

УДК 686.12.056

ОБРІЗУВАННЯ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ НАБОРОМ ЕКСЦЕНТРИКОВИХ ДИСКОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

А. Б. Коломієць, Ю. В. Ватуляк

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

Розроблено пристрій для обрізування книжкових блоків набором ексцентрик-ових дискових інструментів. Запропоновано удосконалену схему пристрою для обрізування книжкових блоків на основі наборів дискових ексцентрик-ових інструментів та подано його конструкцію. Обґрунтовано переваги перерозподілу процесу обрізування книжкового блока з короткої частини циклу руху інструментів на повний оберт їхнього руху. Проведено аналіз геометричних параметрів ексцентрик-ових дискових різальних інструментів і їхнього впливу на величину кута різання. Отримано залежності, необхідні для оптимально-раціонального проектування пристроїв для обрізування книжкових блоків набором дискових ексцентрик-ових інструментів. За результатами проведених досліджень доведено енерго-ефективність пристрою.

Ключові слова: книжковий блок, дисковий ексцентрик-овий інструмент, кут різання, затискач, транспортер, прямий ножетримач, напрямок різання.

Постановка проблеми. Загальносвітова тенденція зростання вимог до якості поліграфічної продукції поряд із зниженням енерго- та металоємності устаткування і зменшенням накладів друкованих видань до 3...5 тисяч примірників є важливим чинником пошуку нових підходів до розв'язання задач, які постають перед його розробниками [2, 5, 6, 8]. Однією з важливих проблем, із якою стикаються розробники різального устаткування, є забезпечення дорізання найменш жорсткої частини аркушів на завершальному етапі циклу обрізування книжкових блоків [3, 4, 7, 8]. Тому актуальним є створення нового компактного енергоощадного пристрою для обрізування книжкових блоків, оснащеного набором ексцентрик-ових дискових різальних інструментів. Застосування такого пристрою дасть змогу зменшити навантаження на привод (а отже, зменшити його енергоспоживання) завдяки забезпеченню періодичного послідовного контакту лез дискових інструментів із книжковим блоком під час обрізування. Симетричне розташування інструментів щодо книжкового блока допомагає досягнути надійного, якісного різання останніх серединних аркушів на завершальному етапі циклу обрізування та зменшує габаритні розміри пристрою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У публікації [10] наведено критичний аналіз способів обрізування книжкових блоків одиночним дисковим різальним інструментом та вібраційного обрізування блоків плоским ножем. Також

подано методику розрахунку кінематичних параметрів процесу нанесення канавок на корінцеву частину книжкового блока одиничним ексцентриковим дисковим інструментом. У публікації [11] проведено дослідження кінематичних параметрів процесу різання одиничним дисковим ексцентриковим ножом. Окрім того, здійснено аналіз кінематичних параметрів процесу різання через умовну заміну дискового ножа дезаксіальним кривошипно-повзунним механізмом. Проведений огляд літературних джерел засвідчив, що інформації щодо кінематики процесу обрізування книжкових блоків набором ексцентрикових дискових інструментів немає.

Мета статті — створити передумови для конструювання компактного пристрою, в якому навантаження рівномірно розподілені впродовж циклу руху набору різальних інструментів. У такий спосіб досягається зменшення піків сил під час обрізування книжкових блоків та, як наслідок, зменшення споживаної потужності двигуна пристрою.

Виклад основного матеріалу дослідження. На рис. 1 зображено схему пристрою обрізування книжкових блоків. Книжковий блок *1* товщиною *B* встановлюється та фіксується у затискачах *2* транспортера, далі переміщується з постійною лінійною швидкістю V_1 у напрямку до зони їхнього подальшого оброблення. Вузли різальних інструментів розміщені послідовно на прямих ножедержачах *3* та *3'*, які встановлені паралельно площині різання та утворюють гострі кути β до лінії транспортування книжкових блоків. Основу кожного різального вузла ножедержачів становлять дискові ножі *4* з одностороннім загостренням лез, які закріплені з ексцентриситетом *5* на осях *6*. Осі *6* разом із встановленими на них дисковими різальними інструментами *4* обертаються з постійною кутовою швидкістю ω_{dk} . Привід усім осям *6* надається через передачі (не зображені) від загального приводу у такий спосіб, що осі кожного ножедержача обертаються в напрямку, попутному до напрямку переміщення книжкового блока *1*.

