УДК 686.12.056

ТЕОРЕТИЧНІ І ПРАКТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРІЗУВАННЯ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ ЕКСЦЕНТРИЧНИМ ДИСКОВИМ НОЖЕМ

П. Яніцкі

*Відділ Поліграфічних Технологій Інституту Механіки
і Поліграфії Варшавської Політехніки,
вул. Конвікторська, 2, Варшава, 00-217, Польща*

Розглянуто новий перспективний метод обрізування книжкових блоків дисковим ножом з ексцентриситетом. Доведено переваги цього методу порівняно з різанням звичайними дисковими ножами. Проведено дослідження кінематичних параметрів різання дисковим ножом з ексцентриситетом, розглянуто траєкторії і швидкості руху точок на лезі при попутному і зустрічному різанні. Аналітично визначено умови появи імпульсного різання та запропоновано методику розрахунку необхідної для цього швидкості подачі. Встановлено, що в процесі імпульсного різання можливі три етапи взаємодії ножа з блоком: повне різання по всій висоті, часткове різання по неповній висоті і відсутність різання. Розроблено методику визначення секторів ножа, які залучені до різання або не беруть участь у ньому. Експериментальні дослідження довели існування режиму імпульсного різання і підтвердили зниження сил різання ексцентричним ножом в імпульсному режимі порівняно зі звичайним дисковим.

Ключові слова: обрізування книжкових блоків, дисковий ніж, ексцентриситет, імпульсне різання, зустрічне різання, попутне різання.

Постановка проблеми. Операції різання паперу, зокрема обрізування книжкових блоків, широко використовують у сучасному поліграфічному виробництві. Донедавна багато хто вважав ці операції другорядними або допоміжними. Але зараз стало зрозуміло, що операції різання паперу суттєво впливають і на інші технологічні процеси, а також на якість та ціну книжкової продукції. Сучасне виробництво паперорізальних машин максимально автоматизується, але сам принцип їхньої роботи залишається незмінним протягом майже 170 років. У більшості сучасних машин реалізовано принцип шабельного руху плоского ножа. Але збільшення продуктивності різання призводить до значного зростання зусиль і погіршення якості обрізування. Це гальмує весь процес виробництва книжкової продукції. Тому актуальним є дослідження інших, більш швидких методів обрізування, зокрема використання дискових ножів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Більшість відомих досліджень різання книжкових блоків виконано для плоских ножів. Процес різання стосів паперу дисковими ножами вивчено значно менше. К. Krabisch [1] та В. Грушевський [4, 5] вперше довели, що обрізування блоків завтовшки понад 10 мм спричинює значні

зусилля, надає недостатню якість і призводить до суттєвого нагрівання дискового ножа та припалювання паперу. Тому дискові ножі в поліграфії використовують переважно для різання паперу і картону [3, 7], що не потребує високих швидкостей та значних зусиль. Дослідники в галузі поліграфії сконцентрували свою увагу на застосуванні дискових ножів для різання картону. В інших галузях, наприклад, у текстильній і харчовій промисловості, також використовують дискові ножі. Тому теорія різання дисковими ножами опрацьована досить добре [6]. Науковці з Української академії друкарства також зробили свій внесок [9, 10]. Відомими є дослідження різання книжкових блоків плоским ножом, що вібрує з невеликою амплітудою [8], та дисковим ножом із вібраціями [11]. Вібраційний рух леза ножа суттєво зменшує сили різання і покращує якість поверхні обрізування, але потребує встановлення спеціального вібратора, дорогого й енерговитратного. Ми запропонували встановити дисковий ніж із невеликим ексцентриситетом [15]. Лезо ножа отримає коливний рух без додаткового вібратора, внаслідок чого зусилля різання можуть зменшитись, а умови охолодження ножа — покращитись.

Мета статті — окреслити результати теоретичного й експериментального дослідження процесу різання книжкових блоків ексцентричним дисковим ножом, щоб надалі надати рекомендації до проектування різальних машин.

Виклад основного матеріалу дослідження. При різанні вісь ножа нерухома, книжковий блок рухається назустріч зі швидкістю подачі v_0 , а ніж обертається з кутовою швидкістю ω (рис. 1). Диск радіусом R встановлено з ексцентриситетом e .

