

УДК 686.12.056

ВПЛИВ РОЗТАШУВАННЯ ЕКСЦЕНТРИЧНОГО ДИСКОВОГО НОЖА НА СИЛИ ОБРІЗУВАННЯ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ

П. Яніцкі

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

Розглянуто спосіб обрізування книжкових блоків дисковим ножом, що встановлено з ексцентриситетом. Проведено дослідження складових сили різання при попутному і зустрічному різанні. Визначено вплив відстані книжкового блока від осі обертання дискового ножа на зміну напрямку і величини складових сили різання. Наведено пропозиції щодо розташування дискового ножа відносно книжкового блока. Експериментальні дослідження підтвердили характер змін складових сили різання книжкових блоків, встановлених на різних відстанях від осі обертання ексцентричного ножа.

Ключові слова: *обрізування книжкових блоків, дисковий ніж, ексцентриситет, складові сили різання, зустрічне різання, попутне різання.*

Постановка проблеми. Проведені теоретичні дослідження кінематики процесу різання книжкових блоків ексцентричними дисковими ножами [14] показали можливість значного зменшення сили різання, що створює умови використання цього нового способу обрізки книг в автоматичних поточних брошурувальних лініях. Подальшим кроком для створення нових різальних вузлів та різальних машин є аналіз дії складових сили різання книжкових блоків на транспортні каретки автоматичних ліній і оптимізація параметрів роботи ексцентричних дискових ножів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дискові ножі в поліграфії використовують переважно для різання аркушів картону та паперу [5, 6]. Проведені дослідження процесів різання книг дисковими ножами, що здійснили К. Krabisch [7] та В. Грушевський [8], довели, що обрізування блоків товщиною понад 8–10 мм викликає значні зусилля, а поверхні ножа і обрізу сильно нагріваються. Науковці з Української академії друкарства проводять дослідження новітніх способів різання стосів паперу, картону, книжкових блоків, а також займаються дослідженням процесів різання дисковими ножами [9]. Запропонований в наших дослідженнях спосіб різання дисковим ножом, встановленим з невеличким ексцентриситетом [10–12], дає змогу знизити сили різання і покращити умови охолодження ножа у процесі обробки.

Мета статті — аналіз дії складових сили різання книжкових блоків у процесі різання та експериментальні дослідження процесу обробки ексцентричним дисковим ножом, щоб в подальшому надати рекомендації до проектування нових різальних машин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Різання книжкових блоків — це досить складний процес кінцевої обробки книг, під час якого виникають складні явища деформації та розриву шарів паперу під ножем, коли лезо ріжучого інструмента входить у стиснутий стос аркушів паперу.

Лезо ножа, натискаючи своєю ріжучою крайкою на папір, спричинює утворення напружень в зоні контакту леза ножа при стисненні шарів паперу, що призводить до розривання та розтягування паперових волокон. Різання відбувається в результаті спільної дії цих напружень, коли границя міцності на розрив стиснутих волокон аркушів паперу навколо леза ножа перевищена. Залежно від стану ріжучої крайки ножа процес різання відбувається з переважанням розривання паперових волокон під лезом або перерізанням волокон ріжучою крайкою ножа. Коли різання відбувається тупими ножами, то процес розрізання паперу відбувається головню через розрив зав'язків між волокнами в паперових аркушах, тоді краї розрізаних аркушів можуть мати шорстку поверхню. При різанні гострим ножем — процес відбувається переважно шляхом перетинання лезом волокон під час робочого руху ріжучого інструмента. Обертальний рух дискового ножа з ексцентриситетом сприяє розпилюванню волокон затиснутої стопи паперу і спричинює додаткове згладжування поверхні зрізу, що покращує якість різання книжкових блоків.

На лезо ножа, яке занурюється в затиснуті аркуші паперу книжкового блока, діють опір різання, сили тертя паперу об поверхню ножа і сили, що виникають внаслідок деформації стиснених шарів паперу в процесі різання. Величина сили, що утворюється під час різання книжкових блоків, значною мірою залежить від параметрів процесу обробки.

Розглянемо розподіл складових сили різання у площині зрізання в результаті обробки книжкового блока, який показано на рис. 1. Ексцентриситет ножа на рисунках умовно не показано. У площині різання розрізняємо дві складові сили різання F : нормальну силу F_n — силу врізання ножа в блок та F_t — тангенційну силу, тобто силу перепилування паперу з врахуванням сил тертя між ножем і стосом паперу.

