

УДК 685.34.05

DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.2.1.19>**А. В. МАКАТЬОРА**

аспірантка кафедри машин та агрегатів поліграфічного виробництва  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ORCID: 0000-0001-9373-5169

**Д. А. МАКАТЬОРА**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри машин та агрегатів поліграфічного виробництва  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ORCID: 0000-0002-1909-900X

**М. А. ЗЕНКІН**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри машин та агрегатів поліграфічного виробництва  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ORCID: 0000-0002-8840-0572

**В. О. КОХАНОВСЬКИЙ**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри машин та агрегатів поліграфічного виробництва  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ORCID: 0009-0002-4804-884X

**А. І. КАРПЕШКО**

аспірант кафедри машин та агрегатів поліграфічного виробництва  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ORCID: 0009-0008-8265-0053

## **ФУНКЦІОНАЛЬНО-КОНСТРУКТИВНИЙ ВПЛИВ НОЖА З РИФЛЯМИ НА ПРОЦЕС ПОВЗДОВЖНЬОГО РІЗАННЯ МОНОЛІТНОЇ ГУМИ**

Сучасні умови розвитку спонукають підприємства до яких висуваються головна вимога – зменшення енергетичних витрат. Існуючі машини для повздовжнього різання матеріалів в якості робочого органу здебільшого використовують леза ножів з різними геометричними параметрами, які не в повній мірі задовільняють цим вимогам, тому постає питання дослідження впливу нових конструкцій ножів при розрізанні різних типів матеріалу (мікропориста та монолітні гуми, повсть, шкіра тощо). Метою даного дослідження є визначення функціонально-конструктивного впливу ножа з нанесеними на його поверхню рифлів на процес повздовжнього різання монолітної гуми, розробка ефективного методу впливу величини зазору між твірними транспортуючих валиками і величини відстані від вертикальної осі обертання транспортуючих валиків до кромки леза ножа з рифлями на погонне зусилля різання монолітної гуми, шляхом використання рівнянь регресії. Дослідження проведені на експериментальній установці повздовжнього різання при використанні ножа з нанесеними на його поверхню рифлів. При проведенні експерименту був використаний рототабельний план другого порядку, що дозволив ефективно вирішити поставлені завдання оцінки впливу досліджуваних факторів на сумарну величину втрат при повздовжньому різанні матеріалу та величину втрат на тертя матеріалу о грані нерухомого ножа з нанесеними на його поверхню рифлів (отриманні рівняння регресії та побудовані залежності), їх порівняння при використанні різних типів ножів, а саме – геометричних форм: дугоподібною, одно- та двосторонньою заточками (з нанесенням на їх поверхню рифлів та без них); дозволяє сформулювати при проєктуванні машин даного типу наступні рекомендації, а саме вибору леза ножа (його геометричну форму), технологічні параметри конструкції машини, що дозволить покращити роботу машини та знизити енергетичні витрати на технологічний процес.

**Ключові слова:** сумарна величина втрат, втрати на тертя матеріалу, транспортуючі валики, ніж.

A. V. MAKATORA

Postgraduate Student at the Department of Printing Machines  
and Automated Complexes  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”  
ORCID: 0000-0001-9373-5169

D. A. MAKATORA

Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor at the Department of Printing Machines  
and Automated Complexes  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”  
ORCID: 0000-0002-1909-900X

M. A. ZENKIN

Doctor of Sciences in Engineering, Professor,  
Professor at the Department of Printing Machines and Automated Complexes  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”  
ORCID: 0000-0002-8840-0572

V. O. KOKHANOVSKIY

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Printing Machines  
and Automated Complexes  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”  
ORCID: 0009-0002-4804-884X

A. I. KARPESKO

Postgraduate Student at the Department of Printing Machines  
and Automated Complexes  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”  
ORCID: 0009-0008-8265-0053

## FUNCTIONAL AND CONSTRUCTIVE INFLUENCE OF A KNIFE WITH RIBBONS ON THE PROCESS OF LONGITUDINAL CUTTING OF MONOLITHIC RUBBER

