

УДК 686.12.056

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРІЗУВАННЯ КНИЖКОВО-ЖУРНАЛЬНИХ БЛОКІВ ДВОМА НОЖАМИ, ЩО РУХАЮТЬСЯ ЗА КОЛОВОЮ ТРАЄКТОРІЄЮ В ПЛОЩИНІ РІЗАННЯ

П. В. Топольницький, А. Б. Коломієць, Н. М. Кандяк, С. В. Кузьма

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

Встановлено доцільність застосування для обрізування книжково-журнальних блоків (КЖБ) двох плоских різальних інструментів (PI), що здійснюють зустрічний обертовий рух у площині різання. Виявлено вплив швидкісних параметрів процесу обрізування (частота обертання PI та швидкість транспортування блоків) на якість і точність обрізування. Експериментальним шляхом досліджені характер та зміна зусилля транспортування під час обрізування КЖБ.

Ключові слова: книжково-журнальний блок, плоскі різальні інструменти, обрізування, транспортер, вимірювання, тягове зусилля, осцилограма.

Постановка проблеми. Головними показниками доцільності застосування на практиці способу обрізування книжково-журнального блока плоскими різальними інструментами, що здійснюють зустрічний обертовий рух у площині різання та засобу для його реалізації, є забезпечення якості та точності площини обрізу блоків за мінімальної сили різання та зусиллях затискування КЖБ. Точність попередньо заданого базування книжкових блоків відносно різальних інструментів у процесі обрізування забезпечують затискачі каретки, що розміщені на транспортуючому засобі. Оптимальним зусилля затискування потрібно вважати зусилля, що забезпечує під час обрізування надійну фіксацію книжкового блока в затискачах транспортуючого засобу і при якому відсутні залишкові деформації зовнішніх аркушів блока. Величина зусилля затиску КЖБ під час обрізування залежить від багатьох факторів, серед яких визначальним потрібно вважати величину сумарної сили різання. Для підтвердження працездатності розробленої конструкції різального модуля проведені експериментальні дослідження та виявлено, з огляду на силові та якісні показники процесу обрізування, його доцільні параметри.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У працях [2, 5] розглянуто конструкцію різальних інструментів для обрізування КЖБ, що рухаються за коловою траєкторією, та проаналізовано умови обрізування блоків на завершальному етапі процесу обрізування. У праці [6] наведено розробку технологічного процесу обрізування дискретно-дотичним способом книжково-журнальних блоків. Автори розглядають геометричні параметри PI, досліджують вплив сил навантаження на книжковий блок, що виникають під час процесу обрізування. Проте на основі результатів проведених досліджень неможливо отримати об'єктивну оцінку силових

показників процесу обрізування при застосуванні двох РІ. У публікації [4] наведено теоретичні дослідження сил різання, що виникають під час обрізування книжково-журнальних блоків плоским різальним інструментом з криволінійною крайкою лека. Ця праця стосується нерухомого РІ, що не дає можливості отримати значення силових навантажень під час обрізування блоків двома різальними інструментами, що здійснюють зустрічний обертовий рух у площині різання.

Аналіз наукових праць, що стосуються обрізування книжкових блоків, засвідчив необхідність всебічного дослідження процесу обрізування книжково-журнальних блоків двома різальними інструментами, що здійснюють зустрічний обертовий рух у площині різання.

Мета статті — дослідження залежності тягового зусилля від зміни швидкості транспортуючого засобу та частоти обертання плоских різальних інструментів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процес обрізування КЖБ двома ножами, що здійснюють зустрічний обертовий рух у площині різання, умовно можна поділити на два етапи: 1 — обрізування основної частини книжкового блока; 2 — дорізування «серединних» аркушів блока (аркуші, що розміщені в середній частині блока) при завершенні процесу обрізування. На першому етапі обрізування (довжина крайки лека, що бере участь в обрізуванні поступово збільшується і досягає максимуму) умови обрізування є значно кращими для досягнення необхідних якості та точності обрізування через те, що жорсткість аркушів блока в зоні різання є достатньою, оскільки опорою для них є «серединні» аркуші книжкового блока. На другому етапі умови обрізування погіршуються внаслідок зменшення жорсткості «серединної» частини блока [1].