Сили F_n і F_t діють у площині різання і перпендикулярні одна до одної, а результуюча сила F — їх геометрична сума (рис. 1). Розглянуті сили різання діють під час обробки на транспортні візки автоматичних поточних брошурувальних ліній, в яких затиснуті книжкові блоки.

На рис. 2 зображені складові сили, що діють на ніж і транспортний візок в процесі обробки книжкових блоків. Сила обробки блока книги може бути подана у вигляді трьох складових: горизонтальна F_x — діє в площині різання в напрямку транспортування блока, складова F_z — діє перпендикулярно напрямку транспортування в площині різання, вертикальна складова F_y — діє перпендикулярно площині різання.

Проведені на лабораторній установці експериментальні дослідження обрізання книжкових блоків ексцентричним дисковим ножем показали, що найбільших значень у процесі обробки книг досягають дві складові сили: F_x та F_z .

Експериментальними дослідженнями встановлено, що вертикальна складова F_y має найменше значення, яке становить приблизно 3–5 % від значення сили

F (особливе зменшення було зафіксовано при попутному різанні). Малі значення сили F_y пояснюються тим, що вертикальна складова сили F_y виникає в напрямку, перпендикулярному поверхні зрізання в результаті невеличкої дії зрізаної частини паперу (розміром приблизно 3–5 мм) на лезо ножа і невеликого натиску поверхні зрізки книжкового блока на тильну поверхню дискового ножа.

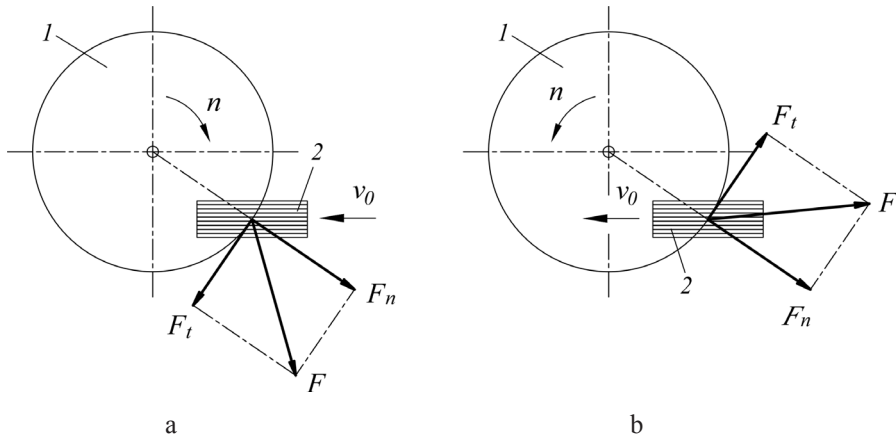


Рис. 1. Розподіл складових сили різання у площині обробки в результаті обрізування книжкового блока:
 а — попутне різання; б — зустрічне різання
 1 — дисковий ніж; 2 — книжковий блок

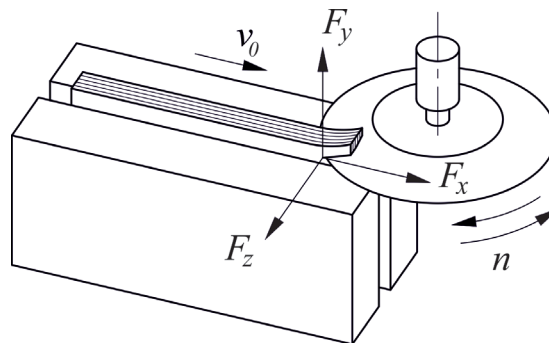


Рис. 2. Дія складових сили обробки книжкового блока на транспортний візок

У результаті проведених експериментів встановлено, що мале значення складової F_y , порівняно з іншими складовими, дає змогу зосередити дослідження з вивчення сил обробки книжкових блоків дисковим ножом, аналізуючи взаємодію складових сили F_x і F_z та їх результуючу силу $F = \sqrt{F_x^2 + F_z^2}$.

Залежно від параметрів обробки книжкових блоків відстані між віссю обертання ножа і оброблюваним книжковим блоком та напрямку обертання ножа характер дії складових сили F_x та F_z на транспортну каретку змінюється у процесі різання.