Рис. 1. Схема різання книжкового блока ексцентричним дисковим ножом:

а) — попутне різання; б) — зустрічне різання

Лінійна швидкість точок на лезі ножа при врізанні в книжковий блок дорівнює $v_R = \omega \cdot \rho$, де ρ — відстань точки від центра обертання ножа. Залежно від напрямків лінійної швидкості і швидкості подачі, різання поділяють на попутне та зустрічне. Скористаємося методом оберненого руху і зафіксуємо книжковий блок, ножу надамо рух вліво зі швидкістю подачі (рис. 2):

Рис. 2. Траєкторії руху довільних точок А, В та С на лезі ексцентричного ножа при попутному (а) та зустрічному (б) різанні:
1 — ніж; 2 — книжковий блок

На відміну від ножа без ексцентриситету, траєкторії різних точок на лезі ножа різні і залежать від їхнього розташування. Траєкторія довільної точки В може бути описана такими параметричними рівняннями у функції часу t (швидкості обертання і подачі вважаємо сталими). Позначення зрозумілі з рис. 2:

$$x_B = -v_0 t \pm \rho_B \cdot \sin(\omega t + \alpha); y_B = \rho_B \cdot \cos(\omega t + \alpha),$$

$$\text{де } \rho_B = e \cdot \cos(\alpha) + \sqrt{e^2 \cos^2(\alpha) + R^2 - e^2}. \quad (1)$$

Плюс беремо для зустрічного різання, мінус — для попутного. Кожна точка залишає на блоці слід різання, який є відрізком її траєкторії. Геометричне моделювання траєкторій точок за формулами (1) з певним кроком у системі AutoCAD чітко показало, що, залежно від співвідношення параметрів, різання може бути безперервним або переривчастим (імпульсним). Для ножа без ексцентриситету крок слідів є однаковим. При безперервному різанні ексцентричним ножом густина слідів змінюється, а при імпульсному різанні сліди в певному місці перетинаються (рис. 3):

Рис. 3. Сліди ріжучої крайки ексцентричного ножа на книжковому блоці при безперервному та імпульсному різанні

Щоб визначити умови, за яких виникає імпульсне різання, розглянемо швидкості точок ножа у верхній точці врізання. Повна швидкість точки врізання складається з трьох компонентів: лінійної швидкості v_R , швидкості подачі v_0 і швидкості зміни радіуса різання v_N (рис. 4):

Рис. 4. Визначення повної швидкості v врізання ножа у блок:
a — попутне різання; b — зустрічне різання

Імпульсне різання виникне, якщо в певний проміжок часу горизонтальна складова повної швидкості v буде мати напрямок, протилежний швидкості подачі, тобто лезо почне відходити від блока. У своїх попередніх дослідженнях [15–17] ми довели, що для виникнення імпульсного різання швидкість подачі не повинна перебільшувати такої величини:

$$v_0 < e\omega \left\{ \cos(\omega t) + \frac{\sin(\omega t) \cdot c}{\sqrt{R^2 - c^2}} \right\}, \quad (2)$$

де параметр t є коренем трансцендентного рівняння (3) за виконання умови (4):

$$\frac{\omega^2 e}{\sqrt{R^2 - (a + e \cdot \cos(\omega t))^2}} \left\{ \cos(\omega t) \cdot c - e \cdot \sin^2(\omega t) - \frac{e \cdot \sin^2(\omega t) c^2}{(R^2 - c^2)} \right\} \mp \omega^2 e \cdot \sin(\omega t) = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\sin(\omega t) \cdot c}{\sqrt{R^2 - c^2}} \pm \cos(\omega t) < 0, \quad (4)$$

де $c = a + e \cdot \cos(\omega t)$.

Верхні знаки потрібно брати для попутного різання, нижні — для зустрічного. Оскільки рівняння (3) в замкнутому вигляді не розв'язується, було складено програму на Mathcad. Розв'язками рівняння (3) є значення часу t , за яких відбувається зупинка різання і перехід до імпульсного режиму різання, тобто змінюється знак горизонтального складника повної швидкості v . Відсутність дійсних коренів означає наявність тільки безперервного різання. Запропонована методика дає змогу визначити бажані параметри процесу, щоб забезпечити режим імпульсного різання [18–20]. На рис. 5 наведено приклади діаграм для вибору потрібної швидкості подачі за заданих режимів різання.