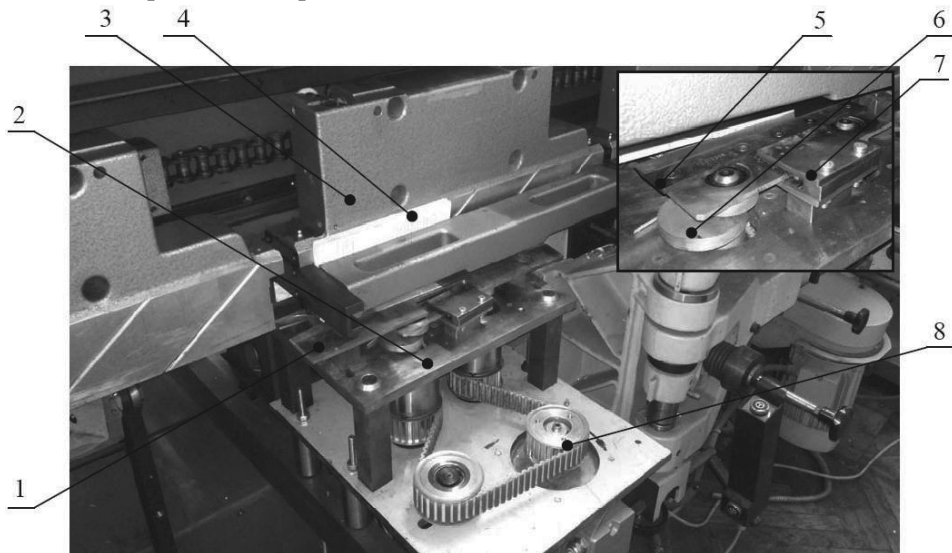


Рис. 1. Секція для обрізування КЖБ

На рис.1 зображена секція 2 обрізування КЖБ. Привід секції здійснюється від електродвигуна 8 з можливістю зміни частоти обертання привідного вала. Ножі 5

приводяться в рух ексцентриковим механізмом 6. Паралельність переміщення ножів у площині різання забезпечується спеціальними напрямними 7. Для забезпечення якісного процесу обрізування затиснутий в каретці 3 блок 4 у зоні обрізування додатково обтискується напрямними 1 секції.

Вихідні дані під час проведення експериментальних досліджень:

- формат книжкового блока 210x145 мм;
- товщина — 12 мм;
- папір крейдований;
- швидкість транспортування блока ($V_{\text{транс}} = 0,4; 0,6; 0,9$ та $1,1$ м/с);
- частота обертання різальних інструментів у межах — 750...1570 об/хв.

Оцінку зусилля, що виникає під час обрізування книжкового блока, виконано методом вимірювання тягового зусилля транспортера [7].

Під час досліджень, з метою уникнення впливу руху інших кареток транспортера на покази, тензорезистори розміщені безпосередньо на кронштейні каретки, змонтованим на привідному ланцюгу (рис. 2).

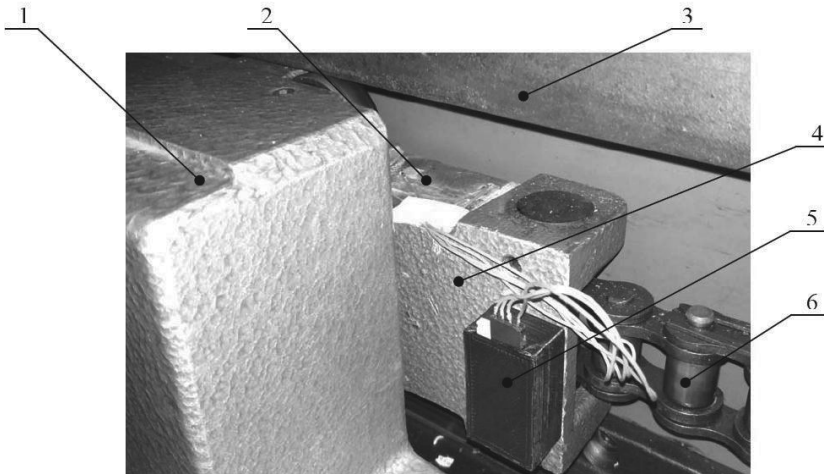


Рис. 2. Розміщення вимірювального модуля

На рис. 2 вказано місце наклеювання тензорезисторів 2 типу N2A-06-T007R-350, що мають опір 350 Ом та базу 150 мм. З метою уникнення пошкоджень тензорезистори покриті захисною плівкою. Тензометричний міст під'єднаний до вимірювального модуля 5, передача даних від якого здійснюється бездротовим методом на ПК.

