

УДК 686.1.056

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ БАГАТОЛЕЗОВОГО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ САПР

П. В. Топольницький, Н. М. Кандяк, Ю. В. Ватуляк

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

Проведено дослідження конструкції багатолезового різального інструмента (БРІ) для обрізування книжково-журнальних блоків (КЖБ) під час їх переміщення за коловою траєкторією. Проаналізовано вплив взаємного розташування лез БРІ на якість і точність обрізування блоків. Застосовано просторову модель БРІ, що уможливорює визначення кількості одночасно задіяних лез інструмента в процесі обрізування блоків. Створено програму розрахунку поточного значення площ зрізу та візуалізації процесу обрізування за допомогою БРІ КЖБ, що рухаються за коловою траєкторією. Програма розрахунку площ зрізу та просторова модель уможливають визначення найбільш навантажених лез БРІ та поточного положення КЖБ стосовно лез різального інструмента.

Ключові слова: книжково-журнальний блок, багатолезовий різальний інструмент, процес обрізування, точність обрізування, якість обрізування, просторова модель.

Постановка проблеми. В процесі обрізування за допомогою багатолезового різального інструмента (БРІ) книжкових блоків, що рухаються за коловою траєкторією необхідно забезпечити їх якість і точність геометричних розмірів. Точність базування книжкових блоків в процесі обрізування відносно різального інструмента повинні забезпечити затискачі транспортуючих засобів (наприклад затискачі каруселі або каретки ланцюгового транспортера). Практика експлуатації різального устаткування показує, що із збільшенням величини сили затиску книжково-журнальних блоків (КЖБ) якість та точність різання покращується. Проте, при досягненні значних величин сили затиску в аркушах блока виникають пластичні деформації, що негативно впливає на якість книг та брошур. Крім того виникають труднощі щодо забезпечення необхідної величини сили затиску транспортуючими системами відомих конструкцій. Тому, оптимальним слід вважати таке зусилля затискування під час обрізування, яке забезпечує надійну фіксацію книжкового блока в затискачах транспортуючого засобу і при якому відсутні залишкові деформації аркушів [1].

Величина сили затиску КЖБ затискачами транспортуючих засобів суттєво залежить від величини сили різання окремим лезом інструмента і кількості одночасно задіяних в процесі обрізування лез БРІ [6].

Для підтвердження працездатності запропонованої конструкції БРІ розроблено метод автоматизованого розрахунку площ зрізу КЖБ окремими лезами інструмента

на алгоритмічній мові AutoLisp [2, 3] інтегрованої в систему AutoCAD, що дозволяє визначити кількість одночасно задіяних лез в процесі обрізування КЖБ за допомогою БРІ, а також періоду взаємодії окремих лез інструмента з блоком.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У праці [7] розглянуто конструкцію багатолезового різального інструмента для обрізування книжково-журнальних блоків, що рухаються за коловою траєкторією та проаналізовано умови обрізування блоків на завершальному етапі процесу обрізування.

У праці [8] наведено методику дослідження обрізування книжково-журнальних блоків плоскими різальними інструментами з криволінійним профілем крайки леза. Автори розглядають їхні геометричні параметри та взаємне розташування. Однак в статті не представлено конструкцію різального інструмента та рекомендацій стосовно його проектування.

У праці [9] наведено теоретичні дослідження сил різання, що виникають під час обрізування книжково-журнальних блоків плоским різальним інструментом з різною геометрією різальної крайки. Проте, дана праця стосується суцільного різального інструмента, що не дає можливості отримати значення технологічних навантажень під час обрізування блоків багатолезовим різальним інструментом.

Аналіз наукових праць, що стосуються обрізування книжкових блоків виявив необхідність глибшого дослідження процесу обрізування книжково-журнальних блоків багатолезовим різальним інструментом під час їх переміщення за коловою траєкторією з метою розроблення рекомендацій стосовно конструкції різального інструмента.

