

УДК 686.12.056

*А. Б. Коломієць, П. В. Топольницький*

**АНАЛІЗ ЕЛІПТИЧНОЇ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ТОЧОК ЛЕЗА  
НОЖА ПРИ БЕЗУПИННОМУ РІЗАННІ КНИЖКОВО-  
ЖУРНАЛЬНИХ БЛОКІВ**

Обрізування книжково-журнальних блоків (КЖБ) з трьох боків в існуючому устаткуванні (триножових машинах) вітчизняного і зарубіжного виробництва здійснюється під час зупинки напівфабрикатів протягом виконання процесу. Для цього способу характерні значні технологічні та динамічні навантаження, що істотно обмежують швидкісні можливості машин [2]. Порівняно невисока продуктивність роботи, складність конструкції й застарілий технологічний процес роботи призвели до пошуку нових, альтернативних способів та устаткування для їх реалізації.

Розв'язанню цієї проблеми присвячені теоретичні та експериментальні дослідження, проведені науковцями в різних країнах світу [4, 5]. Як різальні інструменти випробовувалися лазерний і сфокусований електронний промені й дискові різальні інструменти (суцільні та із зубчастою периферією). Закономірним результатом цих пошуків стало розроблення ряду способів обрізування книжково-журнальної продукції під час її транспортування (безупинні способи). Вони дозволяють значно спростити конструкцію устаткування, суттєво зменшити силові показники процесу різання та енерговитрати і, головне, підвищити продуктивність його роботи. Крім того, устаткування для безупинного обрізування легко вписується в комплекс обладнання, задіяного в потоковій високопродуктивній лінії. Безупинні способи обрізування не потребують встановлення додаткових пристроїв, обладнання, як правило, просте, механізми циклової дії використовуються мінімально або взагалі відсутні.

Більшість сучасних розробок високопродуктивного різального обладнання ведеться на основі саме безупинних способів, наприклад, на операції зрізування корінцевих фальців перед незшивним клейовим скріпленням. Проте існуючі секції обробки корінця є доволі енергомісткими (потужність приводів до 10 кВт), їх робота супроводжується значними шумом та пиловиділенням [2, 4].

На кафедрі поліграфічних машин Української академії друкарства ведуться науково-дослідні роботи з розроблення нових способів безупинного обрізування книжково-журнальних блоків. Перспективним вважається дискретно-дотичний спосіб обрізування [1, 3]. Згідно з цим способом обрізують книжково-журнальні блоки плоскі ножі, які виконують плоско-паралельний обертовий рух у площині обрізування. Повне обрізування КЖБ здійснюється смугами однакової ширини за певну кількість циклів. Проте застосування такої траєкторії руху ножа має і деякі вади. Серед них чи не найвагомішою є стрімке зростання зусиль різання в момент вривання ножа в блок. Як показали попередні дослідження, поліпшення умов різання (збільшення швидкості різання на початковому етапі, зменшення кутів різання тощо) можливе при наданні кожній точці крайки ножів еліптичної траєкторії руху.

Безвистійне обрізування запропонованим способом здійснюється при поступальному русі блока з лінійною швидкістю  $V$  та плоскопаралельному обертovому ножа еліптичною траєкторією з максимальним радіусом  $R$  і частотою  $n$ . На параметри траєкторії значно впливає кут нахилу  $\theta$  кривошипів ножа до горизонталі: чим менший кут, тим вузькіший еліпс (рис.1).

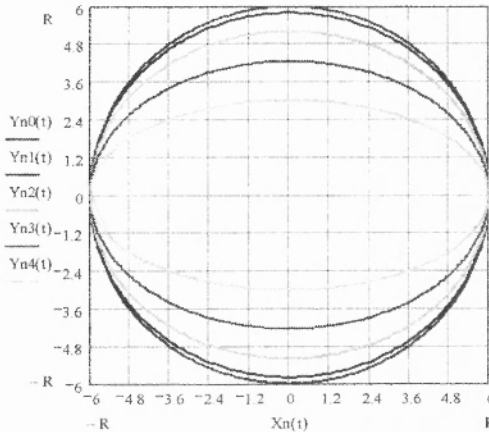


Рис.1. Еліптичні траєкторії руху точок ножа для кутів  $\theta = 90; 75; 60; 45$  і  $30^\circ$

При обрізуванні обраним способом значно трансформуються кінематичні параметри процесу. При подальших розрахунках кінематики процесу користуємося наступними залежностями.

Період руху ножа  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{60}{n}$ , де  $\omega$  – кутова швидкість точок ножа,  $s^{-1}$ .

За час  $T$  точка лева ножа переміщується в цьому напрямку на відстань  $C$ , яка дорівнює ширині смуги паперу блока, що зрізається протягом одного циклу руху ножа:

$$C = T \cdot V \cdot \sin \beta.$$

Обираємо для розрахунків таку систему координат: вісь  $X$  – уздовж лева ножа; вісь  $Y$  – перпендикулярна до лева ножа.