Модуль складається з 24-розрядного аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) Hx711 з коефіцієнтом підсилення 128 разів та мікроконтролера ATmega328P. Мікроконтролер здійснює опрацювання даних з аналогового цифрового перетворювача та передачу їх по UART протоколу в Bluetooth HC05 модуль, який власне забезпечує передачу даних бездротовим методом.

Для прийому та відображення результатів у режимі реального часу в табличному редакторі Microsoft Excel написаний макрос, який зчитує значення від мікроконтролера через віртуальний COM-порт, розшифровує і записує їх у

відповідні комірки табличного редактора. Кінцева обробка та візуалізація даних здійснюється в цій же програмі.

На рис. 3 наведено типову осцилограму процесу обрізування книжкового блока, де в точці А здійснюється поступове врізання різальних інструментів в тіло книжкового блока, в результаті чого тягове зусилля поступово зростає внаслідок збільшення довжини різання при подачі блока (ділянка АВ). На ділянці ВС тягове зусилля стабілізується (стала довжина різання). На ділянці CD блок поступово виходить з зони різання (довжина різання зменшується) і, як наслідок, зменшується тягове зусилля. Нестабільність навантаження на транспортер на ділянці DE пояснюється нерівномірністю тягового зусилля при переміщенні каретки вздовж напрямних транспортера та приводній зірочці.

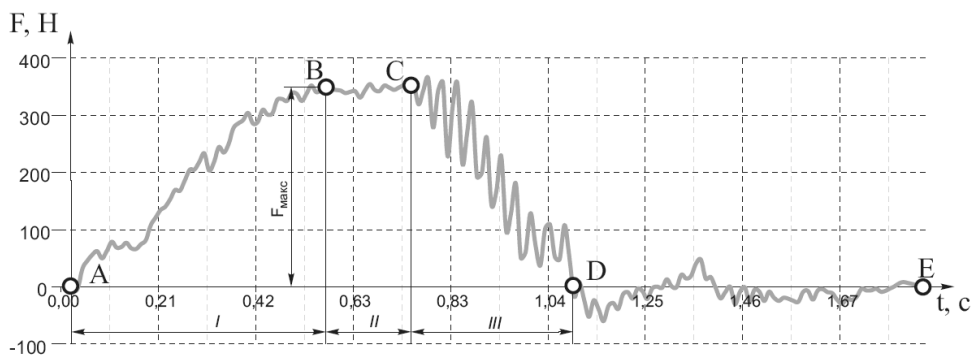


Рис. 3. Осцилограма тягового зусилля під час обрізування блока запропонованим способом

На рис. 4. зображено залежність тягового зусилля від частоти обертання ножів, де крива 1 відповідає швидкості транспортування 0,3 м/с, крива 2 — 0,6 м/с, крива 3 — 0,9 м/с і крива 4 — 1,1 м/с. З цих діаграм видно, що при збільшенні частоти обертання ножів зменшуються тягове зусилля транспортування, а при збільшенні лінійної швидкості транспортера — збільшується тягове зусилля.