Мета статті — розроблення просторової моделі БРІ для оптимізації геометричних параметрів різального інструмента. Виявлення доцільного, з огляду на сили та якісні показники, взаємного розташування лез БРІ відносно колової траєкторії переміщення книжково-журнальних блоків під час їх обрізування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процес обрізування КЖБ можна умовно розділити на два етапи: 1 — обрізування основної частини блока; 2 — дорізування окремих аркушів блока при завершенні обрізування. На першому етапі умови обрізування найсприятливіші для досягнення необхідних якості й точності обрізування, так як жорсткість аркушів блока (в зоні різання) є максимальною, оскільки опорою для них є решта аркушів. Особливо важливим, з точки зору досягнення необхідних якості та точності обрізування блоків, є завершальний етап, в процесі якого відбувається дорізування решти аркушів блока.

На рисунку 1 представлено просторову модель розроблену в системі AutoCAD, що демонструє взаємодію КЖБ з БРІ під час обрізування, порядок взаємного розміщення та кількість одночасно задіяних під час обрізування лез різального інструмента.

На рисунку 2 представлено блок-схему алгоритму розрахунку площі зрізу БРІ КЖБ, що рухаються за коловою траєкторією. У блоці 1 задаємо вихідні умови: в просторі моделі на екрані монітора маніпулятором вказуємо центр повороту КЖБ, вибираємо БРІ, вибираємо КЖБ; у командному рядку задаємо з клавіатури крок повороту КЖБ. У блоці 2 відбувається розрахунок площі S_6 поверхні блока, що підлягає обрізуванню.

