

УДК 686.12.056

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРАЄКТОРІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ КНИЖКОВО-ЖУРНАЛЬНИХ БЛОКІВ ПІД ЧАС ОБРІЗУВАННЯ

Ю. В. Ватуляк

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Аналіз наукових публікацій виявив напрям подальшого детального дослідження процесу обрізування книжково-журнальних блоків багатолезовим інструментом під час їхнього переміщення по дузі. Конструкція різального інструмента має забезпечити якісне обрізування основної частини аркушів блока та дорізування середньої частини — на завершальному етапі циклу обрізування. Для цього необхідно визначити радіус усередненої дуги траєкторії блока під час обрізування, що розділяє зрізану площину книжково-журнальних блоків на дві однакові за площею частини.

Створено математичну модель для визначення радіуса усередненої траєкторії книжково-журнальних блоків. Дуга усередненої траєкторії блока розділяє зрізану площину КЖБ на дві однакові за площею частини, тому кількість матеріалу блока, що видаляють зовнішній та внутрішній відносно усередненої дуги комплекти лез, є однаковою, а отже, і робота сил різання обох комплектів лез теж однакова. Водночас леза зовнішнього та внутрішнього комплектів різального інструмента протягом циклу обрізування забезпечують рівномірну підтримку незрізаної частини аркушів блока, що дає змогу забезпечити якість та точність виконання операції.

Отримані результати теоретичних досліджень створюють передумови до розроблення просторової моделі з метою підтвердження доцільності конструкції багатолезового різального інструмента як такого, що забезпечує високу якість площини обрізу.

Ключові слова: усереднена траєкторія, площа зрізу, багатолезовий різальний інструмент, книжково-журнальний блок.

Постановка проблеми. Безупинне обрізування КЖБ забезпечує високі показники продуктивності, якості та точності виконання операції при суттєвому спрощенні конструкції устаткування та зменшенні його метало- і енергомісткості. Відомі способи безвистійного обрізування КЖБ [1] базуються на їхньому прямолінійному переміщенні. Негативною рисою такого устаткування є значні габарити.

З метою уникнення цих недоліків запропоновано здійснювати обрізування КЖБ під час їхнього переміщення по дуговій траєкторії за допомогою БРІ —

спеціальної конструкції, окремі леза якого нерухомо закріплено на монтажній плиті по обидва боки відносно траєкторії блоків [3].

Залежно від положення лез на ножетримачі (відстані різальних крайок окремих лез від центра повороту блоків) розмір кільцевих сегментів матеріалу КЖБ, що підлягають видаленню, буде різним для кожного окремого леза БРІ. Отже, за однакової глибини різання робота сил різання кожним окремим лезом теж буде неоднаковою. З огляду на якість та точність виконання операції необхідно забезпечити рівномірну підтримку незрізаної частини аркушів блока лезами зовнішнього та внутрішнього комплектів під час обрізування. Для цього потрібно визначити радіус усередненої дуги траєкторії блока під час обрізування, що розділяє зрізану площину КЖБ на дві однакові за площею частини. Тоді кількість матеріалу блока, що видаляють зовнішній та внутрішній стосовно усередненої дуги комплекти лез БРІ, буде однаковою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У працях [1, 2, 3] розглянуто технологічний процес безупинного обрізування КЖБ і конструкцію різального інструмента для його реалізації. Немає рекомендації стосовно проектування БРІ для обрізування КЖБ під час їхнього переміщення по дузі.

У публікації [4] наведено результати теоретичних досліджень геометричних параметрів БРІ, що забезпечує обрізування книжкових блоків під час переміщення по дузі. Визначено вплив глибини різання окремими лезами і радіуса повороту КЖБ під час обрізування на розміри БРІ. Однак в статті не розглянуто вплив розташування лез різального інструмента стосовно траєкторії КЖБ на якість та точність обрізування.

У статті [5] наведено просторову модель БРІ, за допомогою якої визначено кількість одночасно задіяних лез інструмента у процесі обрізування блоків. Представлено результати програмованого розрахунку величини площ зрізу та візуалізацію засобами САПР процесу обрізування КЖБ, що рухаються за коловою траєкторією. Проте у цій публікації немає обґрунтування передумов для утворення клиноподібного залишку незрізаної частини аркушів на завершальному етапі процесу обрізування КЖБ.

Аналіз наукових публікацій виявив потребу подальшого детального дослідження процесу обрізування КЖБ багатолезовим інструментом під час їхнього переміщення по дузі. Розроблення рекомендацій стосовно положення лез інструмента відносно усередненої траєкторії КЖБ дасть змогу покращити якість та точність площини обрізу.