Рис. 5. Приклади діаграм для визначення режиму різання залежно від швидкості подачі v_0 і ексцентриситету e за різної відстані від осі обертання.

Область понад відповідним графіком — безперервне різання, під графіком — імпульсне.

Частота обертання ножа $n = 1000$ об/хв, радіус ножа $R = 100$ мм.

Відстань від осі обертання: 1 — $a = 90$ мм; 2 — $a = 85$ мм; 3 — $a = 75$ мм; 4 — $a = 65$ мм

а) — попутне різання; б) — зустрічне різання

З діаграм видно, що за зустрічного різання режим імпульсного різання виникає за більших швидкостей подачі, що вказує на більш ймовірну продуктивність процесу різання.

Подальші дослідження виявили, що в процесі імпульсного різання лезо ножа відходить від блока не по всій висоті. При попутному русі різання спочатку переривається у верхній точці (як на рис. 2), далі ніж у процесі відходу від блока продовжує різання на неповну висоту й остаточно відходить від блока у нижній точці. Відновлення різання починається з нижньої точки на неповну висоту, поки лезо не дійде до верхньої точки. При зустрічному русі процедура переривання і відновлення різання проходить в оберненій послідовності. Час зупинки t_{out2} і відновлення різання t_{in2} для нижньої точки блока, а також відстані цих точок від осі обертання x_{in2} та x_{out2} визначаємо з системи трансцендентних рівнянь (5) [21–23]:

$$e\omega \left\{ \pm \cos(\omega t_{out2}) + \frac{\sin(\omega t_{out2}) \cdot (a + h + e \cdot \cos(\omega t_{out2}))}{\sqrt{R^2 - (a + h + e \cdot \cos(\omega t_{out2}))^2}} \right\} + v_0 = 0$$

$$x_{out2} = \pm e \sin(\omega t_{out2}) + R \cos \left[\arcsin \left(\frac{a + h + e \cdot \cos(\omega t_{out2})}{R} \right) \right] + v_0 t_{out2}$$

$$x_{in2} = \pm e \sin(\omega t_{in2}) + R \cos \left[\arcsin \left(\frac{a + h + e \cdot \cos(\omega t_{in2})}{R} \right) \right] + v_0 t_{in2} \quad (5)$$

$$\pm e \sin(\omega t_{in2}) + R \cos \left[\arcsin \left(\frac{a + h + e \cdot \cos(\omega t_{in2})}{R} \right) \right] + v_0 t_{in2} = x_{out2}.$$

Верхні знаки використовуємо для попутного різання, нижні — для зустрічного. Час зупинки і відновлення різання у верхній точці t_{out1} та t_{in1} визначимо з ідентичної системи рівнянь, підставивши $h = 0$. Знаючи відповідні моменти часу, обчислюємо кути повороту ножа і розміри секторів відновлення різання θ_1 , повного різання θ_2 , виходу з різання θ_3 та відсутності різання θ_4 (рис. 6).

Рис. 6. Розподіл секторів різання на ексцентричному дисковому ножі за різних швидкостей подачі. Побудовано за таких параметрів різання (див. рис. 2):

діаметр ножа $D = 200$ мм; ексцентриситет $e = 2$ мм; висота блока $h = 10$ мм;
відстань від осі обертання $a = 70$ мм; частота обертання ножа $n = 2000$ об/хв.

Верхній ряд — попутне різання. Нижній ряд — зустрічне.

Швидкість подачі v_0 : 1 — 100 мм/с; 2 — 500 мм/с; 3 — 660 мм/с;

перехресне штрихування — повне різання; вертикальне штрихування — різання на неповну висоту; без штрихування — різання нема

При імпульсному різанні частина леза ножа взагалі не бере участі у процесі різання, тому не спрацьовується і сприяє кращому охолодженню ножа.

Сили різання на дисковому ножі залежать від багатьох факторів, і не останньою чергою від кута загострення ножа. Кінематична трансформація кута загострення плоского ножа, як довів Б. Мордовін [2], зменшує величину сил різання. Це справедливо і для дискових ножів [13, 14]. Наші дослідження засвідчили, що у леза

ексцентричного ножа, завдяки накладанню нормальній швидкості v_N (рис. 4), спостерігається додаткове значне зменшення трансформованого кута в циклі обертання ножа [14, 24], що мало б додатково зменшити зусилля різання, як це відбувається при вібраційному різанні.