*Modern development conditions encourage enterprises to meet the main requirement – reducing energy costs. Existing machines for longitudinal cutting of materials as a working body mostly use knife blades with different geometric parameters that will not fully satisfy these requirements, so the question arises of studying the impact of new knife designs when cutting different types of material (microporous and monolithic rubbers, felt, leather, etc.). The purpose of this study is to determine the functional and constructive effect of a knife with grooves applied to its surface on the process of longitudinal cutting of monolithic rubber; to develop an effective method for influencing the size of the gap between the forming conveying rollers and the distance from the vertical axis of rotation of the conveying rollers to the edge of the blade of the knife with grooves on the linear effort of cutting monolithic rubber, using regression equations. The studies were carried out on an experimental installation of longitudinal cutting using a knife with grooves applied to its surface. During the experiment, a second-order rotatable plan was used, which made it possible to effectively solve the tasks of assessing the influence of the studied factors on the total value of losses during longitudinal cutting of the material and the amount of friction losses of the material on the face of a fixed knife with grooves applied to its surface (obtaining the regression equation and constructed dependencies), their comparison when using different types of knives, namely – geometric shapes: arcuate, one- and double-sided sharpening (with and without the application of grooves on their surface); allows you to formulate the following recommendations when designing machines of this type, namely the choice of a knife blade (its geometric shape), technological parameters of the machine design, which will improve the operation of the machine and reduce energy costs for the technological process.*

**Keywords:** total loss, friction losses of the material transporting rollers, knife.

### Вступ

Широке застосування машин для різання матеріалів в різних галузях промисловості обумовлено їх ефективністю виконання фінішних операцій, різних технологічних процесів. Особливе місце належить машинам повздовжнього різання матеріалів під час виконання їх обробки, а саме монолітної гуми для отримання бажаної товщини по всій поверхні. В сучасних умовах розвитку підприємств одним з актуальним питанням постає процес повздовжнього різання матеріалів до якого висуваються наступні вимоги: зменшення енергетичних витрат, собівартості робочого інструменту – леза ножа. Існуючі машини для різання матеріалів в якості робочого органу здебільшого використовують леза ножів з різними геометричними параметрами, які не в повній мірі задовільняють цим вимогам [2–11]. Виходячи з наступного виникає актуальна задача пошуку нових конструктивних рішень параметрів конструкцій ножів для машин повздовжнього різання, та їх перевірки стосовно енергетичних витрат. Одним із шляхів рішення даної задачі є використання леза ножа, що має односторонню заточку з нанесеними на його поверхню зубців, обґрунтування режимів та параметрів є предметом дослідження даної роботи.

### Постановка проблеми

Метою роботи є обґрунтування режимів та параметрів робочого органу при різанні монолітної гуми, на основі врахування взаємодії робочих органів машини із оброблюваним матеріалом. Визначену проблематику було певною мірою досліджено в роботах [2–3, 6–11], зокрема були отримані рівняння регресії сумарних величин витрат на технологічний процес, що дали змогу прослідкувати залежність використання різних типів ножів при різанні певних матеріалів.

### Формулювання мети дослідження

Залишається питання щодо визначення оптимальних параметрів взаємодії робочого органу (ножа з нанесеними на його поверхню рифлів) з механізмом транспортування в процесі виконання технологічної операції при обробці монолітної гуми. Також досі є актуальним питання визначення погонного зусилля для монолітної гуми при використанні леза ножа з рифлями та порівняння його із значеннями при використанні інших типів конструкцій ножів, а саме одно- та двосторонньою формою поперечного перерізу леза ножа.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Перевірка на адекватність фізичних моделей завжди супроводжується експериментальними дослідженнями, та є завершальною стадією проектування.

На енергетичні витрати в машинах повздовжнього різання впливає геометрія леза ножа та певні технологічні параметри (розташування кромки леза ножа відносно осей транспортуючого механізму, ступеню деформації матеріалу тощо), тому потрібно провести експериментальні дослідження, щодо визначення погонного зусилля різання матеріалів та порівняння витрат, що витрачається на процес.

Для вирішення даної задачі був проведений двох факторний експеримент [1, 12]:

$$y = F(x_1, x_2),$$

де  $y$  – критерій оптимізації, що визначає погонне зусилля  $q_p$ ;  $x_1$  і  $x_2$  – керовані параметри (фактори), що характеризують: величину зазору між твірними транспортуючих валиків  $h$  в механізмі транспортування, та величину відстані від вертикальної осі обертання транспортуючих валиків механізму транспортування до кромки леза ножа з нанесеними на його поверхню рифлів  $a$ .