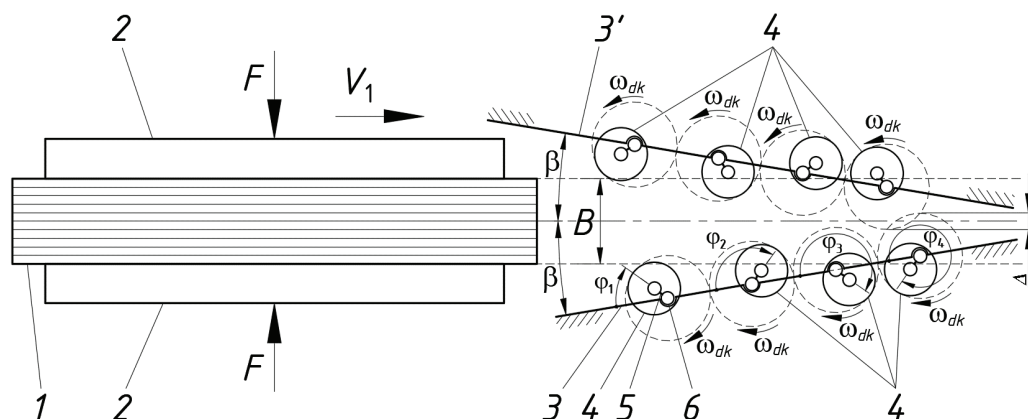


Рис. 1. Схема пристрою обрізування книжкових блоків наборами ексцентрикових дискових ножів

Осі 6 шарнірно встановлені в корпусах ножетримачів. Відстань між сусідніми осями визначає кут розвороту φ лінії ексцентриситету кожного з дискових ножів 4 відносно лінії встановлення різальних модулів. Кути розвороту ексцентриків сусідніх дискових ножів 4 відрізняються на кут $\Delta\varphi = 360^\circ/i_{dk}$, де i_{dk} — кількість ножів на ножетримачі. Кут розвороту φ_1 перших дискових ножів прямих ножетримачів 3 та $3'$ пов'язаний із кутами розвороту наступних дискових ножів залежністю:

$$\varphi_1 = \varphi_2 - \Delta\varphi = \varphi_3 - 2 \times \Delta\varphi = \varphi_4 - 3 \times \Delta\varphi = \varphi_i - i \times \Delta\varphi. \quad (1)$$

Дискових ножів на одному ножетримачі має бути не менше ніж 4 , що дає змогу мінімізувати нерівномірність навантаження на привід транспортера під час обрізування книжкових блоків. Встановлення на одному ножетримачі більшої кількості ножів спричинить зростання вартості пристрою та збільшення часу його налаштування.

Кожен дисковий ніж 4 обрізує протягом циклу руху певну смугу книжкового блока 1 . Зони дій лез останньої пари дискових ножів 4 на прямих ножетримачах 3 та $3'$ утворюють перекриття Δ , що гарантує якісне обрізування центральної частини книжкового блока.

V-подібне розташування прямих ножетримачів із дисковими різальними інструментами значно зменшує габаритні розміри пристрою [8]. Таке встановлення покращує умови транспортування книжкових блоків через симетричну дію різальних інструментів на блоки під час їхнього обрізування. Проведені експериментальні дослідження [4, 7, 12] виявили, що попутній напрямок різання зменшує величину навантаження на транспортуючу систему внаслідок «проштовхування» книжкового блока крізь секцію під час його обрізування обертовими різальними інструментами.

На рис. 2 наведено розрахункову схему процесу обрізування книжкових блоків одним з ексцентрикових дискових ножів DK прямого ножетримача Tr . Центр A дискового ножа DK із діаметром леза D обертається по радіусу r навколо осі O_1 з постійною кутовою швидкістю ω_{dk} . У такий спосіб траєкторія руху зовнішньої крайки леза дискового ножа DK утворює коло зі значно більшим радіусом R_d , завдяки чому збільшується швидкість різання і, відповідно, створюються умови для зменшення кутів та зусиль різання.

