

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВТРАТ ПРИ ПОЗДОВЖНЬОМУ РІЗАННІ МАТЕРІАЛУ РИФЛЕНИМ НОЖЕМ З ОДНОСТОРОННЬОЮ ФОРМОЮ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ

Стаття присвячена математичному моделюванню втрат при поздовжньому різанні матеріалу рифленим ножем з односторонньою формою поперечного перерізу, а саме розробці методу визначення впливу величини зазору між твірними транспортуючих валиків і величини відстані від вертикальної вісі обертання транспортуючих валиків до кромки леза ножа на сумарну величину втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величину втрат на тертя матеріалу, шляхом використання рівнянь регресії. Машина для поздовжнього різання взуттєвих матеріалів застосовуються для вирівнювання та розділення взуттєвих матеріалів (шкіри, гуми, повсті) по товщині для отримання однакової товщини деталі по площині та/або різних по товщині деталей, придатних для застосування у взуттєвому виробництві. Технологічний процес поздовжнього різання взуттєвих матеріалів – це взаємодія механізму транспортуючих валиків та кромки леза ножа з деталлю в зоні деформації, який впливає на енергетичні витрати та якість обробки деталі та залежить від форми поперечного перерізу леза ножа (одно- та двостороння, криволінійна) і кромки леза (лінійна або рифлена (криволінійна) кромка заточки). Для визначення сумарної величини втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величини втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого рифленого ножа з односторонньою формою поперечного перерізу, а також погонного зусилля різання (мікропористої гуми) був проведений двох факторний експеримент для моделі дослідження. Метою даного дослідження є верифікація аналітичної моделі використання рифленого ножа з односторонню формою поперечного перерізу (аналіз сили опору просування розділених частин матеріалу деталі в залежності від глибини рифлів та кутів їх заточування). Порівняння сумарних величин втрат при поздовжньому різанні матеріалу ножа з односторонньою заточкою та рифленого ножа з односторонньою формою поперечного перерізу, дозволяє говорити про доцільність використання рифленого ножа з односторонньою формою поперечного перерізу.

Ключові слова: погонне зусилля, сумарна величина втрат, втрати на тертя матеріалу, валики, леза ножа.

MATHEMATICAL MODELLING OF LOSSES AT SLITTING MATERIAL WITH A CORRUGATED KNIFE WITH ONE-SIDED CROSS SECTION

The article is devoted to mathematical modelling of losses at slitting material with a corrugated knife with one-sided cross section, namely to developing a method for determining the effect of the gap between the generators of transport rollers and the distance from the vertical axis of rotation and the amount of friction losses of the material, by using regression equations. Machines for slitting shoe materials are used for alignment and separation of shoe materials (leather, rubber, felt) in thickness to obtain the same thickness of the part in the plane and / or different thickness parts suitable for use in footwear production. The technological process of slitting shoe materials is the interaction of the mechanism of transporting rollers and the edge of the knife blade with the part in the deformation zone, which affects energy costs and quality of work piece and depends on the cross section of the knife blade (single and double, curved) and the knife edge (linear or corrugated (curved) edge of sharpening). To determine the total amount of losses at slitting material and the amount of friction losses on the face of a fixed corrugated knife with a one-sided cross section, as well as the line force (microporous rubber), a two-factor experiment has been performed for the study model. The purpose of this study is to verify the analytical model of the use of a corrugated knife with a one-sided cross section (analysis of the force of resistance to the movement of separated parts of the material depending on the depth of the grooves and sharpening angles). Comparison of the total values of losses at slitting material of a knife with one-sided sharpening and a corrugated knife with one-sided cross section, allows us to talk about the feasibility of using a corrugated knife with one-sided cross section.

Key words: line force, total amount of losses, friction losses of material, rollers, knife blades.