При визначенні погонного зусилля  $q_p$ , необхідно провести двократну обробку матеріалу, що складається з двох етапів:

- розрізання матеріалу (монолітної гуми) визначається сумарна величина витрат на технологічний процес  $P$  тобто розрізання матеріалу;
- пропускання розрізаного матеріалу (монолітної гуми) в складеному вигляді площиною з'єднання через ніж для визначення величини витрат на тертя  $F$  (між матеріалом (монолітною гумою) та площиною леза ножа з нанесеними на його поверхню рифлів).

Відповідно різниця значень сумарної величини витрат  $P$  та величини витрат на тертя  $F$ , віднесена до величини ширини матеріалу, що обробляється дасть дійсну величину погонного зусилля різання монолітної гуми [1–3, 6–12]:

$$q_p = \frac{P - F}{B}. \quad (1)$$

Планування експерименту проводилося з використанням ротатбельного плану Бокса, загальна кількість дослідів [3, 6–12]:

$$N_{1,2} = 2^2 + 2 \cdot 2 + 5 = 13.$$

Іменування значення факторів, кодування, інтервали їх варіювання наведені в табл. 1, значення визначалися за співвідношеннями [3, 6–12]:

$$x_1 = \frac{x_i - 4,35}{1}; \quad x_2 = \frac{x_j - 5}{0,5}. \quad (2)$$

Таблиця 1

Таблиця варіювання діючих факторів, які підлягають дослідженню

| Фактори             | Рівні варіювання |      |      |      |        | Інтервал варіювання фактору |
|---------------------|------------------|------|------|------|--------|-----------------------------|
|                     | -1,414           | -1   | 0    | +1   | +1,414 |                             |
| $h$ , мм. ( $x_1$ ) | 2,95             | 3,35 | 4,35 | 5,35 | 5,75   | 1                           |
| $a$ , мм. ( $x_2$ ) | 4,3              | 4,5  | 5    | 5,5  | 5,7    | 0,5                         |

Обробка даних експерименту з визначення сумарної величини втрат на технологічний процес поздовжнього різання монолітної гуми ножом з нанесеними на його поверхню рифлів, представлена в табл. 2.

Таблиця 2

Матриця планування визначення сумарної величини втрат на технологічний процес

| №  | Матриця планування |        | Робоча матриця |     |       | Дані до розрахунку   |                                           |
|----|--------------------|--------|----------------|-----|-------|----------------------|-------------------------------------------|
| №  | $x_1$              | $x_2$  | $h$            | $a$ | $y_u$ | $y_u$                | $(y_u - \bar{y}_u)^2$                     |
| 1  | 1                  | 1      | 5,35           | 5,5 | 470   | 468,97               | 1,0596                                    |
| 2  | -1                 | 1      | 3,35           | 5,5 | 602   | 601,55               | 0,2055                                    |
| 3  | 1                  | -1     | 5,35           | 4,5 | 688   | 686,26               | 3,0288                                    |
| 4  | -1                 | -1     | 3,35           | 4,5 | 746   | 744,84               | 1,3557                                    |
| 5  | -1,414             | 0      | 2,95           | 5   | 704   | 702,47               | 2,3443                                    |
| 6  | 1,414              | 0      | 5,75           | 5   | 568   | 567,32               | 0,4564                                    |
| 7  | 0                  | -1,414 | 4,35           | 4,3 | 744   | 743,37               | 0,3938                                    |
| 8  | 0                  | 1,414  | 4,35           | 5,7 | 490   | 488,44               | 2,4217                                    |
| 9  | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 624   | 622,95               | 1,0996                                    |
| 10 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 622   | 622,95               | 0,9051                                    |
| 11 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 624   | 622,95               | 1,0996                                    |
| 12 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 622   | 622,95               | 0,9051                                    |
| 13 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 622   | 622,95               | 0,9051                                    |
|    |                    |        |                |     |       | $\sum_1^{13} = 8126$ | $\sum_1^{13} (y_u - \bar{y}_u)^2 = 16,18$ |

Для кожного дослідження проводилося п'ять повторних вимірювань на нульовому рівні, після їх розшифровки визначалося середнє значення повторних вимірювань по кожному дослідженню, дані наведені в табл. 2.