На рис. 3 (а, б) зображені можливі варіанти зміни напрямку та величини складових сил F_x і F_z та результуючої сили F при зміні параметра a (відстані між віссю обертання ножа і оброблюваним книжковим блоком) та напрямку обертання ножа (при попутному і зустрічному різанні).

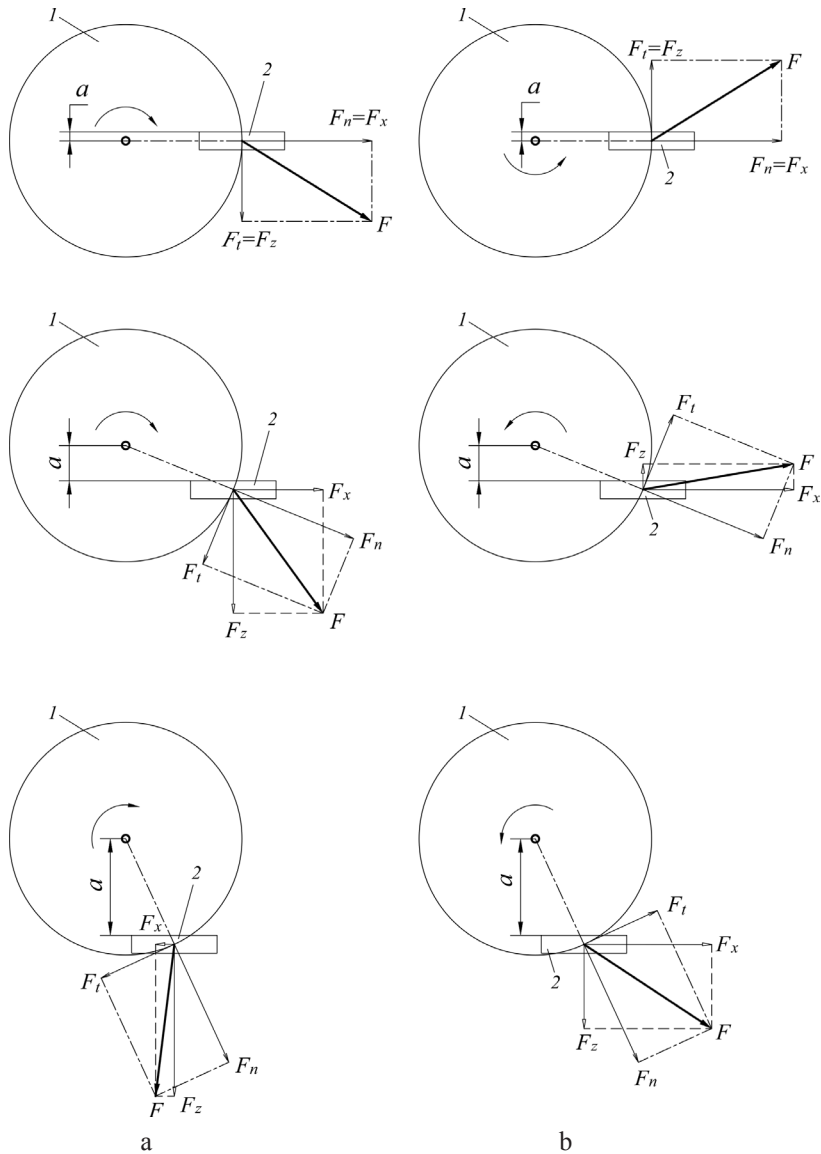


Рис. 3. Варіанти змін напрямку і величини складових сил F_x і F_z та результуючої сили F при зміні відстані встановлення дискового ножа між віссю його обертання

і книжковим блоком:

а — попутне різання; б — зустрічне різання

1 — дисковий ніж; 2 — книжковий блок

Збільшення відстані різання від осі обертання дискового ножа (параметра а) при попутному різанні призводить до збільшення повздовжньої складової F_x , яка протидіє пересуванню блока. При максимальному значенні параметра а (різання на краю ножа) складова сили F_x приймає протилежне значення і у цьому випадку сила F_x діє в напрямку подачі книжкового блока і «допомагає» приводу транспортної каретки під час обрізування книги (рис. 3, а). Складова сили F_z при такому способі різання не змінює свого напрямку дії.