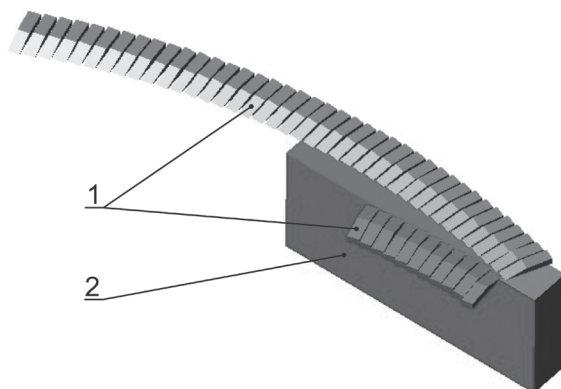


Рис. 1. Просторова модель БРІ

1 – багатолезовий різальний інструмент, 2 – книжково-журнальний блок

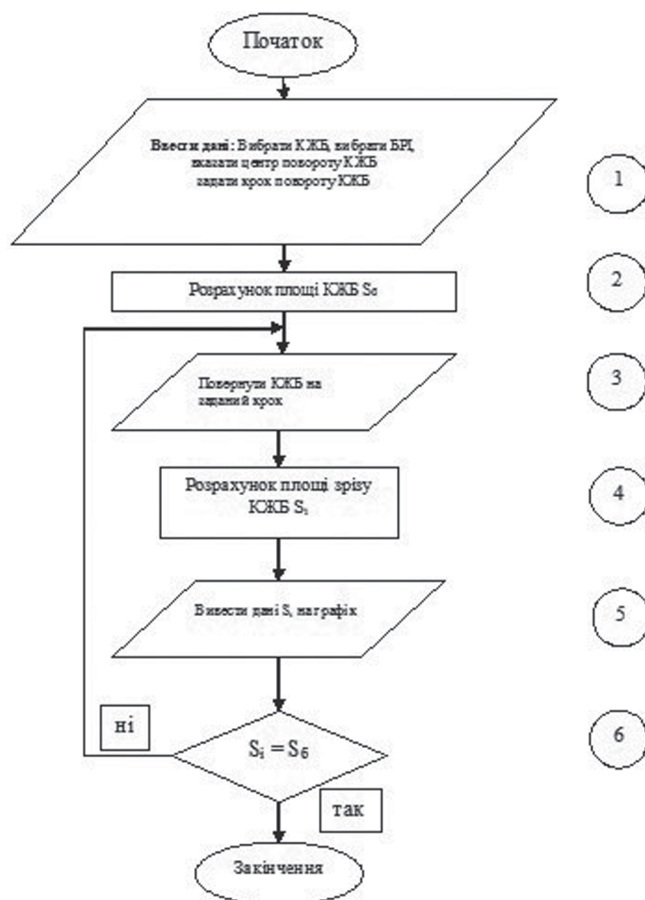


Рис. 2. Блок-схема алгоритму розрахунку площі зрізу КЖБ

У блоці 3 згідно програми здійснюється поворот КЖБ з відображенням результату на екрані монітора. У блоці 4 відбувається розрахунок площі зрізу S_i . У блоці 5 відбувається виведення даних у вигляді графіка $S_i = f(\varphi)$ на екран. Після цього, у блоці 6 програма розгалужується, якщо умова $S_i = S_0$ не виконується (тобто $S_i < S_0$), то відбувається новий цикл розрахунку до виконання вказаної умови.

На рисунку 3 представлено робоче поле програми розрахунку поточних площ зрізу S_i КЖБ в системі AutoCAD.

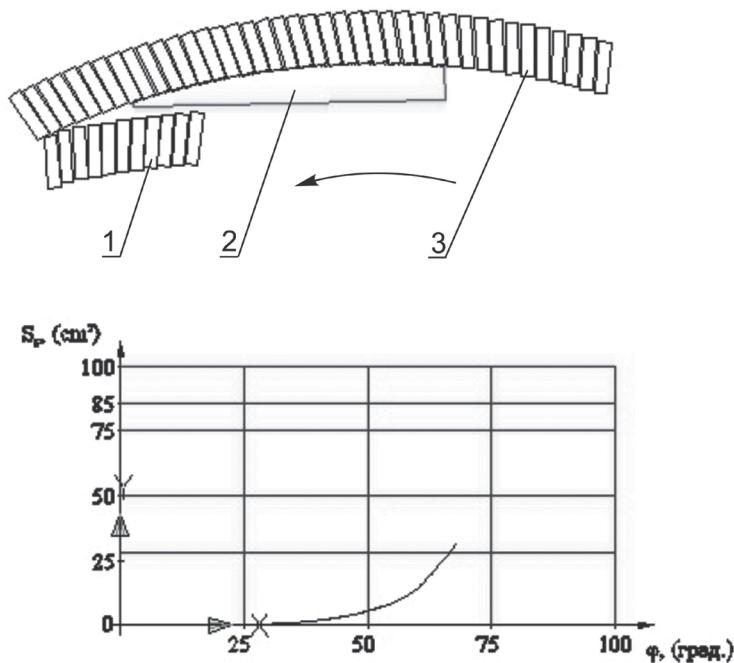


Рис. 3. Робоче поле програми розрахунку поточних площ зрізу КЖБ в системі AutoCAD
1 – внутрішній комплект лез БРІ, 2 – КЖБ, 3 – зовнішній комплект лез БРІ

На робочому полі програми відбувається одночасне відображення взаємного розташування КЖБ стосовно БРІ в процесі обрізування і побудови графічної залежності $S_i = f(\varphi)$. Напрямок повороту КЖБ вказаний стрілкою.

На рисунку 4 представлено графік залежності площі зрізу S_i КЖБ від кута повороту блока висотою 290 і товщиною 35 мм (радіус повороту блока R_k 800 мм, кут між вершинами сусідніх лез $\gamma = 1,5^\circ$, глибина різання лез $\delta = 1$ мм). З графіка видно, що площа зрізу КЖБ лезами БРІ зростає плавно до значення кута повороту блока $\varphi 60^\circ$ після чого починає стрімко зростати до значення $\varphi 80^\circ$, що пояснюється збільшенням одночасно задіяних в процесі обрізування лез БРІ. При куті повороту блока φ від 80° до 85° відбувається зменшення інтенсивності зростання площі зрізу, що зумовлюється поступовим виходом лез БРІ із контакту з блоком.