Знайдемо значення коефіцієнтів регресії для рівняння [12]:

$$y_u = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2. \quad (3)$$

Згідно [10]:  $b_0 = 623,0$ ;  $b_1 = -47,8$ ;  $b_2 = -90,14$ ;  $b_{12} = -18,5$ ;  $b_{11} = 6,0$ ;  $b_{22} = -3,5$ .

Тоді рівняння (3) прийме вид:

$$y_u = 623,0 - 47,8x_1 - 90,14x_2 - 18,5x_1x_2 + 6,0x_1^2 - 3,5x_2^2. \quad (4)$$

Гіпотеза про адекватність рівняння (4) перевіряється в наступній послідовності.

Дисперсія адекватності:

$$S_{ad}^2 = \frac{16,18 - 4,9}{3} = 3,76.$$

Дисперсія відтворюваності:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{4,9}{4} = 1,23.$$

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{расч(P)} = \frac{3,76}{1,23} = 3,06.$$

Рівняння (4) можна вважати адекватним з довірчою ймовірністю  $\alpha_B = 0,95$ , так як дотримується умова:  $F_{табл} \geq F_{расч(P)}$ , де  $F_{табл} = 6,59$  [12].

Значимість коефіцієнтів регресії в рівнянні (4) перевіряємо згідно методики описаній роботі [12].

Знайдемо середні квадратичні похибки в визначенні коефіцієнтів  $\Delta b_0$ ;  $\Delta b_i$ ;  $\Delta b_{ii}$ ;  $\Delta b_{ij}$ :  $S_{\{b_0\}}^2 = 0,2 \cdot 4,9 = 0,98$  і  $S_{\{b_0\}} = 0,99$ ;  $S_{\{b_i\}}^2 = 0,125 \cdot 4,9 = 0,6125$  і  $S_{\{b_i\}} = 0,78$ ;  $S_{\{b_{ii}\}}^2 = 0,1438 \cdot 4,9 = 0,7$  і  $S_{\{b_{ii}\}} = 0,84$ ;  $S_{\{b_{ij}\}}^2 = 0,25 \cdot 4,9 = 1,225$  і  $S_{\{b_{ij}\}} = 1,11$ .

Тоді значимість коефіцієнтів регресії:

$$\Delta b_0 = \pm 2 \cdot 0,99 = \pm 1,98; \quad \Delta b_i = \pm 2 \cdot 0,78 = \pm 1,56; \quad \Delta b_{ii} = \pm 2 \cdot 0,84 = \pm 1,68; \quad \Delta b_{ij} = \pm 2 \cdot 1,11 = \pm 2,22.$$

Порівнюючи абсолютні величини коефіцієнтів рівняння (4) та їх відповідні похибки, можна зробити наступні висновки, що всі коефіцієнти рівняння (4) з ймовірністю 95 % є значимими, а саме рівняння описує сумарну величину втрат при виконанні технологічної операції.

Враховуючи вирази (2), перейдемо до іменованих величинах:

$$y_u = 623,0 - 47,8(h - 4,35) - 90,14(a - 5) - 18,5(h - 4,35)(a - 5) + 6,0(h - 4,35)^2 - 3,5(a - 5)^2.$$

Після спрощення рівняння прийме вид:

$$P = 905,29 - 3,5a^2 + 6h^2 - 7,5h - (25,34 - 18,5h)a. \quad (5)$$

Отриманий вираз (5) – математичне рівняння величини сумарних втрат при виконанні поздовжнього різання.

Обробка даних експерименту з визначення величини втрат на тертя матеріалу о грані ножа з нанесеними на його поверхню рифлів, представлена в табл. 3.