Переміщення точки лева ножа у параметричній формі

$$\text{по осі } X : X_n = R \sin(\omega t),$$

$$\text{по осі } Y : Y_n = R \cos(\omega t) \cdot \sin \theta,$$

де  $t$  – поточний час.

Переміщення ножа в обраних координатах:

$$S_{nn} = R \cdot \sin \theta [1 - \cos(\omega t)]; S_m = \pm R \sin(\omega t).$$

Знак "плюс" відповідає випадку зустрічного різання, "мінус" – попутного.

Аналогічно робимо для точок блока:

$$S_{bn} = V \cdot t \cdot \sin \beta \quad \text{та} \quad S_{bt} = V_b \cdot t_b \cdot \cos \beta$$

Лінійну швидкість ножа, відповідно, розкладаємо на складові:

$$V_m = R \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin \theta \quad \text{та} \quad V_n = R \cdot \omega \cdot \cos(\omega t).$$

Кінематичний аналіз параметрів процесу почнемо з побудови траєкторії взаємного руху точок блока і ножа в площині обрізування. Для цього застосуємо метод інверсії (тобто, обернення руху точок лева ножа відносно

книжково-журнального блока). Відкладаючи в кожному з положень точки ножа від'ємне значення переміщення блока, отримаємо точки, які утворюють траєкторію руху леза ножа на поверхні блока в площині різання. Побудова показує, що траєкторія точки леза в площині зрізування є крива із сімейства циклоїд (рис.2).

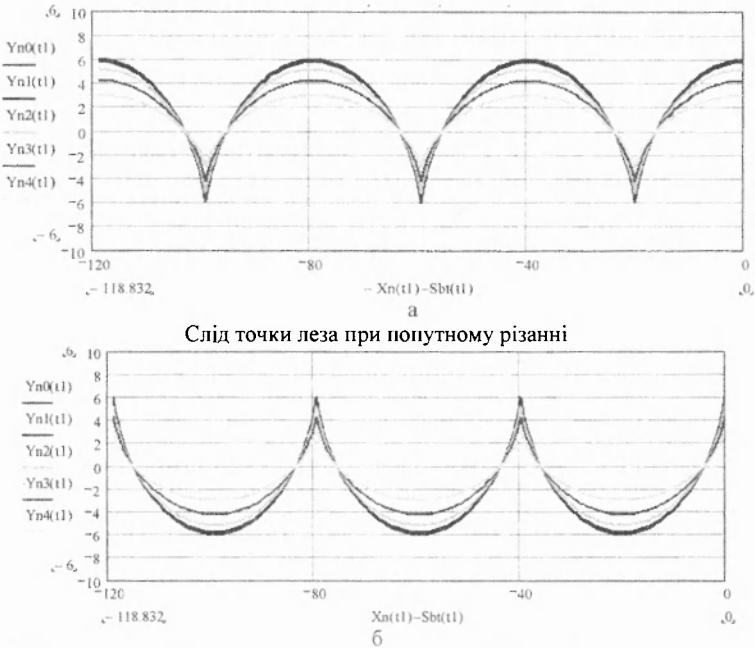


Рис.2. Траєкторії руху точок леза ножа при зустрічному і попутному різанні (б)

Різнання в деякий момент часу здійснюється лише при певному співвідношенні переміщень і швидкостей блока та леза ножа в напрямку, перпендикулярному до останнього. При цьому різання відбувається за наступних умов:

$$S_{bn} > S_{mn} \text{ та } V_{bn} > V_{mn},$$

де  $S_{bn}$ ,  $S_{mn}$  – поточні переміщення, відповідно, точок блока та ножа в напрямку, перпендикулярному до леза ножа;  $V_{bn}$ ,  $V_{mn}$  — відповідні поточні значення лінійних швидкостей у цьому напрямку.

На рис.3 зображено діаграми переміщень ножа і блока за час  $T$  уздовж нормалі до леза. Для ліпшої наочності умов процесу різання побудова проведена в безрозмірних величинах.

Слід точки леза при зустрічному різанні

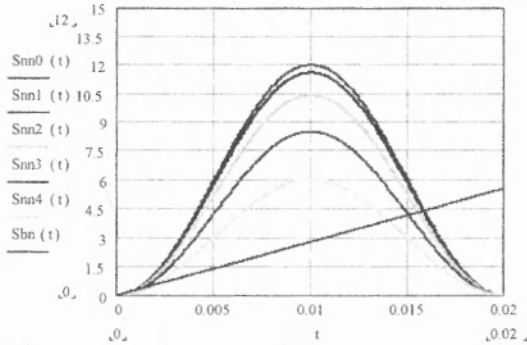


Рис.3. Діаграми перемішень ножа і блока уздовж нормалі до леза

Як бачимо, для різних співвідношень швидкостей ножа і блока характер процесу суттєво відрізняється.