Мета статті — створення математичної моделі процесу обрізування багатолезовим інструментом КЖБ під час їхнього руху по дузі для визначення радіуса усередненої траєкторії блоків. Визначення площ зрізу КЖБ зовнішнім та внутрішнім відносно усередненої траєкторії переміщення блоків комплектами лез БРІ для оптимізації геометричних параметрів різальної секції.

Виклад основного матеріалу дослідження. На рис. 1 наведено схему секції для обрізування за допомогою БРІ КЖБ під час їхнього переміщення вздовж дугової траєкторії.

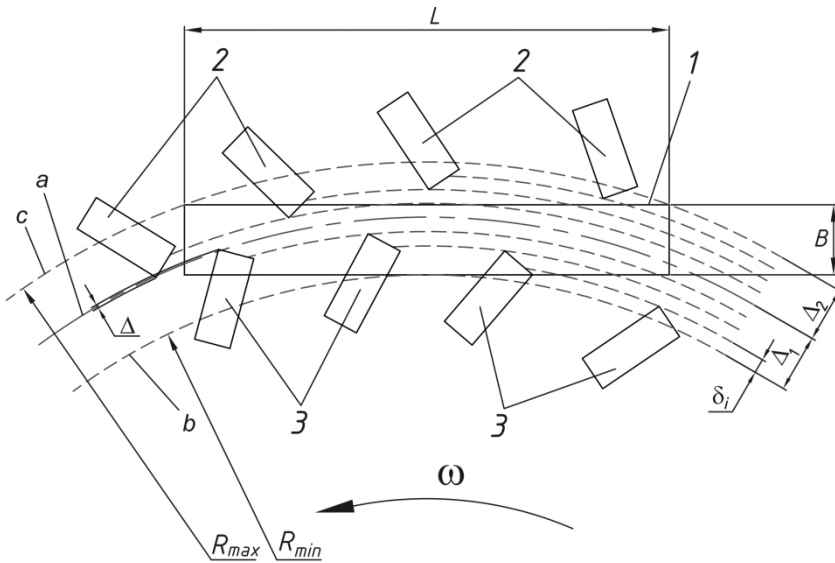


Рис. 1. Схема секції для обрізування книжково-журнальних блоків багатолезовим різальним інструментом

Леза БРІ розташовані по обидва боки від усередненої траєкторії блока (дуга a). Із зовнішнього боку встановлено леза 2 («зовнішній» відносно дуги a комплект лез), а з внутрішнього — леза 3 («внутрішній» відносно дуги a комплект лез).

Кожне лезо БРІ за цикл обрізування всієї площини КЖБ зрізує смужку сталі ширини δ_i , надалі глибина різання окремим лезом. Відповідно, «внутрішній» комплект лез БРІ зрізує блок загалом на глибину Δ_1 , а «зовнішній» — на глибину Δ_2 .

Точка блока, найближча до центра його повороту, переміщується в площині обрізування по дузі b з радіусом R_{min} . Найбільш віддалені точки блока переміщуються в площині обрізування по дузі c з радіусом R_{max} . Усередненою траєкторією книжково-журнального блока є дуга a радіусом R_{av} .

Під час переміщення книжково-журнальних блоків по прямій глибина різання Δ дорівнює товщині B блока [1]. Обрізування книжково-журнальних блоків при переміщенні блока по дуговій траєкторії глибина різання становитиме:

$$\Delta = R_{max} - R_{min}$$

Остання пара лез зовнішнього та внутрішнього (відносно усередненої траєкторії блока) комплектів БРІ встановлена з перекриттям на величину Δ , що гарантує надійне обрізування усіх аркушів.

Глибина різання δ_i — різниця відстаней вершин сусідніх лез від центру повороту КЖБ. Глибина врізання першого леза як зовнішнього, так і внутрішнього стосовно усередненої траєкторії КЖБ комплектів лез не є сталою протягом циклу обрізування, що зумовлено геометричною формою КЖБ, що рухається за дуговою траєкторією [3, 5]. Наступні леза зрізують матеріал блока кільцевими сегментами обмеженими дугами b_i, b_{i+1} . Дуга b_i радіусом R_{bi} утворена взаємодією з матеріалом КЖБ різальної крайки попереднього леза, b_{i+1} радіусом R_{bi+1} — наступного.

На рис. 2 наведено КЖБ товщиною B і висотою L у системі координат із центром в точці O перетину сторін блока.