Для перевірки теоретичних висновків про існування режимів імпульсного і безперервного різання та гіпотези про зменшення сил різання було спроектовано і виготовлено спеціальний лабораторний стенд (рис. 7).

Рис. 7. Принципова схема стенда для вимірювання сил різання

Стенд дає змогу послідовно встановити один або декілька ножів з автономним приводом і проводити дослідження обрізки книжкових блоків завдовжки до 240 мм і завтовшки до 30 мм за швидкості подачі до 3 м/с і обертів ножів до 3000 об/хв. Ексцентриситет ножів можна плавно регулювати від 0 до 3 мм. Рухомою каретка з книжковим блоком обладнана датниками зусиль. Реєстрація сигналів із датників здійснюється за допомогою вимірювальної апаратури фірми National Instruments (США) і комп'ютера зі спеціальним програмним забезпеченням LabVIEW SignalExpress. Для обробки результатів використовували систему DIADEM тієї самої фірми. Для експериментів використовували ніж діаметром 195 мм із кутом загострення 25° . З трьох компонентів сили різання найважливішою є поздовжня сила F_x . Експерименти повністю підтвердили виникнення імпульсного режиму різання в очікуваному діапазоні швидкостей подачі [24]. Підтвердилася також гіпотеза про зниження сил різання, хоча і не таке суттєве, як очікувалося. Поясненням може слугувати наявність значних сил тертя між ножом і папером, але це потребує подальших досліджень. На рис. 8 подано типові осцилограми для режимів безперервного та імпульсного різання. При імпульсному різі (рис. 8, б) поздовжня сила на зворотному ході ножа прямує до нуля. Середня сила за цикл різання зменшується. Також було встановлено, що при зустрічному різанні поздовжня сила буде меншою, ніж при попутному. Якість обрізання блока при зустрічному різанні також вища. Експерименти засвідчили, що імпульсне різання, як і безперервне, не дає змоги обробляти блоки завтовшки більше ніж 10..15 мм. Для різних сортів паперу це обмеження буде різним, але загалом ми спостерігали суттєве зростання зусиль різання, неповне різання, зменшення обертів ножа і значне погіршення якості обрізування при перетині цього діапазону товщин. Тому

вважаємо взагалі перспективним створення різальних машин, що використовують принцип зустрічного різання ексцентричним ножом, але для збільшення товщини обрізуваних блоків рекомендуємо ставити декілька ножів із різних боків.

a)

b)

Рис. 8. Типові осцилограми поздовжньої сили при попутному різанні:
частота обертання ножа $n = 1800$ об/хв; швидкість подачі $v_0 = 0,2$ м/с;
діаметр ножа $D = 195$ мм; відстань від осі обертання $a = 70$ мм;
товщина блока $h = 10$ мм; довжина блока $l = 100$ мм.

a) — ексцентриситет $e = 0$, різання безперервне;

b) — ексцентриситет $e = 1$, різання імпульсне

Висновки. Проведені теоретичні й експериментальні дослідження довели переваги методу різання книжкових блоків ексцентричними дисковими ножами. Отримані результати можуть бути корисними під час проєктування перспективних машин для обрізування книжкових блоків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Krabisch K. Schneiden mit rotierenden Messern. IPM, Leipzig, 1962.
2. Mordowin B. Bookbinding machines. Berechnung und Konstruktion polygraphischer Maschinen. Band. I, VEB Verlag Technik, Berlin, 1962.
3. Dittrich H. Schneidemaschinen – Ausgewählte Beiträge. Leipzig, 1965.
4. Грушевський В. С. Исследование процесса обрезки книжных блоков дисковыми ножами. Труды НИИПолиграфмаш. Переплетно-брошюровочные машины. 1963. № 23. С. 3–37.
5. Грушевський В. С. Технологические параметры резания брошюр дисковыми ножами. Труды НИИПолиграфмаш. Переплетно-брошюровочные машины. 1963. № 23. С. 37–49.
6. Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. Москва : Машиностроение, 1975.
7. Kikiewicz Z. Teoria i budowa maszyn papierniczych. Cz. 2, WNT, Warszawa, 1977.
8. Komarov S., Petriaszwili G. Dynamische Untersuchung des Vibrations-schneidens von Papier. Maschinenbautechnik. 1989. 11 (38). P. 503–506.
9. Угрин Я. М. Аналітичне дослідження процесу різання картону круговим ножом. Наукові записки [Української академії друкарства]. 1999. Вип. 1. С. 20–23.