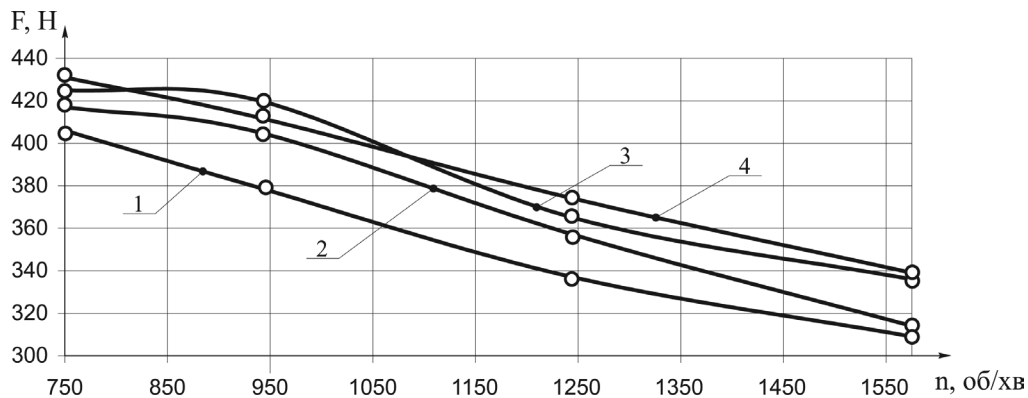


Рис. 4. Залежність тягового зусилля від частоти обертання ножів

На рис. 5 зображено залежність тягового зусилля від швидкості транспортування, де крива 1 при русі ножів з частотою обертання 750 об/хв, крива 2 — 940 об/хв, крива 3 — 1245 об/хв і крива 4 — 1575 об/хв.

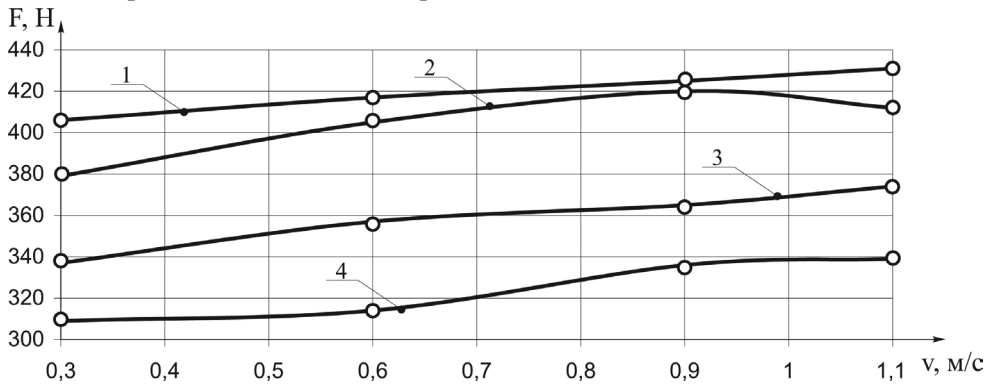


Рис. 5. Залежність тягового зусилля від швидкості транспортування блока

З графіків видно, що збільшення швидкості транспортування блока призводить до збільшення тягового зусилля (при сталій частоті обертання різальних інструментів), що пояснюється збільшенням сумарної сили різання внаслідок збільшення ширини «смуги», яка обрізується за один оберт різальних інструментів.

За сталої швидкості транспортування блока збільшення частоти обертання різальних інструментів призводить до зменшення тягового зусилля внаслідок зменшення ширини «смуги», яка обрізується за один оберт різальних інструментів.

Висновки. Вибір типу, конструкції транспортувального засобу в устаткуванні для обрізування книжкових блоків під час їх переміщення залежить від багатьох факторів, серед яких важливими є забезпечення необхідного тягового зусилля транспортувальним засобом, точності позиціонування об'єктів під час переміщення тощо.

В устаткуванні для обрізування книжкових блоків під час їх транспортування тягове зусилля транспортувального засобу загалом залежить від сумарної сили різання, що виникає під час виконання технологічної операції обрізування. Сумарна сила різання теж залежить від багатьох факторів: способу обрізування книжкових блоків, типу та конструкції різального модуля, конструкції різальних інструментів, технологічних режимів (швидкість транспортування, забезпечення необхідного зусилля затискування блоків тощо).