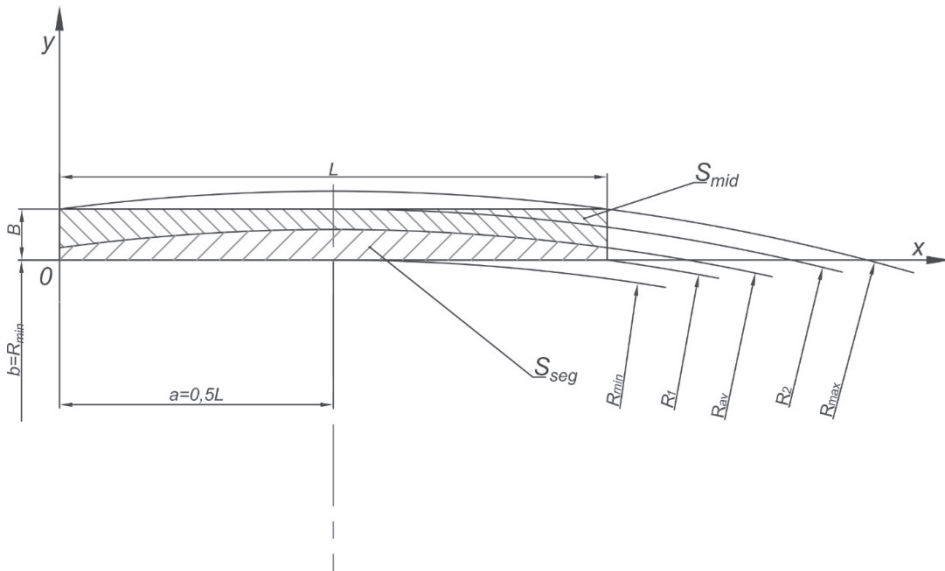


Рис. 2. Схема поділу КЖБ на рівні частини усередненою дугою радіуса R_{av}

Вісь Ox скерована вздовж сторони довжиною L , вісь Oy — вздовж сторони B . Координати центра повороту КЖБ: $a = 0,5L$, $b = -R_{min}$. Радіус усередненої дуги R_{av} знаходиться в межах від R_1 (мінімальне граничне значення) до R_2 (максимальне граничне значення).

Рівняння кола радіусом R_{av} в системі координат блока:

$$R_{av} = (x - a)^2 + (y - b)^2 \tag{1}$$

або

$$y = b + \sqrt{(R_{av} + a - x) \cdot (R_{av} - a + x)}. \tag{2}$$

Тоді площа сегмента, що відділяє дуга радіусом R_{av} від загальної площі зрізу:

$$S_{seg} = \int_0^L \left[b + \sqrt{(R_{av} + a - x) \cdot (R_{av} - a + x)} \right] dx. \tag{3}$$

Знаходимо первісну функції та підставляємо межі інтегрування:

$$S_{seg} = R_{av}^2 \cdot a \sin\left(\frac{L}{2\sqrt{R_{av}^2}}\right) + \frac{L}{2} \cdot \sqrt{R_{av}^2 - (0,5 \cdot L)^2} - b \cdot L. \tag{4}$$

Половина площини зрізу КЖБ:

$$S_{mid} = 0,5 \cdot L \cdot B. \tag{5}$$

Різниця площ сегмента і половини площини зрізу КЖБ:

$$\Delta S = S_{seg} - S_{mid}. \tag{6}$$

Мінімальне граничне значення R_{av} (рис. 2) становить:

$$R_1 = \sqrt{R_{min}^2 + (0,5 \cdot L)^2}. \tag{7}$$

Максимальне:

$$R_2 = R_{\min} + B. \quad (8)$$

Підставляємо ряд можливих значень R_{av} у формулу (4) у діапазоні від мінімального R_1 (7) до максимального — R_2 (8). У результаті отримуємо ряд величин площі S_{seg} , а з формули (6) — ряд величин різниці площ зрізу ΔS .

На рис. 3 подано графічні залежності різниці площ зрізу ΔS від величини R_{av} в діапазоні від R_1 до R_2 (рис. 2) для трьох КЖБ висотою L і товщиною B (220×25; 215×30; 240×35 мм). З наведених графічних залежностей видно, що при певних величинах радіуса дуги R_{av} в діапазоні від R_1 до R_2 різниця площ двох частин площини зрізу КЖБ становить $\Delta S = 0$ мм². Це означає, що при $\Delta S = 0$ мм² дуга радіусом R_{av} розділяє площину зрізу блока на дві однакові частини.