10. Коломієць А. Б., Ватуляк Ю. В. Обрізування книжкових блоків набором ексцентрикових дискових інструментів. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2020. № 1 (79). С. 103–111.
11. Petriaszwili G. Analiza kinematyki procesów krojenia papieru i tektury wibracyjnymi nożami krążkowymi. Opakowanie. 2014. № 12. P. 55–57.
12. Janicki Piotr, Petriaszwili Georgij. Uwzględnienie kształtu krawędzi tnącej noża krążkowego przy obliczeniach kinematyki procesu krojenia papieru. Opakowanie. 2015. № 12. S. 66–68.
13. Janicki P., Petriaszwili G., Komarov S. Kinematic Analysis of Printing Materials Cutting Using Circular Cutters. Innovations in publishing, printing and multimedia technologies 2016. Kauno Kolegija, 2016. 04. Pp. 40–47.
14. Janicki Piotr, Petriaszwili Georgij. Transformacja kinematycznego kąta zaostrzenia ostrza noża w procesach rozkroju tektury i papieru nożami krążkowymi. Opakowanie. 2016. № 9. S. 79–81.
15. Janicki Piotr, Petriaszwili Georgij, Komarov Sergey. Charakterystyka kinematyki procesu krojenia papieru nożem krążkowym ustawionym mimośrodowo. Opakowanie. 2016. № 10. S. 57–59.
16. Яницький П., Петриашвили Г., Комаров С. Кинематические параметры резания книжных блоков эксцентричным дисковым ножом. Скориновские чтения 2016: книга как феномен культуры, искусства, технологии : материалы II Международного форума (6–7 сентября 2016 г.). Минск : БГТУ, 2016. С. 211–215.
17. Петриашвили Г., Комаров С., Яницький П. Дослідження кінематики різання корінців книжкових блоків ексцентричним дисковим ножом. Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, наукових працівників і аспірантів : тези доп. (16–19 лютого 2016 р.). Львів : УАД, 2016. С. 20.
18. Janicki P., Petriaszwili G., Komarov S. Badania przemieszczeń w procesie krojenia ostrza mimośrodowego noża krążkowego. Полиграфические, мультимедийные и web-технологии : тезисы докл. 2-й Междунар. науч.-техн. конференции (16–22 мая 2017 г.). Харьков : ХНУРЭ, 2017. Т 1. С. 9–10.
19. Janicki P., Petriaszwili G., Komarov S. Badanie trajektorii ruchu krawędzi tnącej noża krążkowego podczas krojenia wkładów książkowych. Opakowanie. 2017. № 9. S. 76–79.
20. Janicki Piotr, Petriaszwili Georgij. Analiza kinematyczna parametrów procesu krojenia wkładów książkowych mimośrodowym nożem krążkowym. Przegląd Papierniczy. 2017. № 7. S. 468–472.
21. Janicki P., Petriaszwili G., Komarov S. Investigations on the trajectory of eccentric circular knife blade movement in book cutting process. International scientific-practical conference «Innovations in publishing, printing and multimedia technologies 2019», Proceedings. Kaunas, 2019. Pp. 47...53.
22. Petriaszwili G., Janicki P., Komarov S. Wpływ parametrów pracy noża krążkowego ustawionego mimośrodowo na zmniejszenie trajektorii kontaktu ostrza z krojonym wkładem książkowym. Przegląd papierniczy. 2019. № 4. S. 253...257.
23. Janicki P., Petriaszwili G., Komarov S. Analiza trajektorii punktów ostrzy noży krążkowych przy krojeniu wkładów książkowych. Тези доповідей IV Міжнародної науково-технічної

конференції «Поліграфічні, мультимедійні та web-технології» (PMW-2019). Т. 1. (14–17 травня 2019 р.). Харків, «Друкарня Мадрид». С. 34...35.