Таблиця 3

Матриця планування визначення величини втрат на тертя матеріалу о грані ножа

| №  | Матриця планування |        | Робоча матриця |     |       | Дані до розрахунку         |                                               |
|----|--------------------|--------|----------------|-----|-------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| №  | $x_1$              | $x_2$  | $h$            | $a$ | $y_u$ | $y_u$                      | $(y_u - \bar{y}_u)^2$                         |
| 1  | 1                  | 1      | 5,35           | 5,5 | 386   | 385,50                     | 0,2525                                        |
| 2  | -1                 | 1      | 3,35           | 5,5 | 494   | 493,18                     | 0,6798                                        |
| 3  | 1                  | -1     | 5,35           | 4,5 | 564   | 563,53                     | 0,2251                                        |
| 4  | -1                 | -1     | 3,35           | 4,5 | 610   | 609,20                     | 0,6344                                        |
| 5  | -1,414             | 0      | 2,95           | 5   | 576   | 575,06                     | 0,8896                                        |
| 6  | 1,414              | 0      | 5,75           | 5   | 468   | 466,63                     | 1,8656                                        |
| 7  | 0                  | -1,414 | 4,35           | 4,3 | 610   | 608,80                     | 1,4306                                        |
| 8  | 0                  | 1,414  | 4,35           | 5,7 | 402   | 400,91                     | 1,1961                                        |
| 9  | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 512   | 512,12                     | 0,0154                                        |
| 10 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 510   | 512,12                     | 4,5122                                        |
| 11 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 512   | 512,12                     | 0,0154                                        |
| 12 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 514   | 512,12                     | 3,5187                                        |
| 13 | 0                  | 0      | 4,35           | 5   | 512   | 512,12                     | 0,0154                                        |
|    |                    |        |                |     |       | $\sum_{i=1}^{13} = 6670,0$ | $\sum_{i=1}^{13} (y_u - \bar{y}_u)^2 = 15,25$ |

Для кожного дослідження проводилося п'ять повторних вимірювань на нульовому рівні, після їх розшифровки визначалося середнє значення повторних вимірювань по кожному дослідженню, дані наведені в табл. 3.

Знайдемо значення коефіцієнтів регресії для рівняння (3):

Згідно [10]:  $b_0 = 512,12$ ;  $b_1 = -38,34$ ;  $b_2 = -73,51$ ;  $b_{12} = -15,5$ ;  $b_{11} = 4,36$ ;  $b_{22} = -3,64$ .

Тоді рівняння (3) прийме вид:

$$y_u = 512,12 - 38,34x_1 - 38,34x_2 - 15,5x_1x_2 + 4,36x_1^2 - 3,64x_2^2. \quad (6)$$

Гіпотеза про адекватність рівняння (6) перевіряється в наступній послідовності.

Дисперсія адекватності:

$$S_{ao}^2 = \frac{15,25 - 8,1}{3} = 2,38.$$

Дисперсія відтворюваності:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{8,1}{4} = 2,02.$$

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{расч(P)} = \frac{2,38}{2,02} = 1,18.$$

Рівняння (6) можна вважати адекватним з довірчою ймовірністю  $\alpha_B = 0,95$ , так як дотримується умова:

$$F_{табл} \geq F_{расч(P)} [12].$$

Значимість коефіцієнтів регресії в рівнянні (6) перевіряємо у вище викладеної методиці.

Знайдемо середні квадратичні похибки в визначенні коефіцієнтів  $\Delta b_0$ ;  $\Delta b_i$ ;  $\Delta b_{ii}$ ;  $\Delta b_{ij}$ :  $S_{\{b_0\}}^2 = 0,2 \cdot 2,02 = 0,404$  і  $S_{\{b_i\}} = 0,64$ ;  $S_{\{b_i\}}^2 = 0,125 \cdot 2,02 = 0,2525$  і  $S_{\{b_{ii}\}} = 0,5$ ;  $S_{\{b_{ii}\}}^2 = 0,1438 \cdot 2,02 = 0,29$  і  $S_{\{b_{ij}\}} = 0,54$ ;  $S_{\{b_{ij}\}}^2 = 0,25 \cdot 2,02 = 0,505$  і  $S_{\{b_{ij}\}} = 0,71$ .

Тоді значимість коефіцієнтів регресії:

$$\Delta b_0 = \pm 2 \cdot 0,64 = \pm 1,28; \quad \Delta b_i = \pm 2 \cdot 0,5 = \pm 1,0; \quad \Delta b_{ii} = \pm 2 \cdot 0,54 = \pm 1,08; \quad \Delta b_{ij} = \pm 2 \cdot 0,71 = \pm 1,42.$$

Порівнюючи абсолютні величини коефіцієнтів рівняння (6) та їх відповідні похибки, можна зробити наступні висновки, що всі коефіцієнти рівняння (6) з ймовірністю 95 % є значимими, а саме рівняння описує величину втрат на тертя матеріалу о грані ножа.