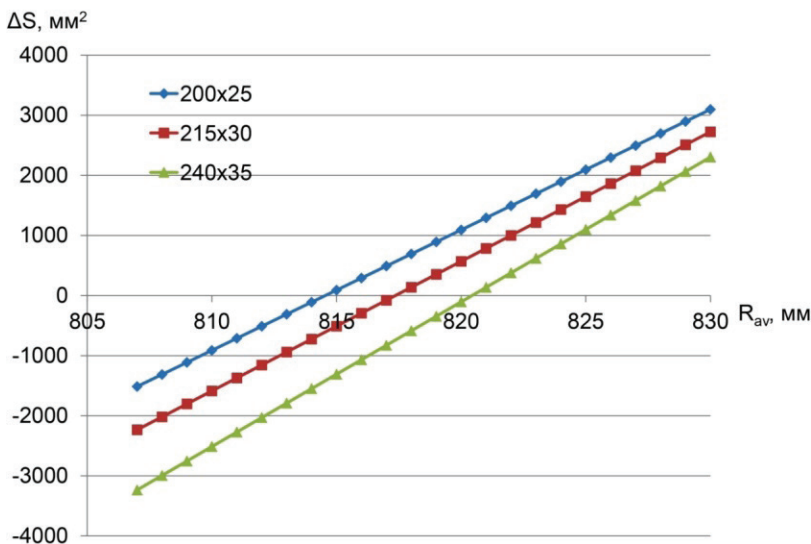


Рис. 3. Графік залежності ΔS від R_{av} для трьох КЖБ висотою L і товщиною B (220×25; 215×30; 240×35)

Оскільки залежність ΔS від R_{av} є прямою лінією, то для обчислення величини R_{av} при $\Delta S = 0$ складемо рівняння прямої:

$$\frac{x - R_1}{R_2 - R_1} = \frac{y - \Delta S_{R_1}}{\Delta S_{R_2} - \Delta S_{R_1}}. \quad (9)$$

У формулі: ΔS_{R_1} — різниця площ S_{seg} і S_{mid} для $R_{av} = R_1$, ΔS_{R_2} — різниця площ для $R_{av} = R_2$.

Точка перетину прямої з віссю абсцис:

$$R_{av} = \frac{\Delta S_{R_1} \cdot (R_2 - R_1)}{\Delta S_{R_2} - \Delta S_{R_1}} - R_1. \quad (10)$$

З формули (10) отримуємо величину радіуса R_{av} дуги, що розділяє площину зрізу КЖБ на дві однакові частини (тобто виконується умова $\Delta S = 0$).

Виконані аналітичні дослідження виявили, що при радіусі повороту $R_{\min} = 800$ мм під час обрізування КЖБ висотою $L = 200$ мм і товщиною $B = 25$ мм радіус дуги, що розділяє площину зрізу КЖБ на дві однакові частини, становить $R_{av} = 814,6$ мм, для КЖБ висотою $L = 215$ мм і товщиною $B = 30$ мм — $R_{av} = 817,4$ мм, для КЖБ висотою $L = 240$ мм і товщиною $B = 35$ мм — $R_{av} = 820,4$ мм.

Отже, при радіусі повороту $R_{\min} = 800$ мм для трьох КЖБ типових розмірів (висотою L і товщиною B) радіус усередненої траєкторії КЖБ R_{av} становить $R_{av} = R_{\min} + 2/3B$.

Висновки. За допомогою математичної моделі процесу обрізування БРІ КЖБ під час їхнього переміщення по дузі визначено радіус усередненої траєкторії блоків, а також площі зрізу зовнішнім та внутрішнім відносно траєкторії комплектами лез. Дуга усередненої траєкторії блока розділяє зрізану площину КЖБ на дві однакові за площею частини, тому кількість матеріалу блока, що видаляють зовнішній та внутрішній відносно усередненої дуги комплекти лез, є однаковою, а отже, й робота сил різання обох комплектів лез теж однакова. Водночас леза зовнішнього та внутрішнього комплектів БРІ протягом циклу обрізування забезпечують рівномірну підтримку незрізаної частини аркушів блока, що дає змогу забезпечити якість та точність виконання операції обрізування.