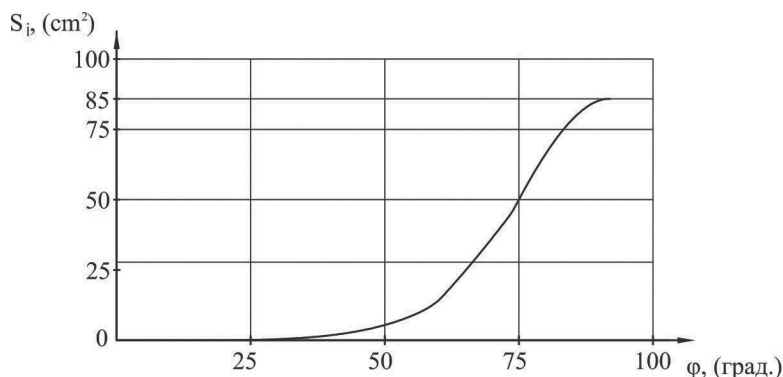


Рис. 4. Графік залежності поточного значення площі різання S_i КЖБ від кута повороту блока

Конструкція різального інструмента повинна забезпечити якісне обрізування основної частини аркушів блока та дорізування серединної частини (на завершальному етапі циклу обрізування). Якісне дорізування досягається конструктивними особливостями БРІ, а саме: вершини окремих лез зовнішнього комплексу перекриваються вершинами лез внутрішнього комплексу БРІ [10]. Під час дорізування незрізана частина аркушів блока (рисунок 5 А) набуває форми клину, що позитивно впливає на якість і точність обрізування.

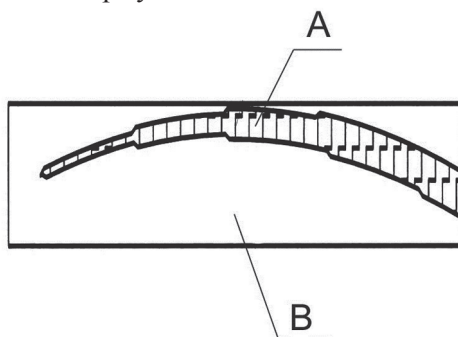


Рис. 5. Завершальний етап процесу обрізування КЖБ:

А – необрізана частина; В – обрізана частина

Як показали проведені теоретичні та експериментальні дослідження кількість одночасно задіяних в процесі обрізування лез БРІ суттєво впливає на величину зусилля транспортування блоків під час обрізування, а також і на силу їх затиску затискачами транспортуючої системи.

Для визначення кількості одночасно задіяних лез БРІ в процесі обрізування КЖБ, що рухаються за коловою траєкторією побудовано циклограму взаємодії різального інструмента з блоком висотою 200 і товщиною 20 мм. На рисунку 6 наведено циклограму, що дозволяє визначити кількість одночасно задіяних в процесі обрізування книжково-журнального блока лез БРІ.