При зустрічному різанні складова сили F_x (повздовжня сила) не змінює свого напрямку при збільшенні відстані між віссю обертання ножа і оброблюваним книжковим блоком, але величина поперечної складової сили F_z приймає максимальне значення при різанні книжкового блока на краю ножа (рис. 3, б).

Експериментальні дослідження підтверджують проведений аналіз взаємодії складових сили у процесі різання книжкових блоків дисковими ножами.

На рис. 4 наведені типові осцилограми записів складових сил F_x та F_z , що діють на транспортний візок при зустрічному різанні (рис. 4, а) та попутному різанні (рис. 4, б) ексцентричним дисковим ножом при встановленні блока на максимальній відстані від осі обертання ножа. На рис. 5 подані результати обробки осцилограм складових сил F_x та F_z при зустрічному та попутному різанні. Відстань між віссю обертання ножа і книжковим блоком змінювали в межах від -5 мм (що для блока товщиною 10 мм є центральним розміщенням) до 75 мм.

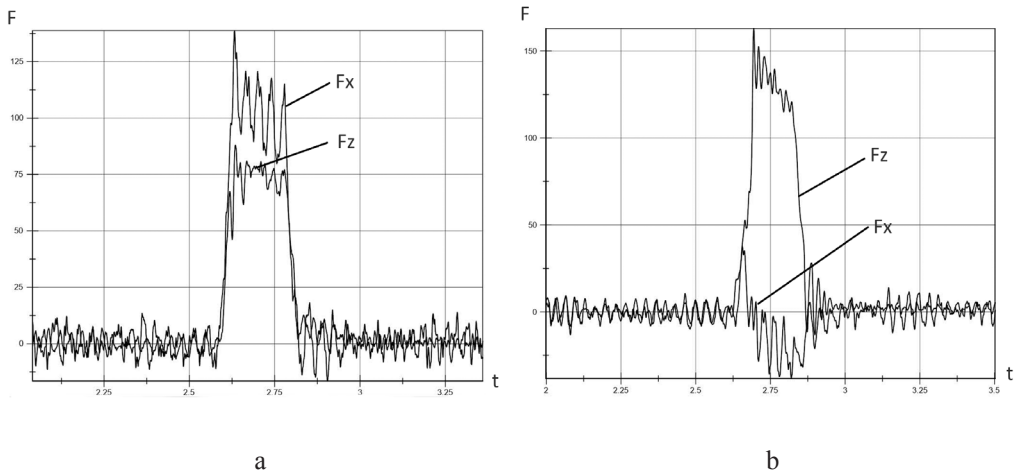


Рис. 4. Типові осцилограми зареєстрованих складових сил F_x та F_z , що діють на транспортний візок при обрізуванні книжкового блока ексцентричним дисковим ножом:
а — зустрічне різання; б — попутне різання

Запис осцилограм було проведено на спеціальному лабораторному стенді [12]. Реєстрація сигналів з датчиків здійснюється за допомогою вимірювальної апаратури фірми National Instruments (США) і комп'ютера зі спеціальним програмним

забезпеченням LabVIEW SignalExpress. Для обробки результатів використовували систему DIAdem тої самої фірми. Датчики було прокалібровано, а з метою очищення сигналів від електромагнітних перешкод використовували цифрові фільтри DIAdem. З аналізу осцилограм було визначено максимальні значення складових сил F_x та F_z в циклі різання. Регресійний аналіз і побудову графіків на рис. 5 виконували за допомогою Mathcad.