Отримані результати теоретичних досліджень створюють передумови до розроблення просторової моделі з метою підтвердження доцільності конструкції багатолезового різального інструмента як такого, що забезпечує високу якість площини обрізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Топольницький П. В., Книш О. Б., Коломієць А. Б. Сучасні технології обрізування книжково-журнальних блоків : навч. посіб. Львів : УАД, 2023. 116 с.
2. Europäische Patentanmeldung B26D 1/20. EP 1 273 401 A1 / Grapha-Holding AG.
3. Патент №765333 (Україна). МПК В26D 1/01. Пристрій для обрізування книжкових блоків / Топольницький П. В. (Укр.), Полюдов О. М. (Укр.), Ватуляк Ю. В. (Укр.). № 20040604418 ; заявл. 08.06.2004 ; опубл. 15.08.2006., Бюл. № 8.
4. Топольницький П. В., Ватуляк Ю. В. Вплив взаємного розташування лез багатолезового різального інструмента на його розміри. Комп'ютерні технології друкарства. 2013. № 30. С. 187–190.
5. Ватуляк Ю. В., Топольницький П. В., Кандяк Н. М. Результати досліджень багатолезового різального інструмента із використанням засобів САПР. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2018. № 1 (56). С. 116–123.

REFERENCES

1. Topolnytskyi, P. V., Knysh, O. B., & Kolomiets, A. B. (2023). Suchasni tekhnolohii obrizuvannia knyzhkovo-zhurnalnykh blokiv. Lviv : UAD (in Ukrainian).
2. Europäische Patentanmeldung B26D 1/20. EP 1 273 401 A1 / Grapha-Holding AG (in English).
3. Patent №765333 (Ukraine). MPK V26D 1/01. Prystrii dlia obrizuvannia knyzhkovykh blokiv / Topolnytskyi P. V. (Ukr.), Poliudov O. M. (Ukr.), Vatuliak Yu. V. (Ukr.). – № 20040604418 ; zaivl. 08.06.2004 ; opubl. 15.08.2006., Biul. № 8 (in Ukrainian).

4. Topolnytskyi, P. V., & Vatuliak, Yu. V. (2013). Vplyv vzaiemnoho roztashuvannia lez baha-tolezovoho rizalnoho instrumenta na yoho rozmiry: Kompiuterni tekhnolohii drukarstva, 30, 187–190 (in Ukrainian).
5. Vatuliak, Yu. V., Topolnytskyi, P. V., & Kandiak, N. M. (2018). Rezultaty doslidzhen baha-tolezovoho rizalnoho instrumenta iz vykorystanniam zasobiv SAPR: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 1(56), 116–123 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2024-1-87-148-155

STUDY OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE TRAJECTORY OF MOVEMENT OF BOOK AND MAGAZINE BLOCKS DURING TRIMMING

Yu. V. Vatuliak

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
uravolodimirovic@gmail.com*

The analysis of scientific publications has revealed the direction of further detailed study of the process of trimming book blocks with a multi-blade tool during their movement along an arc. The reviewed scientific papers do not contain comprehensive recommendations for the design of a multi-blade tool for trimming book blocks during their movement along an arc. There is no substantiation of the geometric parameters of a multi-blade cutting tool for the formation of a wedge-shaped residue of the uncut part of the sheets at the final stage of the book block trimming process.

The design of the cutting tool must ensure high-quality cutting of the main part of the block sheets and cutting of the middle part at the final stage of the cutting cycle. To do this, it is necessary to determine the radius of the average arc of the block trajectory during trimming, which divides the cut plane of book and magazine blocks into two parts of equal area. A mathematical model of trimming book and magazine blocks with a multi-blade cutting tool while moving along an arc is created to determine the radius of the average trajectory of the blocks. The outer and inner cut areas of book and magazine blocks relative to the average trajectory by sets of blades are determined. Using a mathematical model of the trimming process, the radius of the averaged trajectory of the blocks and the areas of the cut of book and magazine blocks external and internal to the averaged trajectory by sets of blades of the cutting tool are determined. The arc of the averaged trajectory of the block divides the cut plane of the book and magazine blocks into two parts of equal area, so the amount of block material removed by the outer and inner blade sets relative to the averaged arc is the same, and thus the work of the cutting forces of both blade sets is also the same. At the same time, the blades of the outer and inner sets of the cutting tool provide uniform support for the uncut part of the block sheets during the trimming cycle, which ensures the quality and accuracy of the trimming operation.

The obtained results of theoretical studies create the prerequisites for the development of a spatial model of the cutting tool in order to confirm the feasibility of the BRI design as one that provides high quality of the cut plane.

Keywords: *Average trajectory, cutting area, multi-blade cutting tool, book and magazine block.*

Стаття надійшла до редакції 08.02.2024.

Received 08.02.2024.