Постановка проблеми

Машина для поздовжнього різання деталей низу взуття застосовуються для вирівнювання та розділення взуттєвих матеріалів (шкіри, гуми, повсті) по товщині для отримання однакової товщини деталі по площині та/або різних по товщині деталей, придатних для застосування у взуттєвому виробництві. Технологічний процес поздовжнього різання взуттєвих матеріалів – це взаємодія механізму транспортуючих валиків та леза ножа з деталлю в зоні деформації, яка представляє значний інтерес, який впливає на енергетичні витрати та якість обробки деталі та залежить від форми поперечного перерізу леза ножа (одно- та двостороння, криволінійна) і кромки леза (лінійна або рифлена (криволінійна) кромка заточки) [1–9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботі [1] було проведено аналіз використання ножів, що мають різну форму поперечного перерізу, а саме одно- та двосторонню заточку, який довів, що використання ножа з односторонньою формою поперечного перерізу дозволяє знизити силу опору просуванню розділених деталей, в порівнянні з двостороннім. Авторами роботи [2] був проведений аналіз використання рифленого ножа з односторонню формою поперечного перерізу, результати дослідження дозволяють говорити про зменшення сили опору

просування розділених частин матеріалу деталі в залежності від глибини рифлів та кутів їх заточування. В роботах [3–9] було проаналізовано силу опору просуванню розділених деталей, а саме: при використанні лева ножа з дугоподібною [9], одно- [4, 7, 8] та двосторонню [3, 5, 6] формами поперечною перерізу, в роботах [3, 8, 9] для мікропористої гуми, роботах [4–5] відповідно для монолітної гуми та [6–7] повсті. Остатєсь актуальне питання визначення погонного зусилля матеріалів (мікропористої гуми) та сили опору просуванню розділених деталей при використанні рифленого ножа з односторонньою формою поперечного перерізу.

Метою даного дослідження є верифікація математичної моделі авторів роботи [2], а саме визначення силу опору просування розділених деталей, та розробка ефективного методу визначення впливу величини зазору між твірними транспортуючих валиків і величини відстані від вертикальної вісі транспортуючих валиків до кромки лева рифленого ножа з односторонню формою поперечного перерізу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Експериментальні дослідження як завершальна стадія проектування ріжучого інструменту в машинах для поздовжнього різання проводяться для визначення погонного зусилля різання матеріалів та порівняння витрат, що витрачається на процес поздовжнього різання при використанні ножів різної геометричної форми, а саме рифленого ножа з односторонньою формою поперечного перерізу.

Для визначення погонного зусилля різання був проведений двох факторний експеримент для моделі дослідження:

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

де y – критерій оптимізації, що визначає q_p ; x_1 і x_2 – керовані параметри (фактори), що характеризують відповідно величину зазору між валиками h і величину відстані від вертикальної осі обертання валиків до кромки лева ножа a .

При визначенні q_p , як зазначалося, необхідно провести двократну обробку деталі, при котрій в ході її розрізання визначається сумарна величина витрат на обробку P , а потім після розрізання матеріал складають разом і пропускають площиною з'єднання через ніж, та визначається величина витрат на тертя F [3–13]. Таким чином, лише різниця цих значень, віднесена до величини ширини деталі, дає справжню величину погонного зусилля різання мікропористої гуми [3–13]:

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

Планування експерименту проводилося з використаних ротатбельного планом Бокса для двофакторного експерименту ($k_{1,2} = 2$), який рекомендуються при $k_{1,2} \leq 5$ [13].

Загальна кількість дослідів визначається за формулою [13]:

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

Кодування, іменування значення факторів та інтервали їх варіювання наведені в табл. 1, значення яких визначалися за допомогою співвідношень:

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

Таблиця 1

Таблиця рівнів та інтервалів варіювання діючих факторів, які підлягають дослідженню

Фактори	Рівні варіювання					Інтервал варіювання фактору
	-1,414	-1	0	+1	+1,414	
h – відстань між транспортуючими валиками, мм (x_1)	2,95	3,35	4,35	5,35	5,75	1
a – відстань між вертикальною віссю обертання транспортуючих валиків і кромкою лева ножа, мм (x_2)	4,3	4,5	5	5,5	5,7	0,5

Проведемо обробку даних експерименту з визначення сумарної величини втрат при поздовжньому різанні матеріалу.

Матриця планування двофакторного експерименту представлена в табл. 2.