Враховуючи вирази (2), перейдемо до іменованих величинах:

$$y_u = 512,12 - 38,34(h - 4,35) - 38,34(x_j - 5) - 15,5(h - 4,35)(x_j - 5) + 4,36(h - 4,35)^2 - 3,64(x_j - 5)^2.$$

Після спрощення рівняння прийме вид:

$$F = 524,98 + 1,23h + 65,5a - 15,5ah - 3,64a^2 + 4,36h^2. \quad (7)$$

Отриманий вираз (7) – математичне рівняння величини втрат на тертя матеріалу о грані ножа при виконанні поздовжнього різання.

Отримані математичні рівняння, а саме визначення сумарної величини втрат (5) та величини втрат на тертя матеріалу (7) дозволяють визначати погонне зусилля різання монолітної гуми (1) при використанні ножа з нанесеними на його поверхню рифлів. Підставляючи значення в рівняння (1) отримаємо середнє значення погонного зусилля монолітної гуми:

$$q_p = 3,167 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}.$$

Відхилення від отриманих раніше значень робіт [10] та [11] відповідно складають  $\Delta = 0,1 \%$  та  $\Delta = 1,67 \%$ , отже розрахунки відповідають дійсності.

### Висновки

Порівнюючи сумарні величини втрат при виконанні технологічної операції поздовжнього різання монолітної гуми ножом з нанесеними на його поверхню рифлів з іншими типами ножів:

при використанні ножа з односторонньою формою поперечного перерізу з нанесення на його поверхню рифлів та ножа з двосторонньою формою поперечного перерізу, отриманих в роботі [10], будемо мати:

$$\Delta P = \frac{991,04 - 622,95}{991,04} \cdot 100 \% = 37,14 \%,$$

при використанні ножа з односторонньою формою поперечного перерізу з нанесення на його поверхню рифлів та ножа з односторонньою формою поперечного перерізу без нанесення на його поверхню рифлів, отриманих в роботі [10], будемо мати:

$$\Delta P = \frac{759,38 - 622,95}{759,38} \cdot 100 \% = 17,97 \%.$$

Визначені відхилення свідчать, що при проектування машин поздовжнього різання доцільно використовувати лезо ножа з односторонньою заточкою з нанесеними на його поверхню рифлями, що дозволить знизити сумарні величини втрат на технологічний процес, в порівнянні з одно- та двосторонньою заточками, що знизить енергетичні витрати на технологічний процес.

### Список використаної літератури

1. Патент № 70012 Україна, МПК В 23 В 1/00, G 01 L 3/00. Спосіб визначення потужності, що витрачається на поздовжнє різання матеріалу / Д. А. Макадьора, В. І. Князев ; заявник та патентовласник Київський державний університет технологій та дизайну. № u20031212100 ; заявл. 23.12.2003 ; опубл. 15.09.2004, Бюл. № 9.
2. Makatora D. A., Makatora A. V., Zenkin M. A. Mathematical study of the influence of knife geometry with arc-like cross-sectional shape on the process of longitudinal felt cutting. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes. 2022. № 1(47). P. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.1.4>
3. Makatora D., Makatora A., Zenkin M. Mathematical modeling of a linear load of felt. Global Research Review. 2021. Vol. 1, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6421785>

4. Макарьора Д. А., Князев В. І. Аналіз впливу ножа з рифлями на силу просування матеріалу в процесі позовдовжнього різання. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. 2004. № 3. С. 46–51.
5. Макарьора Д. А., Князев В. І. Аналіз раціонального положення ножа та форми його поперечного перерізу в машинах типу «ДН». Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. 2004. № 1. С. 159–163.
6. Макарьора Д. А. Визначення погонного зусилля різання мікропористої гуми ножом з двосторонньою заточкою. Вісник ЧДТУ. 2013. № 2(65). С. 92–97.
7. Макарьора Д. А. Експериментальне дослідження з визначення погонного зусилля різання повсті, ножом з односторонньою заточкою. Вісник КНУТД. 2014. № 2(76). С. 113–123.
8. Макарьора Д. А. Експериментальне дослідження зусилля різання ножом з дугоподібною формою поперечного перерізу. Вісник Хмельницького національного університету. 2020. № 2(283). С. 229–234.
9. Макарьора Д. А. Математичне моделювання втрат при позовдовжному різанні матеріалу рифленим ножом з односторонньою формою поперечного перерізу. Вісник Хмельницького національного університету. 2020. № 4(287). С. 100–106.
10. Макарьора Д. А., Панасюк І. В. Визначення погонного зусилля різання монолітної гуми ножом з двосторонньою заточкою. Вісник Хмельницького національного університету. 2014. № 1(209). С. 31–35.
11. Макарьора Д. А., Панасюк І. В. Визначення погонного зусилля різання монолітної гуми ножом з односторонньою заточкою. Вісник ЧДТУ. 2014. № 1(71). С. 36–42.
12. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974. 262 с.

