцієнт ковзного різання [3] дорівнює відношенню дотичної складової до нормальної складової сили різання, і для певних умов різання є величиною сталою.

Уявімо, що лезо дискового ножа складається з елементарних призматичних ножів нескінченно малої довжини, кожний з яких виконує похилено-ковзне різання (рис. 1).

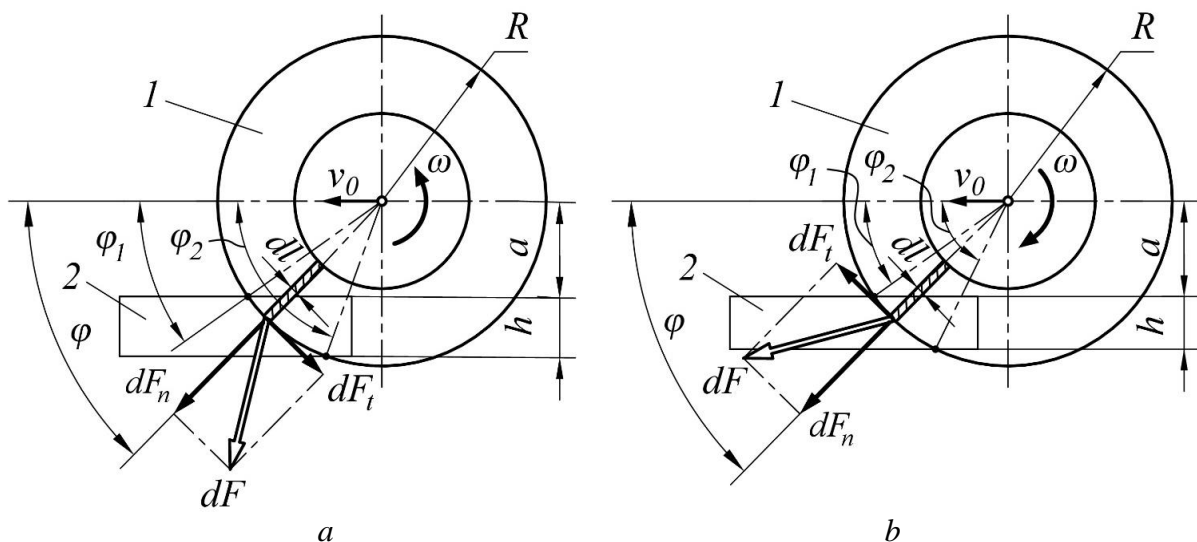


Рисунок 1 – Розрахункові схеми для обчислення сил різання, що діють на книжковий блок, при попутному (а) та зустрічному (б) різанні, 1 – дисковий ніж, 2 – книжковий блок

Оскільки напрямок лінійної швидкості залежить від положення елементарного ножа відносно блоку, тобто, від кута  $\varphi$ , а напрямок швидкості подачі не змінюється, величина трансформованого кута загострення кожного елементарного ножа буде також різною [4]. Враховуючи, що питому нормальну



силу різання можна апроксимувати емпіричною степеневою залежністю [5], запишемо формулу для визначення нормальної складової сили різання на елементарному ножі у вигляді:

$$dF_n = K_0 \left\{ \arctan \left[ \tan(\alpha_0) \frac{v_0 \cdot \cos(\varphi)}{\sqrt{[\omega R \cdot \sin(\varphi) \pm v_0]^2 + [\omega R \cdot \cos(\varphi)]^2}} \right] \right\}^\gamma dl, \quad (1)$$

де  $K_0$  і  $\gamma$  – емпіричні коефіцієнти;

$\alpha_0$  – статичний кут загострення ножа, інші параметри зрозумілі з рис.1.

Вираз у фігурних дужках – значення трансформованого кута загострення ножа [5], знак «плюс» слід приймати для зустрічного різання, «мінус» - для попутного.

Елементарну дотичну складову  $dF_t$  обчислимо, як добуток елементарної нормальної складової на сталий коефіцієнт ковзного різання  $f$ , що визначається з експериментальних даних. Проеціюємо елементарні сили на горизонтальну і вертикальну вісь, інтегруємо вздовж дуги різання і отримуємо значення поздовжньої  $F_x$  і поперечної  $F_z$  сили різання:

$$F_x = \int_{\arcsin\left(\frac{a}{R}\right)}^{\arcsin\left(\frac{a+h}{R}\right)} K_0 \left\{ \arctan \left[ \tan(\alpha_0) \frac{v_0 \cos(\varphi)}{\sqrt{[\omega R \sin(\varphi) \pm v_0]^2 + [\omega R \cos(\varphi)]^2}} \right] \right\}^\gamma R [\cos(\varphi) \pm f \cdot \sin(\varphi)] d\varphi \quad (2)$$

$$F_z = \int_{\arcsin\left(\frac{a}{R}\right)}^{\arcsin\left(\frac{a+h}{R}\right)} K_0 \left\{ \arctan \left[ \tan(\alpha_0) \frac{v_0 \cos(\varphi)}{\sqrt{[\omega R \sin(\varphi) \pm v_0]^2 + [\omega R \cos(\varphi)]^2}} \right] \right\}^\gamma R [\sin(\varphi) \mp f \cdot \cos(\varphi)] d\varphi$$

Верхні знаки слід приймати для зустрічного різання, нижні знаки – для попутного. Інтегрالي у формулах (2) у скінченому вигляді не беруться, тому ми проводили їх дослідження чисельними методами за допомогою Mathcad. Як показує порівняння з експериментальними даними, формули (2) дають досить непогане наближення в певному діапазоні параметрів. За допомогою цих формул можна з достатньою точністю досліджувати вплив різних параметрів налаштування дискового ножа на величини сил різання, не виконуючи трудомістких і дорогих експериментальних досліджень у повному об'ємі. В доповіді наведено деякі результати обчислень сил різання за наведеною методикою і дано порівняння з експериментальними даними.

#### Список літератури

1. Pil'nenko, A.K. (2012). Kinematicheskaya transformatsiya ugla zatочки lezviya diskovogo nozha. *Міжвузівський збірник "Наукові нотатки"*, (39), 159-162.
2. Janicki, P., & Petriaszwili, G. (2015). Transformacja kinematycznego kąta zaostrenia ostrza noża w procesach rozkroju tektury i papieru nożami krążkowymi. *Opakowanie*, (9), 79-81.
3. Daur'skiy, A.N., & Machikhin YU.A. (1980). Rezaniye pishchevykh materialov: teoriya protsessa, mashiny, intensifikatsiya. *Pishchevaya promyshlennost'*.
4. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2017). Badanie trajektorii ruchu krawędzi tnącej noża krążkowego podczas krojenia wkładów książkowych. *Opakowanie*, (9), 76-79.
5. Komarov, S., & Petriaszwili, G. (1989). Dynamische Untersuchung des Vibrations-schneidens von Papier. *Maschinenbautechnik*, 11(38), 503-506.