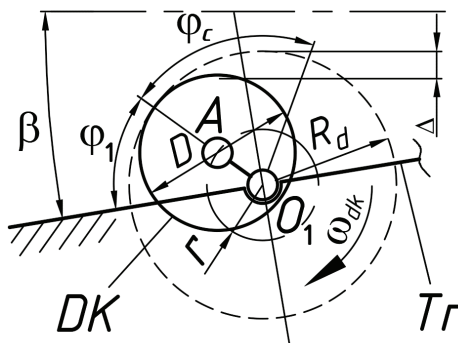


Рис. 2. Розрахункова схема процесу обрізування книжкових блоків ексцентриковим дисковим ножом

Кожен дисковий різальний інструмент здійснює дискретно-дотичне різання, суть якого полягає у різанні тільки частини циклу свого руху [12]. Водночас різальний інструмент зрізує аркушевий матеріал блока смужками певної ширини, а всю площину — упродовж кількох циклів. Такий ефект забезпечується значним перевищенням швидкості руху різального інструмента над швидкістю переміщення книжкового блока.

Цикловий кут дискового ножа, що відповідає початку різання незрізаної частини блока, залежить від багатьох умов, головна з яких — співвідношення швидкостей руху різального інструмента і згаданого блока [10, 11].

При попутному русі ножа DK відносно напрямку руху блока початок різання чергової смуги Δ паперу відповідає куту φ_1 повороту ексцентрика O_1A навколо осі O_1 . Різання відбувається впродовж циклового кута φ_c і закінчується виходом леза інструмента з контакту з незрізаною частиною площини корінця блока. Результати проведених досліджень [10, 11] засвідчили, що оптимально-раціональною з погляду енергоефективності та якості обробки поверхні корінця є величина циклового кута в межах $\varphi_c = 45\text{--}60^\circ$.

Кут різання окремим дисковим ексцентриковим інструментом [1]:

$$\alpha_{c'} = \arctg \frac{\operatorname{tg} \alpha_z \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot h - h^2}}{R} \quad (2)$$

де α_z — кут загострення дискового ексцентрикового ножа; h — глибина врізання інструмента в блок; R — радіус інструментів.

Водночас у момент контакту леза ножа з незрізаною частиною площини корінця блока відбувається короткочасне стрімке зростання навантажень у приводах інструментів і транспортної системи пристрою. Згодом навантаження поступово зменшуються до нуля, що є наслідком переваги швидкості леза ножа над швидкістю блока та виходу його з контакту із незрізаною частиною площини корінця блока.

На рис. 3 наведено діаграму зміни кута різання окремими ексцентриковими дисковими інструментами протягом циклу обрізування книжкового блока. Величина кута різання для кожного окремого дискового ексцентрикового ножа в наборі однакова. З діаграми видно, що величина кута різання окремого інструмента стрімко зростає на етапі його врізання в книжковий блок, досягає максимального значення і плавно зменшується в процесі різання до мінімуму в момент виходу леза з контакту з блоком.

Результати цього дослідження доводять переваги застосування обраного розташування наборів дискових різальних інструментів на прикладі використання наборів встановлених дискових ножів — по чотири на траверсах $3 (DK1 \dots DK4)$ та $3' (DK1' \dots DK4')$.

Дія ножів другого прямого ножетримача $3'$ (залежність позначена пунктирною лінією) подібна з тією різницею, що запропоновано і тут зробити невелике, у межах $30 \dots 45^\circ$, зміщення по циклу. Це додатково вирівнює загальне навантаження на двигун загального привода різальних модулів.

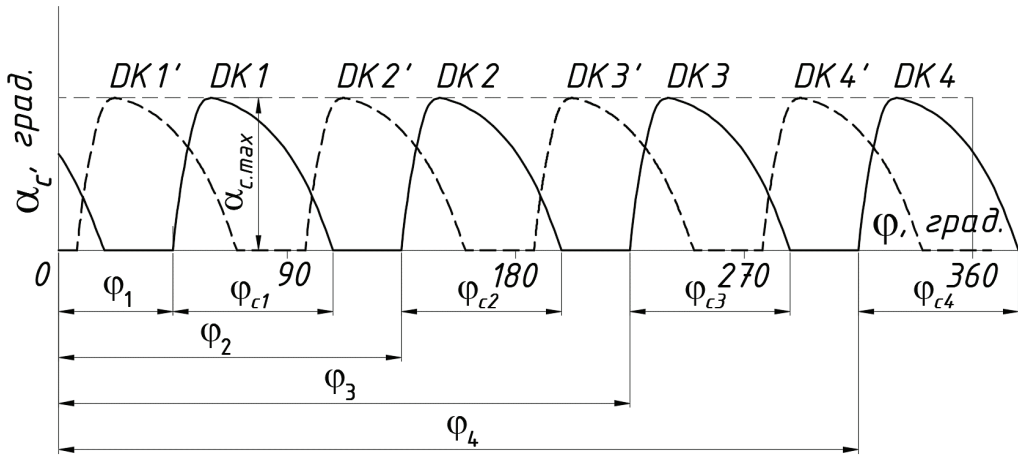


Рис. 3. Діаграма зміни кута різання α_c протягом циклу обертання ексцентрикових дискових ножів у процесі обрізування книжкового блока

