

І.І.Пегей

## ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗАННЯ КАРТОННОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ПРИНЦИПОМ НОЖИЦЬ

Останнім часом зростає кількість невеликих палітурно-реставраційних майстерень і цехів, яким вкрай потрібне малогабаритне (навіть з ручним приводом) устаткування для обробки картонного матеріалу. Картонорубка КН-1 у більшості випадків є для них недоступною або незручною через ряд різних причин (її дефіцит на ринку брошурувально-палітурного устаткування, висока ціна, потреба надлишкової виробничої площі через значні розміри). Проте подібне устаткування нескладне, і навіть невеликі ремонтно-механічні майстерні можуть освоїти його випуск.

Аналіз спеціальної літератури показав, що в ній відсутні обґрунтовані рекомендації щодо вибору геометричних розмірів вузла різання, який складається (див.рис.1) з нерухомого і рухомого протиножів з центром обертання в точці О. Різання картонного матеріалу відбувається шляхом взаємодії леза рухомого ножа з нерухомим. Рухомий ніж обертається відносно осі закріплення за годинниковою стрілкою. В точці  $A_1$  лезо ножа врізається в матеріал заготовки, а в точці  $A_2$  закінчується процес різання. При цьому ніж повертається на кут  $\varphi_{\max} - \varphi_0$ , де

$$\varphi_0 = \frac{a}{\sqrt{b^2 + (e+h)^2}} - \arctg \frac{e+h}{b};$$

$$\varphi_{\max} = \arccos \frac{a}{\sqrt{c^2 + e^2}} - \arcsin \frac{e}{\sqrt{e^2 + c^2}}.$$

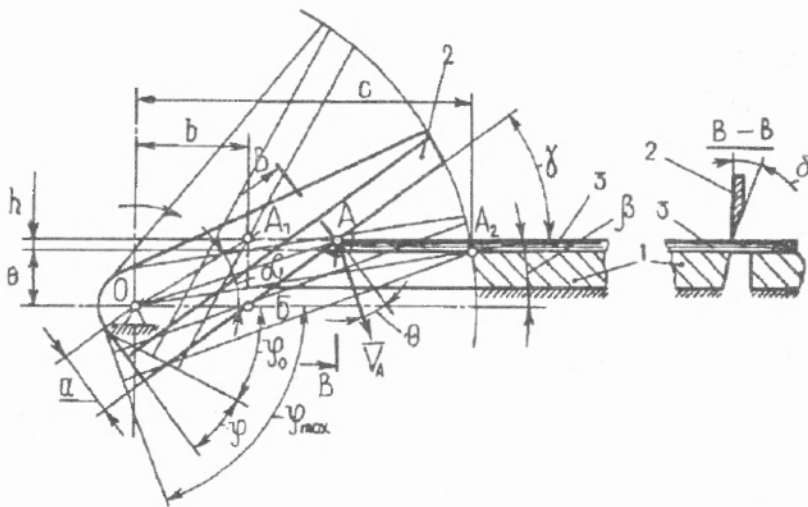


Рис.1. Розрахункова схема:

1 — нерухомий протиніж; 2 — рухомий протиніж; 3 — картонний матеріал;  $a$  і  $b$  — відстані, відповідно, від осі обертання ножа до його леза і переднього поля картону;  $c$ — $b$  — довжина різання;  $e$  — ексцентриситет фіксування картонної заготовки;  $h$  — товщина картону.

Аналіз процесу ножицеподібного різання показав, що при зміні кута повороту ножа кут врізання  $\gamma$  також змінюється. Як видно з рис.1, на початку різання картону він більший, ніж наприкінці. Кут врізання визначаємо за такою залежністю:

$$\gamma = \arcsin \frac{a}{ob} = \arcsin \left[ \cos \left( \arccos \frac{\lambda_1}{\sqrt{\lambda_2^2 + (\lambda_4 + 1)^2}} - \arctg \frac{\lambda_4 + 1}{\lambda_2} \cdot \varphi \right) \right],$$

(1)

де  $\lambda_1 = \frac{a}{h}$ ,  $\lambda_2 = \frac{b}{h}$ ,  $\lambda_3 = \frac{c}{h}$ ,  $\lambda_4 = \frac{e}{h}$  — відносні значення геометричних параметрів.

За формулою (1) розраховані значення  $\gamma$  для параметрів  $\lambda_1 = 5, 10, 20, 40$ ;  $\lambda_2 = 20$  і  $40$ ;  $\lambda_3 = 100$  і  $160$ , результати яких подані у вигляді графіків (рис. 2, а). Суцільною лінією і штриховою показані значення кута врізання, для яких, відповідно,  $\lambda_4 = 0$  і  $\lambda_4 = 15$ .

Як видно з графіків, збільшення  $\lambda_1$  призводить до адекватної зміни  $\gamma$ . Введення параметра  $\lambda_4 = 15$  зумовлює трикратне збільшення початкового значення кута врізання ( $\lambda_1 = 5$ ). При проектуванні різального вузла доцільно враховувати такі співвідношення між параметрами:  $\lambda_2 = (1,3 - 1,5) \lambda_1$ ,  $\lambda_3 < 5 \lambda_1$ , для нульового значення  $\lambda_4$  та  $\lambda_2 = (1,8 - 2,0) \lambda_1$ ,  $\lambda_3 < 7,5 \lambda_1$ , для  $\lambda_4 < 0,5 \lambda_1$ .