На основі результатів, отриманих під час проведення досліджень, можна зробити такі висновки: за сталою частоти обертання різальних інструментів збільшення швидкості транспортування блока призводить до збільшення сумарної сили різання і, як результат, до збільшення тягового зусилля; збільшення частоти обертання різальних інструментів при постійній лінійній швидкості засобу транспортування книжкових блоків призводить до зменшення тягового зусилля і позитивно впливає на якість та точність процесу обрізування. Експериментальні дослідження довели доцільність практичного застосування цього способу обрізування книжково-журнальної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Топольницький П. В. Технологічно доцільне зусилля затискування книжкових блоків під час обрізування. Поліграфія і видавнича справа. 2002. № 38. С. 15–18.
2. 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.
3. Топольницький П. В., Козар В. Д. Методика теоретичних досліджень обрізування книжково-журнальних блоків плоскими різальними інструментами з криволінійним профілем крайки леза. Комп'ютерні технології друкарства. 2014. Вип. 31. С. 130–134.
4. 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.
5. Топольницький П. В. Обрізування книжкових блоків під час транспортування. Різальний інструмент : монографія. Львів : УАД, ПП Процюк Ю. М., 2009. 192 с.
6. Коломієць А. Б. Розробка технологічного процесу обрізування дискретно-дотичним способом книжково-журнальної продукції : дис. на здоб. наук. ст. канд. техн. наук. Львів : УАД, 2002. 178 с.
7. Knysh O., Rehei I., Kandiak N., Ternytskyi S. Experimental evaluation of the tractive effort of the chain conveyor during book block spine processing by cylindrical milling cutter at perfect binding. *Acta Mechanica et Automatica*. 2019. Vol. 13. № 2. Pp. 101–106.

REFERENCES

1. Topolnytskyi, P. V. (2002). Tekhnolohichno dotsilne zusyillia zatyskuvannia knyzhkovykh blokiv pid chas obrizuvannia: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 38, 15–18 (in Ukrainian).
2. 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).
3. 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).
4. Topolnytskyi, P. V., & Kozar, V. D. (2013). Teoretychni doslidzhennia syl rizannia, shcho vynykaiut pry obrizuvanni knyzhkovykh blokiv ploskymy rizalnymy instrumentamy z riznoiu heometriieiu rizalnoi kraiky: Komp'uterni tekhnolohii drukarstva, 30, 182–186 (in Ukrainian).
5. Topolnytskyi, P. V. (2009). Obrizuvannia knyzhkovykh blokiv pid chas transportuvannia. Rizalni instrument. Lviv : UAD, PP Protsiuk Yu. M. (in Ukrainian).
6. Kolomiets, A. B. (2002). Rozrobka tekhnolohichnoho protsesu obrizuvannia dyskretno-dotychnym sposobom knyzhkovo-zhurnalnoi produktsii. PhD thesis. Lviv : UAD (in Ukrainian).
7. Knysh, O., Rehei, I., Kandiak, N., & Ternytskyi, S. (2019). Experimental evaluation of the tractive effort of the chain conveyor during book block spine processing by cylindrical milling cutter at perfect binding: *Acta Mechanica et Automatica*, 13, 2, 101–106 (in English).

EXPERIMENTAL RESEARCH OF CUTTING OF BOOK AND MAGAZINE BLOCKS BY TWO KNIVES MOVING ON A CIRCULAR TRAJECTORY IN THE CUTTING PLANE

P. V. Topolnytskyi, A. B. Kolomiets, N. M. Kandiak, S. V. Kuz'ma

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

The article presents a series of experiments aimed at finding the feasibility of using a progressive method for cutting book and magazine blocks, the essence of which is to use two flat cutting tools that carry out mutual counter-rotational motion in the cutting plane. The structure of the device is described; the program of experiments is executed based on the equipment. It is built-in within the action area of book blocks' transport devices in the perfect binding machine. Functional capabilities of the device are explained as well as its control system and measurement methods. The nature and change of transport effort during book or magazine block trimming had been researched experimentally.

Analysis of typical traction force oscillograms during block trimming by the suggested method has revealed that they are divided into a number of characteristic areas with a significant difference in the nature of the change in force. The influence of speed parameters of the cutting process (frequency of rotation of the cutting tool and speed of transportation of blocks) on the quality and accuracy of cutting is determined. It is obvious that the increase in the speed of transportation of the block leads to an increase in the total cutting force and to an increase in traction force. At the same time, increasing the speed of cutting tools at a constant linear speed of the means of transporting book blocks leads to a decrease in traction force and has a positive effect on the quality and accuracy of the cutting process. The experimental studies described in the article have proved the feasibility of practical application of this method of trimming books and magazines.

Keywords: *book and magazine block, flat cutting tools, trimming, conveyor, measurement, traction force, oscillogram.*

Стаття надійшла до редакції 27.01.2020.

Received 27.01.2020.