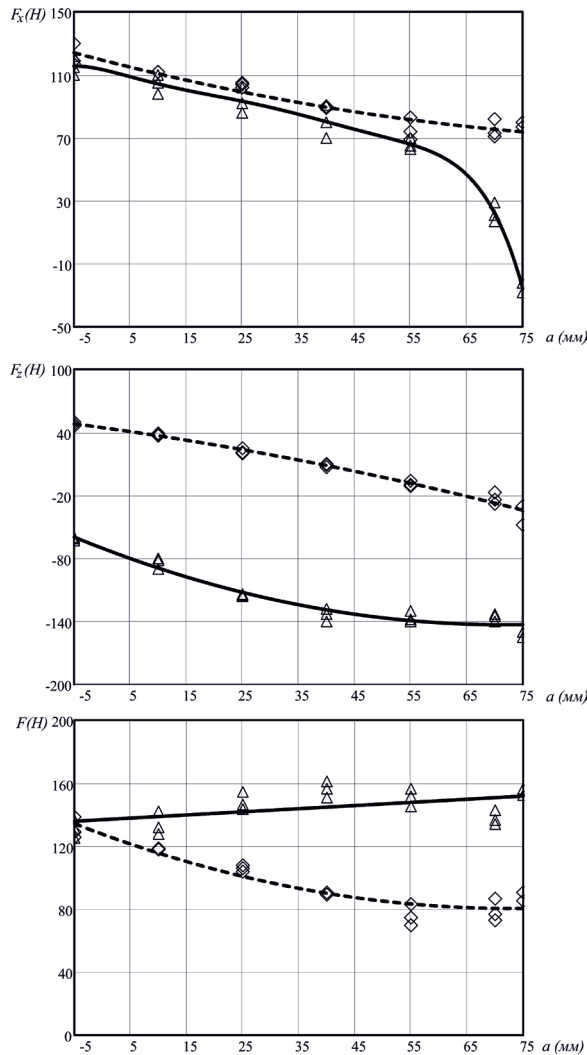


Рис. 5. Значення складових сил F_x , F_z та повної сили F залежно від відстані блока від осі обертання дискового ножа a .

Пунктир — зустрічне різання; суцільна лінія — попутне різання.

Параметри різання: діаметр ножа 195 мм, кут його загострення 26° , частота обертання 1800 об/хв, швидкість подачі 0,5 м/сек, ексцентриситет ножа 0,5 мм, товщина книжкового блока 10 мм, довжина блока 100 мм, папір офсетний 70 г/м²

У результаті проведених досліджень було встановлено, що напрямок обертання ножа суттєво впливає на зміну напрямку дії складових сил F_x та F_z і їх максимальні значення. При попутному різанні затиснутих в транспортному візку книжкових блоків та встановленні ножа на максимальній відстані a від книжкового блока було зареєстровано зміну напрямку дії повздовжньої складової F_x , завдяки чому величина сили подачі блока зменшується. При зустрічному різі спостерігається зміна напрямку сили F_z . Виявилося, що повна сила різання при попутному різанні майже не залежить від положення книжкового блока відносно осі обертання ножа, а при зустрічному різі вона зменшується. Проаналізувавши осцилограми, було встановлено, що у випадку зустрічного різання повздовжня сила F_x (опір пересуванню книжкового блока) є дещо менша, ніж при попутному різанні, що узгоджується з результатами проведеного раніше кінематичного аналізу процесу різання ексцентричними дисковими ножами.

Висновки. Проведений аналіз та експериментальні дослідження характеру змін дії складових сил обробки у процесі обрізування книжкових блоків ексцентричним дисковим ножом підтвердили висновок, що найбільш доцільним є встановлення книжкового блока при різанні на максимально можливій відстані від осі обертання дискового ножа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Janicki P., Petriaszwili G. Transformacja kinematycznego kąta zaostrenia ostrza noża w procesach rozkroju tektury i papieru nożami krążkowymi. *Opakowanie*. 2016. № 9. S. 79–81.
2. Janicki P., Petriaszwili G., Komarov S. Charakterystyka kinematyki procesu krojenia papieru nożem krążkowym ustawionym mimośrodowo. *Opakowanie*. 2016. № 10. S. 57–59.
3. Яницький П., Петриашвили Г., Комаров С. Кінематические 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.
4. 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.
5. Угрин Я. М. Аналітичне дослідження процесу різання картону круговим ножом. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 1999. Вип. 1. С. 20–23.
6. Kikiewicz Z. Teoria i budowa maszyn papierniczych. Cz. 2. WNT, Warszawa, 1977.
7. Krabisch K. Schneiden MIT rotierenden Messern. IPM, Leipzig, 1962.
8. Грушевский В. С. Исследование процесса обрезки книжных блоков дисковыми ножами. *Труды НИИПолиграфмаш. Переплетно-брошюровочные машины*. 1963. № 23. С. 3–37.
9. Коломієць А. Б., Ватуляк Ю. В. Обрізування книжкових блоків набором ексцентрикових дискових інструментів. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2020. № 1 (79). С. 103–111.
10. 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. S. 40–47.