24. Petriaszwili G., Janicki P., Komarov S. Investigations on book cutting by circular knife with eccentric blade movement, *Proceedings. 10th International Symposium on Graphic Engineering and Design GRID 2020* (November 12-14th, 2020). Novi Sad, Pp. 230–233.

REFERENCES

1. Krabisch, K. (1962). *Schneiden mit rotierenden Messern*. IPM, Leipzig (in German).
2. Mordowin, B. (1962). *Bookbinding machines. Berechnung und Konstruktion polygraphischer Maschinen*. Band. I, VEB Verlag Technik, Berlin (in German).
3. Dittrich, H. (1965). *Schneidemaschinen – Ausgewählte Beiträge*. Leipzig (in German).
4. Grushevskij, V. S. (1963). Issledovanie processa obrezki knizhnyh blokov diskovymi nozhami: *Trudy NIIPoligrafmash. Perepletno-broshjurovochnye mashiny*, 23, 3–37 (in Russian).
5. Grushevskij, V. S. (1963). Tehnologicheskie parametry rezanija broshjur diskovymi nozhami: *Trudy NIIPoligrafmash. Perepletno-broshjurovochnye mashiny*, 23, 37–49 (in Russian).
6. Reznik, N. E. (1975). *Teorija rezanija lezviem i osnovy rascheta rezhushhih apparatov*. Moskva : Mashinostroenie (in Russian).
7. Kikiewicz, Z. (1977). *Teoria i budowa maszyn papierniczych*. Cz. 2, WNT, Warszawa (in Polish).
8. Komarov, S., & Petriaszwili, G. (1989). Dynamische Untersuchung des Vibrations-schneidens von Papier: *Maschinenbautechnik*, 11 (38), 503–506 (in German).
9. Uhryn, Ya. M. (1999). Analitychne doslidzhennia protsesu rizannia kartonu kruhovym nozhem: *Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva]*, 1, 20–23 (in Ukrainian).
10. Kolomiiets, A. B., & Vatuliak, Yu. V. (2020). Obrizuvannia knyzhkovykh blokiv naborom ekstsentrykovykh diskovykh instrumentiv: *Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva]*, 1 (79), 103–111 (in Ukrainian).
11. Petriaszwili, G. (2014). Analiza kinematyki procesów krojenia papieru i tektury wibracyjnymi nożami krążkowymi: *Opakowanie*, 12, 55–57 (in Polish).
12. Janicki, P., & Petriaszwili, G. (2015). Uwzględnienie kształtu krawędzi tnącej noża krążkowego przy obliczeniach kinematyki procesu krojenia papieru: *Opakowanie*, 12, 66–68 (in Polish).
13. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2016). Kinematic Analysis of Printing Materials Cutting Using Circular Cutters. *Innovations in publishing, printing and multimedia technologies 2016*. Kauno Kolegija, 04, 40–47 (in English).
14. Janicki, P., & Petriaszwili, G. (2016). Transformacja kinematycznego kąta zaostrenia ostrza noża w procesach rozkroju tektury i papieru nożami krążkowymi: *Opakowanie*, 9, 79–81 (in Polish).
15. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2016). Charakterystyka kinematyki procesu krojenia papieru nożem krążkowym ustawionym mimośrodowo: *Opakowanie*, 10, 57–59 (in Polish).
16. Janickij, P., Petriashvili, G., & Komarov, S. (2016). Kinematicheskie parametry rezanija knizhnyh blokov jekscentrichnym diskovym nozhom. *Skorinovskie chtenija 2016: kniga kak fenomen kul'tury, iskusstva, tehnologii : materialy II Mezhdunarodnogo foruma* (6–7 sentjabrja 2016 g.). Minsk : BGTU, 211–215 (in Russian).