Поставлена мета створення компактного пристрою передбачає виконання завдання з визначення його габаритних розмірів. Мінімальне наближення крайок сусідніх дискових ножів (рис. 4), які рухаються, відповідає положенням ножів $DK3$ та $DK4$ (рис. 1). Внаслідок проведеного аналізу миттєвих положень обох дискових ножів виявлено, що мінімальна відстань між їхніми крайками, за якої стає можливим контакт лез (при $\Delta\varphi = \pi/2$), відповідає положенням ексцентриків O_3A_3 та O_4A_4 , коли кути $\angle A_3O_3O_4 = \angle A_4O_4O_3 = \Delta/4$.

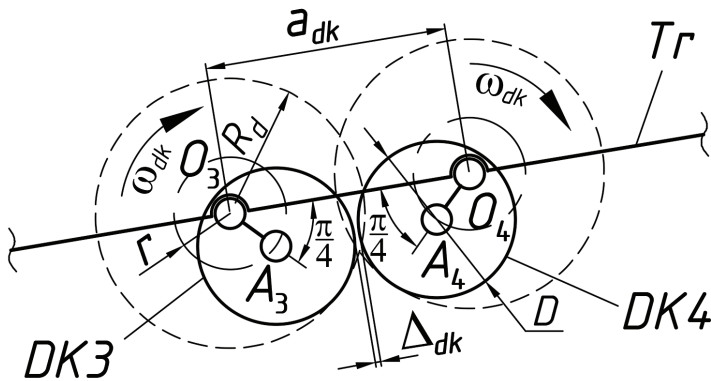


Рис. 4. Розрахункова схема визначення мінімального кроку між ексцентриковими дисковими ножами

Мінімальний крок між ексцентриковими дисковими ножами визначається за формулою:

$$a_{dk} = D + 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) + \Delta_{dk} = D + r \cdot \sqrt{2} + \Delta_{dk}, \quad (3)$$

де D — діаметр дискових ножів; r — ексцентриситет (радіус обертання) центрів дискових ножів; Δ_{dk} — мінімально допустима відстань між крайками сусідніх дискових ножів. Приймаємо, що $\Delta_{dk} = 2 \dots 3$ мм.

Загальна довжина прямого ножетримача:

$$L_{tr} = 2 \cdot r + D + a_{dk} (i_{dk} - 1). \quad (3)$$

Залежно від обраного кута β встановлення рекомендована кількість дискових ножів на ножетримачі з одного боку блока при $\Delta\phi = \pi/2$ може бути $i_{dk} = 4; 8; 12$ тощо. У такому разі виконується умова рівномірного розподілу навантаження впродовж циклу руху різальних інструментів.

Наприклад, для обрізування книжкових блоків завтовшки $B = 40$ мм і обраному куті встановлення прямих ножетримачів $\beta = 5^\circ$ мінімально необхідна довжина ножетримача з одного боку $L_{tr} = 229,5$ мм. Змінюємо параметри пристрою — дискові ножі діаметром $D = 50$ мм, ексцентриситет обертання їхніх центрів $r = 5$ мм, кількість дискових ножів на ножетримачі $i_{dk} = 4$. Розрахований крок між ножами на ножетримачі, згідно з вищевказаною залежністю, становить $a_{dk} = 59,07$ мм, якщо гарантована мінімальна відстань між крайками сусідніх дискових ножів — $\Delta_{dk} = 2$ мм. Обираємо більше ціле число з першого ряду лінійних розмірів $a_{dk} = 60$ мм, тоді отримуємо довжину ножетримача $L_{tr,розр} = 240$ мм, що перевищує мінімальну необхідну довжину ножетримача з одного боку. Після цього корегуємо кут встановлення ножетримача $\beta = 4^\circ 47'$. Отриманий згідно зі зміненими параметрами, пристрій є компактним, він займає вздовж траєкторії руху книжкового блока лише 239,2 мм.