11. Janicki P., Petriaszwili G. Analiza kinematyczna parametrów procesu krojenia wkładów książkowych mimośrodowym nożem krążkowym. *Przegląd Papierniczy*. 2017. № 7. S. 468–472.
12. 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. 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).
2. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2016). Charakterystyka kinematyki procesu krojenia papieru nożem krążkowym ustawionym mimośrodowo: *Opakowanie*, 10, 57–59 (in Polish).
3. Janickij, P., Petriashvili, G., & Komarov, S. (2016). Kinematicheskie parametry rezanija knizhnyh blokov jekscentrichnym diskowym 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).
4. Petriashvili, H., Komarov, S., & Yanitskyi, P. (2016). Doslidzhennia kinematyky rizannia korintsiv knyzhkovykh blokiv ekstsentrychnym diskowym nozhem. *Naukovo-tekhniczna konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu, naukovykh pratsivnykiv i aspirantiv : tezy dop. (16-19 liutoho 2016 r.)*. Lviv : UAD, 20 (in Ukrainian).
5. Uhryn, Ya. M. (1999). Analitychne doslidzhennia protsesu rizannia kartonu kruhovym nozhem: *Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva]*, 1, 20–23 (in Ukrainian).
6. Kikiewicz, Z. (1977). *Teoria i budowa maszyn papierniczych*. Cz. 2. WNT, Warszawa (in Polish).
7. Krabisch, K. (1962). *Schneiden MIT rotierenden Messern*. IPM, Leipzig (in German).
8. Grushevskij, V. S. (1963). Issledovanie processa obrezki knizhnyh blokov diskovymi nozhami: *Trudy NIIPoligrafmash. Perepletno-broshjurovochnye mashiny*, 23, 3–37 (in Russian).
9. Kolomiets, A. B., & Vatuliak, Yu. V. (2020). Obrizuvannia knyzhkovykh blokiv naborom ekstsentrykovykh diskovykh instrumentiv: *Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva]*, 1 (79), 103–111 (in Ukrainian).
10. 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).
11. Janicki, P., & Petriaszwili, G. (2017). Analiza kinematyczna parametrów procesu krojenia wkładów książkowych mimośrodowym nożem krążkowym: *Przegląd Papierniczy*, 7, 468–472 (in Polish).
12. Petriaszwili, G., Janicki, P., & Komarov, S. (2020). 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)*. Novi Sad, 230–233 (in English).

INFLUENCE OF ECCENTRIC DISC KNIFE LOCATION ON THE FORCES OF BOOK BLOCKS CUTTING

P. Janicki

*Department of Printing Technologies, Institute of Mechanics and Printing,
Warsaw University of Technology,
2, Konwiktorska St., Warszawa, 200-217, Poland
p.janicki@anczyca.pl*

The purpose of the article is to analyze components of the cutting force of book blocks processing with an eccentric disc knife and experimental studies of the process in order to provide recommendations for the design of new cutting machines. The paper considers a new perspective method of book blocks cutting with a disk knife, which is installed with eccentricity. A study of the components of the cutting force by the forward and the reverse cutting is performed. The influence of the distance of the book block from the axis of rotation of the disk knife on the change of the direction and magnitude of the components of the cutting force is determined. Experimental studies have confirmed the nature of changes in the components of the cutting force of the book blocks, installed at different distances from the axis of rotation of the eccentric knife. The oscillograms were recorded on a special laboratory stand. Signals from sensors are recorded using measuring equipment from National Instruments (USA) and a computer with special software LabVIEW SignalExpress. The DIAdem system of the same company was used to process the results. The regression analysis was performed using Mathcad soft. As a result of research, it was found that the direction of the knife rotation significantly affects the change in the direction of longitudinal and transverse forces and their maximum values. When cutting the clamped in the transport carriage book blocks in forward direction and installing the knife at the maximum distance from the book block, a change in the direction of the longitudinal cutting force component was registered, due to which the magnitude of the feed force of the block decreases. The change of the direction of the transverse cutting force at the reverse cutting is observed. According to our experiments, value of the full cutting force in horizontal plane is smaller for forward cutting than for reverse cutting. Suggestions regarding the location of the disc knife relative to the book block are given. The obtained results can be useful for the design of advanced machines for book blocks trimming.

Keywords: *book block cutting, disc knife, eccentricity, components of cutting forces, forward cutting, reverse cutting.*

Стаття надійшла до редакції 25.11.2020

Received 25.11.2020