17. Petriashvili, H., Komarov, S., & Yanitskyi, P. (2016). Doslidzhennia kinematyky rizання korintsiv knyzhkovykh blokiv ekstsentrychnym dyskovym nozhem. Naukovo-tekhnicna konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu, naukovykh pratsivnykiv i aspirantiv : tezy dop. (16–19 liutoho 2016 r.). Lviv : UAD, 20 (in Ukrainian).
18. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2017). Badania przemieszczeń w procesie krojenia ostrza mimośrodowego noża krążkowego. Poligraficheskie, mul'timedijnye i web-tehnologii : tezisy dokl. 2-j Mezhdunar. nauch.-tehn. Konferencii (16–22 maja 2017 g.). Har'kov : HNURJe, T. 1, 9–10 (in Polish).
19. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2017). Badanie trajektorii ruchu krawędzi tnącej noża krążkowego podczas krojenia wkładów książkowych: Opakowanie, 9, 76–79 (in Polish).
20. Janicki, P., & Petriaszwili, G. (2017). Analiza kinematyczna parametrów procesu krojenia wkładów książkowych mimośrodowym nożem krążkowym: Przegląd Papierniczy, 7, 468–472 (in Polish).
21. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2019). Investigations on the trajectory of eccentric circular knife blade movement in book cutting process. International scientific-practical conference «Innovations in publishing, printing and multimedia technologies 2019», Proceedings. Kaunas, 47...53 (in Polish).
22. Petriaszwili, G., Janicki, P., & Komarov, S. (2019). Wpływ parametrów pracy noża krążkowego ustawionego mimośrodowo na zmniejszenie trajektorii kontaktu ostrza z krojonym wkładem książkowym: Przegląd papierniczy, 4, 253...257 (in Polish).
23. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. Analiza trajektorii punktów ostrzy noży krążkowych przy krojeniu wkładów książkowych. Tezy dopovidei IV Mizhnarodnoi naukovo-tekhnicnoi konferentsii «Polihrafichni, multymediini ta web-tekhnohohii» (PMW-2019). T. 1. (14–17 travnia 2019 r.). Kharkiv, «Drukarnia Madryd», 34...35 (in Ukrainian).
24. Petriaszwili, G., Janicki, P., & Komarov, S. Investigations on book cutting by circular knife with eccentric blade movement, Proceedings. 10th International Symposium on Graphic Engineering and Design GRID 2020 (November 12-14th, 2020). Novi Sad, 230–233 (in English).

doi: 10.32403/0554-4866-2020-2-80-100-111

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF BOOK BLOCKS CUTTING WITH ECCETRICAL DISK KNIVES

P. Janicki

*Department of Printing Technologies, Institute of Mechanics and Printing,
Warsaw University of Technology,
2, Konwiktorska St., Warszawa, 00-217, Poland
p.janicki@anczyca.pl*

The paper considers a new promising method of book blocks cutting by a disk knife with eccentricity. The advantages of this method in comparison with cutting by ordinary

disc knives are proved. The kinematic parameters of book blocks cutting with a disk knife with eccentricity were studied: the trajectory and velocity of the points on the blade by forward cutting and by reverse cutting. Unlike a knife without eccentricity, the trajectories and linear velocities of different points on the blade of the knife are different and depend on their location. A relative velocity of a contact of a point on the blade and a book block surface was proved to consist of three components: normal velocity, linear velocity and feed rate. The conditions for the appearance of pulse cutting are analytically determined and a method of calculating the required feed rate of book blocks is proposed. Diagrams for determining of the cutting type (interrupted or contiguous one) are given. Pulse cutting will occur if the horizontal component of the total speed will have in a certain period of time a direction opposite to the feed rate, i.e., the blade will begin to move backwards away from the block. The pulse-cutting mode exists at a higher feed rate of the book block by the forward cutting if compared to the reverse cutting. It indicates a higher possible productivity of the cutting process by forward cutting. It is established that there are three stages of interaction of the knife with the block in the process of pulse cutting: full cutting along the entire height, partial cutting at incomplete height and no cutting. A method for determining the sectors of the knife that cut the block or do not participate in cutting has been developed. Experimental studies have proven the existence of a pulse cutting mode and confirmed the reduction of cutting forces with an eccentric knife in a pulse mode compared to a conventional disk knife. The conducted research confirmed the advantages of the method of book blocks cutting with eccentric disc knives. The obtained results can be useful in the design of advanced machines for book blocks cutting.

Keywords: book block cutting, disc knife, eccentricity, pulse cutting, interrupted cutting, forward cutting, reverse cutting.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2020.

Received 23.11.2020.