Вочевидь наслідком зменшення кількості дискових інструментів i_{dk} буде зменшення частки періодів різання впродовж циклу руху інструментів і незворотне зростання піків сил різання. Для збереження якості різання у такому разі доводиться зменшувати швидкість переміщення блоків, що знижує продуктивність пристрою, а також збільшує час роботи його двигунів. Крім того, внаслідок дії в процесі різання короткочасних стрибкоподібних навантажень на привід інструментів виникає потреба застосування для їхнього приводу високовартісних двигунів.

Висновки. Запропонована удосконалена схема пристрою для обрізування книжкових блоків на основі наборів дискових ексцентрикових інструментів є логічним розвитком дискретно-дотичного способу і його адаптацією до згаданого способу дискових інструментів.

Доведено переваги застосування пристрою для обрізування книжкових блоків набором ексцентрикових дискових інструментів завдяки явищу перерозподілу короткочасних пікових навантажень у значно менші і більш рівномірні навантаження впродовж циклу роботи різальних інструментів. Отримано залежності, необхідні для оптимально-раціонального проектування пристроїв для обрізування книжкових блоків набором дискових ексцентрикових інструментів. Результати проведеного дослідження доводять конкурентоспроможні характеристики компактності та енергоефективності пристрою під час застосування двох прямих ножетримачів із встановленими на них наборами з чотирьох дискових ножів.

Розроблений пристрій дає змогу зменшити навантаження на двигун, зменшити енерго- та металоємність конструкції різальних пристроїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грушевский В. С. Технологические параметры резания брошюр дисковыми ножами. Труды НИИПолиграфмаш. Переплетно-брошюровочные машины. 1963. Вып. 23. С. 37–49.
2. Механизм дискового ножа : пат. №2530556 (ФРГ): МКИ В26 Д 7/26 ; опубл. 17.08.1977.
3. Германиес Э. Справочная книга технолога-полиграфиста / пер. с нем. Москва : Книга, 1982.
4. Коломієць А. Б. Особливості кінематики процесу обрізування книжкових блоків дискретно-дотичним способом. Комп'ютерні технології друкарства. 2001. С. 369–373.
5. Sposob obrobki grzbietow wkładow ksiązkowych : Patent 177365B1 Polska / Petriaszwili J., Borowski P., Poliudow A., Kolomiec A. WUP 11/99, 1999.
6. Спосіб різання стоп паперу і пристрій для його здійснення : пат. №40253А Україна: МПК В26D 1/00. № 2000116196 ; заявл. 02.11.2000 ; опубл. 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.
7. Коломієць А. Б. Оцінка технологічних показників обрізування книжкових блоків. Квалілогія книги. 2003. С. 122–125.
8. Ватуляк Ю. В. Удосконалення процесу обрізування книжково-журнальних блоків, що рухаються за коловою траєкторією : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.01. Львів, 2018. 158 с.
9. Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. Москва : Машиностроение, 1975. 311 с.
10. Хведчин Ю. Й., Книш О. Б., Коломієць А. Б. Брошурувально-палітурне устаткування. Розрахунки виконавчих механізмів. Львів : УАД, 2010. 128 с.
11. Janicki P., Petriaszwili G., Komarov S. Badania przemiszczzeń w procesie krojenia ostrza mimośrodowego noża krążkowego. Полиграфические, мультимедийные и web-технологии : тезисы докл. 2-й Міжнарод. науч.-техн. конференції (16–22 мая 2017 г.). Харьков : ХНУРЕ, 2017. Т 1. С. 9–10.
12. Коломієць А. Б. Розробка технологічного процесу обрізування дискретно-дотичним способом книжково-журнальних блоків : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.02.15. Львів, 2002. 178 с.