### References

1. Patent № 70012 Ukraine, MPK B 23 B 1/00, G 01 L 3/00. Sposib vyznachennia potuzhnosti, shcho vytrachaietsia na povzdovzhnie rizannia materialu [Method for determining the power consumed for longitudinal cutting of material]. D. A. Makatora, V. I. Kniaziev ; applicant and patent owner Kyiv State University of Technologies and Design. No. u20031212100; appl. 23.12.2003; publ. 15.09.2004, Biul. № 9.
2. Makatora, D. A., Makatora, A. V., Zenkin, M. A. (2022). Mathematical study of the influence of knife geometry with arc-like cross-sectional shape on the process of longitudinal felt cutting. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Mechanization and Automation of Production Processes, № 1 (47), P. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.1.4>.
3. Makatora, D., Makatora, A., Zenkin, M. (2021). Mathematical modeling of a linear load of felt. Global Research Review, Vol. 1, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6421785>
4. Makatora, D. A., Kniaziev, V. I. (2004). Analiz vplyvu nozha z ryfliamy na sylu prosuvannia materialu v protsesi povzdovzhnoho rizannia [Analysis of the influence of a fluted knife on the force of material advancement during longitudinal cutting]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu, № 3, P. 46–51.
5. Makatora, D. A., Kniaziev, V. I. (2004). Analiz ratsionalnoho polozhennia nozha ta formy yoho poperechnoho pererizu v mashynakh typu “DN” [Analysis of the rational position of the knife and the shape of its cross-section in machines of the “DN” type]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu, № 1, P. 159–163.
6. Makatora, D. A. (2013). Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia mikroporystoi humy nozhem z dvostoronnoi zatochkoiu [Determination of the linear force of cutting microporous rubber with a knife with double-sided sharpening]. Visnyk ChDTU, № 2(65), P. 92–97.
7. Makatora, D. A. (2014). Eksperymentalne doslidzhennia z vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia povsti, nozhem z odnostoronnoi zatochkoiu [Experimental study on determining the linear force of cutting felt with a knife with one-sided sharpening]. Visnyk KNUITD, № 2(76), P. 113–123.
8. Makatora, D. A. (2020). Eksperymentalne doslidzhennia zusyillia rizannia nozhem z duhopodibnoi formoiu poperechnoho pererizu [Experimental study of cutting force with a knife with an arcuate cross-sectional shape]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, № 2(283), P. 229–234.
9. Makatora, D. A. (2020). Matematychno modeliuвання втрат pry pozdovzhnomu rizanni materialu ryflenym nozhem z odnostoronnoi formoiu poperechnoho pererizu [Mathematical modeling of losses during longitudinal cutting of material with a fluted knife with a one-sided cross-sectional shape]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, № 4(287), P. 100–106.
10. Makatora, D. A., Panasiuk, I. V. (2014). Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia monolitnoi humy nozhem z dvostoronnoi zatochkoiu [Determination of the linear force of cutting monolithic rubber with a knife with double-sided sharpening]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, № 1(209), P. 31–35.
11. Makatora, D. A., Panasiuk, I. V. (2014). Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia monolitnoi humy nozhem z odnostoronnoi zatochkoiu [Determination of the linear force of cutting monolithic rubber with a knife with one-sided sharpening]. Visnyk ChDTU, № 1(71), P. 36–42.
12. Tihomirov, V. B. (1974). Planirovanie i analiz jeksperimenta [Planning and analysis of the experiment]. Moscow : Legkaja industrija. 262 p.