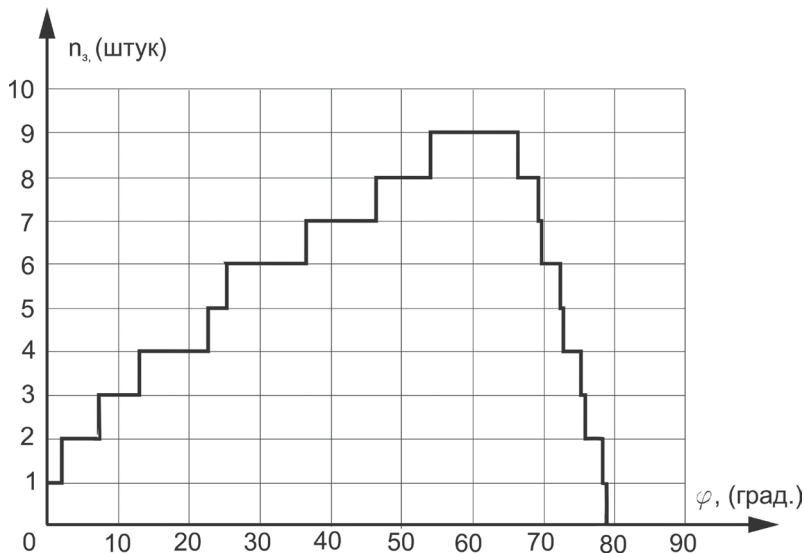


Рис. 6 Циклограма роботи БРІ при обрізуванні КЖБ товщиною 20 мм і висотою 200 мм

Циклограма ілюструє процес взаємодії окремих лез БРІ з КЖБ. Кількість одночасно задіяних лез поступово зростає по мірі повороту книжкового блока. Збільшення кількості одночасно задіяних лез БРІ відбувається плавно на ділянці кута повороту блока від 0° до 53° . Найбільше задіяних в процесі обрізування КЖБ лез БРІ спостерігається на куті повороту блока $50^\circ - 66^\circ$; максимальна кількість одночасно задіяних в процесі обрізування блока лез БРІ становить 9 одиниць.

Висновки. Розроблені просторова модель та програма розрахунку площ зрізу КЖБ окремими лезами БРІ засвідчують доцільність застосування розробленої конструкції БРІ, як такої, що забезпечує задовільну якість площини обрізу. Проведені дослідження із використанням просторової моделі показали, що силові показники процесу обрізування КЖБ, якість та точність обрізування в значній мірі визначаються взаємним розміщенням лез БРІ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хведчин Ю. Й. Брошурувально-палітурне устаткування. Ч. 1. Брошурувальне устаткування. Львів: ТеРус, 1999. 336 с.
2. Тучков А. А., Покровский А. М. Среда программирования на AutoLISP в графической системе AutoCAD. Санкт-Петербург: Б-ка «Звезды», 1992. 64 с.
3. Полещук Н. Н. Visual LISP и секреты адаптации AutoCAD. Санкт-Петербург: БХВ – Петербург, 2001. 576 с.
4. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). Санкт-Петербург: Питер, 2004. 560 с.
5. Кузнецов В. О., Коломієць А. Б. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Автоматизація проектування в системі AutoCAD». Львів: УАД, 2011. 59 с.
6. Топольницький П. В. Технологічно доцільне зусилля затискування книжкових блоків під час обрізування. Поліграфія і видавнича справа. 2002. Вип. № 38. С. 15–18.

7. Топольницький П. В., Ватуляк Ю. В. Конструктивні особливості різального інструмента для обрізування книжкових блоків у машині карусельного типу. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2004. Вип. 7. С. 20–23.
8. Топольницький П. В., Козар В. Д. Методика теоретичних досліджень обрізування книжково-журнальних блоків плоскими різальними інструментами з криволінійним профілем крайки лека. Комп'ютерні технології друкарства. 2014. Вип. 31. С. 130–134.
9. Топольницький П. В., Козар В. Д. Теоретичні дослідження сил різання, що виникають при обрізуванні книжкових блоків плоскими різальними інструментами з різною геометрією різальної крайки. Комп'ютерні технології друкарства. 2013. Вип. 30. С. 182–186.
10. Топольницький П. В. Обрізування книжкових блоків під час транспортування. Різальний інструмент: монографія. Львів: УАД; ПП Процюк Ю. М., 2009. 192 с.