REFERENCES

1. Grushevskij, V. S. (1963). Tehnologicheskie parametry rezanija broshjur diskovymi nozhami: Trudy NIIPoligrafmash. Perepletno-broshjurovochnye mashiny, 23, 37–49 (in Russian).
2. Mehanizm diskovogo nozha : pat. №2530556 (FRG): MKI V26 D 7/26 ; opubl. 17.08.1977 (in Russian).
3. Germanies, Je. (1982). Spravochnaja kniga tehnologa-poligrafista / per. s nem. Moskva : Kniga (in Russian).
4. Kolomiiets, A. B. (2001). Osoblyvosti kinematyky protsesu obrizuvannia knyzhkovykh bloktiv dyskretno-dotychnym sposobom: Komp'juterni tekhnolohii drukarstva, 369–373 (in Ukrainian).
5. Petriaszwili, J., Borowski, P., Poliudow, A., & Kolomiec, A. Sposob obrobki grzbietow wkładow ksiązkowych : Patent 177365B1 Polska: WUP 11/99, 1999 (in Polish).
6. Sposib rizannia stop paperu i prystrii dlia yoho zdiisnennia : pat. №40253A Ukraina: MPK B26D 1/00. № 2000116196 ; zaiavl. 02.11.2000 ; opubl. 16.07.2001, Biul. № 6, 2001 r. (in Ukrainian).

7. Kolomiets, A. B. (2003). Otsinka tekhnolohichnykh pokaznykiv obrizuvannia knyzhkovykh blokiv: Kvalilohiia knyhy, 122–125 (in Ukrainian).
8. Vatuliak, Yu. V. (2018). Udoskonalennia protsesu obrizuvannia knyzhkovo-zhurnalnykh blokiv, sheho rukhaiutsia za kolovoioi traiektoriieiu : dys. ... kand. tekhn. nauk : spets. 05.05.01. Lviv (in Ukrainian).
9. Reznik, N. E. (1975). Teorija rezaniia lezviem i osnovy rascheta rezhushhih apparatov. Moskva : Mashinostroenie (in Russian).
10. Khvedchyn, Yu. Y., Knysh, O. B., & Kolomiets, A. B. (2010). Broshuruvalno-paliturne ustatkuvannia. Rozrakhunky vykonavchykh mekhanizmiv. Lviv : UAD (in Ukrainian).
11. Janicki, P., Petriaszwili, G., & Komarov, S. (2017). Badania przemieszczeń w procesie krojenia ostrza mimośrodowego noża krążkowego. Polyhrafycheskye, multymedyinnye y web-tekhnolohyy : tezysy dokl. 2-i Mizhdunar. nauch.-tekhn. konferentsyy (16–22 maia 2017 h.). Kharkov : KhNURЭ, 1, 9–10 (in Polish).
12. Kolomiets, A. B. (2002). Rozrobka tekhnolohichnoho protsesu obrizuvannia dyskretnodotychnym sposobom knyzhkovo-zhurnalnykh blokiv : dys. ... kand. tekhn. nauk : spets. 05.02.15. Lviv (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2020-1-79-103-111

CUTTING OF BOOK BLOCKS BY A SET OF ECCENTRIC DISC TOOLS

A. B. Kolomiets, Y. V. Vatuliak

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

Non-stop cutting of book blocks is characterized by significant short-term efforts. Uneven energy consumption by the cutting tools drive motor reduces the reliability of the equipment. The aim is to develop a compact device for trimming book blocks with a set of eccentric disk tools, which will reduce the load on the drive (and thus reduce its power consumption) by providing periodic sequential contact of the blades of the disk tools with the book block during trimming.

The improved device for trimming book blocks consists of two straight knife holders located on both sides of the book block clamped in the conveyor, which is moving at a constant speed. Movable eccentric disc knives are evenly mounted on the knife holders, they are driven by a chain or belt drive from a common motor. Disc knives are located on knife holders with the ability to rotate around their own shafts with eccentricity. The eccentricity of rotation of each cutting disc knife offsets by a cyclic angle of one relative to the adjacent tools on the knife holder. Disc knives sequentially trim the block so that at a certain moment in time a small part of the tools carries out a cutting process. The design of the cutting device has been developed. The analysis of geometrical parameters of eccentric disk cutting tools is carried out, it shows their influence on the value of

the cutting angle. The advantages of redistribution of the book block trimming process from the short part of the tool movement cycle to the full rotation of their movement are substantiated. Dependencies for calculating the maximum values of cutting angles are necessary for the optimal design of devices for trimming book blocks with a set of disk eccentric tools.

Previous research has shown that the change in cutting forces and maximum cutting angles are relating directly. Therefore, we would expect a reduction in power peaks when trimming book blocks and, consequently, a reduction in the power consumption of the device's motor. Studies prove the energy efficiency of the device.

Keywords: *book block, eccentric disc tool, angle of cutting, clamp, transporter, straight knife holder, direction of cutting.*

Стаття надійшла до редакції 18.03.2020.

Received 18.03.2020.