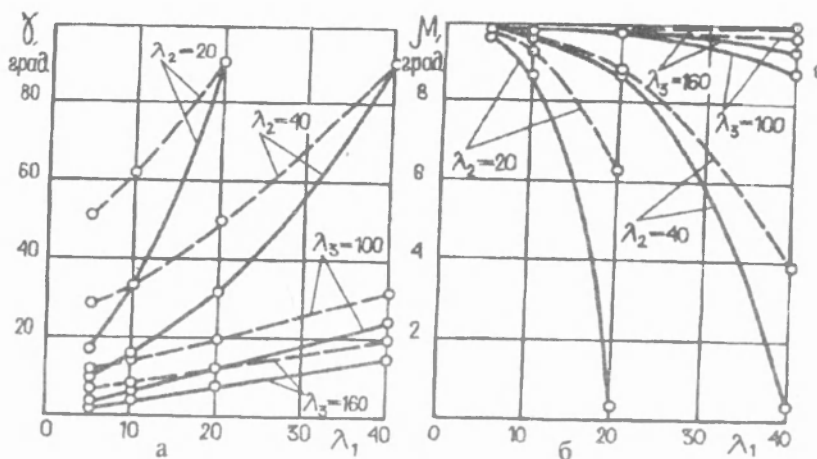
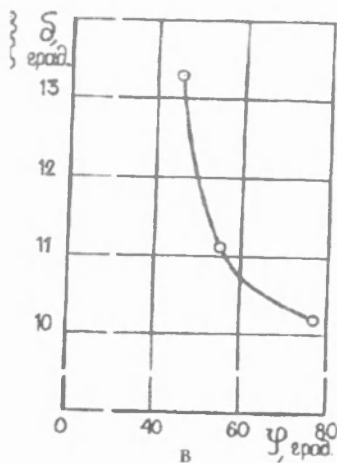


Рис. 2. Результати аналітичних досліджень: залежності кута візання (а) та дійсного кута різання (б) від розташування леза ножа відносно осі його закріплення; залежності кута заточування (в) леза ножа від кута його повороту.



У процесі різання зі зміною кута візання змінюється і дійсний кут різання  $\mu$ . Він являє собою трансформований кут заточування  $\delta$  у площині, перпендикулярній до лінії, що з'єднує вісь обертання рухомого ножа із змінною точкою різання картонного матеріалу і визначається співвідношенням [див.: Топольницький П.В. Розробка безвистійного обрізування книжкових блоків спеціальним багатолезним ріжучим інструментом. Дис. на здоб. вч. ст. к.т.н. Львів, УПІ, 1989. 175 с.]

$$\mu = \arctg (tg \cdot \cos \Theta) = \arctg \left[ tg \cdot \cos \left( \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{\lambda_1}{\sqrt{\lambda_2^2 + (\lambda_4 + 1)^2}} - \varphi \right) \right], \quad (2)$$

де  $\Theta = \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{\lambda_1}{\sqrt{\lambda_2^2 + (\lambda_4 + 1)^2}} - \varphi$  — кут між перпендикуляром до леза ножа в точці різання А і вектором  $\vec{v}$  швидкості цієї точки в обертovому русі.

На рис. 2,б у вигляді графіків подані результати розрахунків дійсного кута різання за формулою (2). Суцільною лінією показані

криві залежності  $\mu = f(\lambda_1)$  для значення  $\lambda_4 = 0$  і пунктирною — для  $\lambda_4 = 15$ . Аналіз кривих показує, що зі збільшенням  $\lambda_1$  від 5 до 40  $\mu$  зменшується для всіх перерахованих вище значень  $\lambda_2, \lambda_3$  та  $\lambda_4$ . Важливим є те, що параметр  $\lambda_4 = 15$  по відношенню до параметра  $\lambda_4 = 0$  спричиняє збільшення значення дійсного кута різання в 15 разів для  $\lambda_1 = 20$  і  $\lambda_2 = 20$  та в 10 разів для  $\lambda_1 = 40$  і  $\lambda_2 = 40$ . Вплив  $\lambda_4$  на  $\mu$  для  $\lambda_3 = 100$  і 160 несуттєвий.

Для точного і якісного різання картонного матеріалу та надання стабільного навантаження на приводному валу потрібно забезпечити дійсному кутові різання постійне значення. Один із шляхів полягає у заточуванні леза ножа по його довжині зі змінним кутом. Його визначаємо з (2):

$$\delta = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \mu}{\cos \left( \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{\lambda_1}{\sqrt{\lambda_2^2 + (\lambda_4 + 1)^2}} - \varphi \right)}. \quad (3)$$

Покажемо зміну кута заточування ножа на прикладі. Для цього візьмемо такі значення параметрів:  $\lambda_1 = 20, \lambda_2 = 30, \lambda_3 = 90, \lambda_4 = 0$  і  $\mu = 10^\circ$ . Визначивши спочатку  $\varphi$ , підставимо значення цих параметрів у (3).

Результати розрахунків подані у вигляді графіка (рис.2,в). Для забезпечення постійного дійсного кута різання лезо ножа потрібно плавно заточити на його робочій ділянці від  $\delta = 13,3^\circ$  до  $\delta = 10,2^\circ$ .

Стаття надійшла до редколегії 24.01.96