REFERENCES

1. Khvedchyn, Yu. Y. (1999). Broshuruvalno-paliturne ustatkuvannia. Ch. 1. Broshuruvalne ustatkuvannia. Lviv: TeRus (in Ukrainian).
2. Tuchkov, A. A., & Pokrovskii, A. M. (1992). Sreda programmirovaniia na AutoLISP v graficheskoi sisteme AutoCAD. Sankt-Peterburg: B-ka «Zvezdy» (in Russian).
3. Poleshchuk, N. N. (2001). Visual LISP i sekrety adaptatsii AutoCAD. Sankt-Peterburg: BKhV – Peterburg (in Russian).
4. Li, K. (2004). Osnovy SAPR (CAD/CAM/CAE). Sankt-Peterburg: Piter (in Russian).
5. Kuznetsov, V. O., & Kolomiets, A. B. (2011). Metodychni vkazivky do praktychnykh zaniat z dysypliny «Avtomatyzatsiia proektuvannia v systemi AutoCAD». Lviv: UAD (in Ukrainian).
6. Topolnytskyi, P. V. (2002). Tekhnolohichno dotsilne zusyillia zatyskuvannia knyzhkovykh blokiv pid chas obrizuvannia: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 38, 15–18 (in Ukrainian).
7. Topolnytskyi, P. V., & Vatuliak, Yu. V. (2004). Konstruktyvni osoblyvosti rizalnoho instrumenta dlia obrizuvannia knyzhkovykh blokiv u mashyni karuselnoho typu: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 7, 20–23 (in Ukrainian).
8. Topolnytskyi, P. V., & Kozar, V. D. (2014). Metodyka teoretychnykh doslidzhen obrizuvannia knyzhkovo-zhurnalnykh blokiv ploskymy rizalnymy instrumentamy z kryvoliniinym profilem kraiky leza: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 31, 130–134 (in Ukrainian).
9. Topolnytskyi, P. V., & Kozar, V. D. (2013). Teoretychni doslidzhennia syl rizannia, shcho vynykaiut pry obrizuvanni knyzhkovykh blokiv ploskymy rizalnymy instrumentamy z rizoioiu heometriieiu rizalnoi kraiky: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 30, 182–186 (in Ukrainian).
10. Topolnytskyi, P. V. (2009). Obrizuvannia knyzhkovykh blokiv pid chas transportuvannia. Rizalni instrument. Lviv: UAD: PP Protsiuk Yu. M. (in Ukrainian).

**RESULTS OF STUDIES OF MULTI-BLADE CUTTING DEVICE
USING CAD TOOLS**

P. V. Topolnitsky, N. M. Kandyak, Yu. V. Vatulyak

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

Based on the results of the theoretical and experimental studies, the effectiveness of using a multi-blade cutting device for trimming book-journal blocks in the carousel type machines has been established, and the influence of the geometric parameters of the multi-blade cutting device on the quality and accuracy of book-journal blocks trimming during their movement in a circular trajectory has been studied.

The construction of a multi-blade cutting device allows you to adjust the angle of the attack, as well as the depth of cutting of each individual blade. The preliminary analytical and experimental researches of the process of the book-journal blocks trimming with the help of a multi-blade cutting device have shown that the smooth growth of the depth of the blades cutting of a multi-cut cutting tool, as well as the transformation of the cutting angle of individual blades, create prerequisites for qualitative trimming of book-journal blocks.

In order to determine the design of a multi-blade cutting device that provides the necessary quality and accuracy of the book-journal blocks trimming, the software has been developed for the automated calculation of cutting areas with the multi-blade cutting device of book-journal blocks and the visualization of their trimming process. The researches of the trimming process of the book-journal blocks that move along the circular trajectory with the multi-blade cutting device have revealed that it is expedient to use a cutting device which provides two sets of blades. At the same time, the required quality and precision of the trimming is achieved by the symmetric action of the blades of the multi-blade cutting device on the uncut part of the sheets. According to the results of the automated calculation, the most loaded blades of the multi-blade cutting device have been identified, which should be taken into account when designing both a cutting device and a cutting module in general.

Keywords: *book-journal block, multi-blade cutting device, trimming process, trimming accuracy, trimming quality, spatial model.*

Стаття надійшла до редакції 26.03.2018.

Received 26.03.2018.