Для подальшого аналізу процесу необхідно визначити межі різання протягом циклу руху ножа. Для цього знаходимо кути, що відповідають точкам виходу леза ножа з контакту з блоком  $\varphi_e$  та їх зустрічі  $\varphi_m$ . Визначення моменту виходу ножа з “тіла” блока здійснюється наступним чином. Перша з умов відділення ножа від тіла блока може бути подана як різниця перпендикулярних до леза ножа складових їх перемішень. Дана функція відображає поточну величину смуги блока, що зрізується протягом циклу. На рис.4 графічно зображена ця функція для різних радіусів обертання леза ножа.

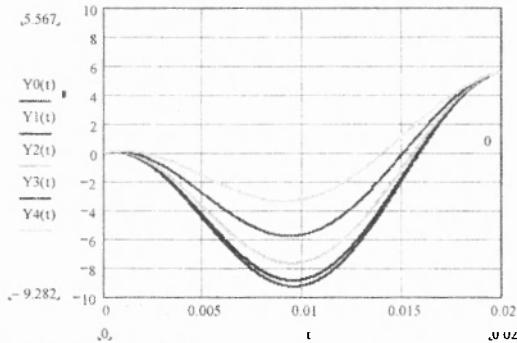


Рис.4. Функція відображення поточної величини смуги блока, що зрізується протягом циклу

При зменшенні радіуса  $k$  криві другого ступеня поступово переходять в лінійну залежність, що відповідає процесу різання блока нерухомим ножем. Робимо припущення, що момент виходу ножа з блока відбувається на відрізку  $[0; T/2]$ . Умова виходу леза ножа з контакту з блоком відповідає значенню  $\varphi = \varphi_e$ . Цей момент відповідає першому максимуму функції  $Y = f(\varphi)$  на заданому відрізку значень  $\varphi$ .

*Визначення моменту зустрічі ножа з незрізаною частиною блока*

Точку зустрічі  $\varphi_m$  леза ножа з незрізаною частиною блока знаходимо таким чином. При дискретному різанні її шукаємо в межах значень  $\varphi$  від  $3\pi/2$  до  $2\pi$ . Знаходиться вона на перетині кривої переміщення ножа та прямої “незрізаною” частини блока, тобто при  $S_m = S_{bn}$ . На основі результатів обчислень можна знайти загальний кут, при якому відбувається різання:  $\varphi_{rz} = 2\pi - \varphi_m + \varphi$ .

$$\text{Робоча частина циклу руху ножа } T_{riz} = \frac{\varphi_{rz}}{2\pi}.$$

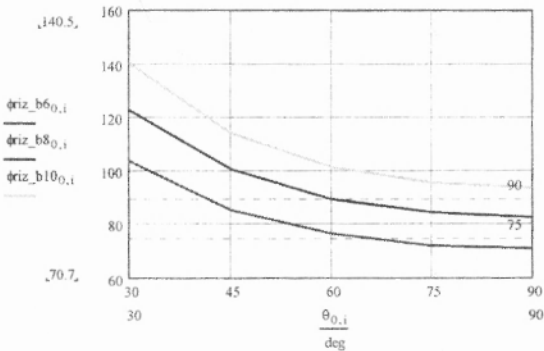


Рис.5. Зміна циклового кута наявності  $\varphi_{rz}$  різання залежно від кута  $\theta$  нахилу кривошипів ножа для кутів встановлення ножа  $\beta = 6; 8; 10^\circ$

Таким чином, наведені результати розрахунків свідчать, що траєкторіями взаємного руху точок блока і ножа в площині обрізування є криві із сімейства циклоїд (укорочені). Зменшення кута нахилу кривошипів ножа до горизонталі зумовлює:

звужування еліпса та розтягування траєкторії взаємного руху уздовж лінії руху КЖБ, що позитивно впливає на зменшення зусилля різання та підвищення якості і точності обрізу;

скорочення періоду різання, а отже, і зменшення потужності двигуна різального модуля;

Кути встановлення леза ножа не повинні перевищувати  $8^\circ$ . Збільшення даного кута призведе до стрімкого зростання відносної частки циклу різання в загальному циклі руху ножа. Зменшення кута встановлення може негативно вплинути на габарити різальної секції (збільшаться розміри ножа).

1. Коломієць А.Б. Розробка технологічного процесу обрізування дискретно-дотичним способом книжково-журнальних блоків: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.01. Львів, 2002. 2. Кошелев Е.И., Пергамент Д.А., Филиппов В.П. Брошюровочно-переплетные машины. М., 1986. 3. Пат. 177365 РП, МКИ В 42 С 5/00. Sposob obrabki grzbielow wkladow ksiazkowyh/ Petriaszwilli J.(РП), Borowski Р. (РП), Poludow А. (Україна), Kolomyjec А. (Україна). №311726; Заявл. 06.12.95; Опубл. 30.11.99; WUP 11/99. 4 с. 4. Топольницький П.В., Книш О.Б. Нові технології та пристрої для різання поліграфічних матеріалів та книжково-журнальних блоків. Львів, 2003. 5. Хведчин Ю.Й. Брошурувально-палітурне устаткування. Ч.1. Брошурувальне устаткування. Підручник. Львів, 1999.