При визначенні числа вимірів для кожного досліді проводилося п'ять повторних вимірювань на нульовому рівні (досліди 9–13) і визначалося наближене значення середньоквадратичної похибки рівняння [13]: $S_p = 1,118$.

Розрахункове значення критерію Стюдента в цьому випадку: $t_{расч}(P) = 4,0001$.

Матриця планування двофакторного експерименту визначення сумарної величини витрат при поздовжньому різанні матеріалу

Номер досліду	Матриця планування		Робоча матриця			Дані до розрахунку	
	x_1	x_2	h	a	y_u	y_u	$(y_u - \bar{y}_u)^2$
№	x_1	x_2	h	a	y_u	y_u	$(y_u - \bar{y}_u)^2$
1	1	1	5,35	5,5	265	264,22	0,6047
2	-1	1	3,35	5,5	334	333,34	0,4378
3	1	-1	5,35	4,5	352	352,24	0,0559
4	-1	-1	3,35	4,5	390	390,35	0,1241
5	-1,414	0	2,95	5	372	370,95	1,1107
6	1,414	0	5,75	5	296	295,13	0,7515
7	0	-1,414	4,35	4,3	390	388,30	2,8745
8	0	1,414	4,35	5,7	286	285,77	0,0530
9	0	0	4,35	5	340	338,48	2,3068
10	0	0	4,35	5	338	338,48	0,2315
11	0	0	4,35	5	340	338,48	2,3068
12	0	0	4,35	5	338	338,48	0,2315
13	0	0	4,35	5	336	338,48	6,1562
						$\sum_{1}^{13} = 4377$	$\sum_{1}^{13} (y_u - \bar{y}_u)^2 = 15,4452$

Табличне значення критерію Стьюдента для $\alpha_B = 0,95$ і $n_1 = 5$ [13]. Тобто виконується умова: $t_{расч}(P) \geq t_{табл}$.

Отже, число вимірювань $n_1 = 5$ для кожного досліду є достатнім. Після проведення експерименту і розшифровки записів за допомогою тарувального графіка визначалося середнє значення п'яти повторних вимірювань критерію оптимізації по кожному досліду і дані заносилися в робочу матрицю планування (табл. 2).

У цьому випадку необхідно знайти значення коефіцієнтів регресії рівняння [13]:

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

Для визначення цих коефіцієнтів використовувалися рівняння викладені в роботі [13]:

$$\alpha_1 = 0,2; \alpha_2 = 0,1; \alpha_3 = 0,125; \alpha_4 = 0,25; \alpha_5 = 0,125; \alpha_6 = 0,187; \alpha_7 = 0,1.$$

$$\text{Звідси: } b_0 = 338,48; b_1 = -26,81; b_2 = -36,26; b_{12} = -7,75; b_{11} = -2,72; b_{22} = -0,72.$$

Таким чином, рівняння (3) набуває вигляду:

$$y_u = 338,48 - 26,81x_1 - 36,26x_2 - 7,75x_1x_2 - 2,72x_1^2 - 0,72x_2^2 \tag{4}$$

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

Так як досліди дублювалися тільки в нульовій точці, то дисперсія адекватності згідно рівнянню [13]:

$$S_{ад}^2 = \frac{17,24 - 11,2329}{3} = 2,0.$$

Дисперсія відтворюваності для цього випадку визначається за формулою [13]:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{11,2329}{4} = 2,81.$$

Знаючи число ступенів свободи для більшої ($f_{ад} = 3$) і меншої ($f_e = 4$) дисперсії [13], табличне значення критерію Фішера для 95 % довірчої ймовірності:

$$F_{табл} = 6,59.$$

Розрахункове значення критерію Фішера згідно формули [13]:

$$F_{расч}(P) = \frac{2,0}{2,81} = 0,71.$$

Порівняння табличного і розрахункового значень критерію Фішера показало, що рівняння (4) можна вважати адекватним з довірчою ймовірністю $\alpha_B = 0,95$, так як дотримується умова: $F_{табл} \geq F_{расч}(P)$.

Значимість коефіцієнтів регресії в рівнянні (4) перевіряється з урахуванням рівнянь роботи [13] для випадку, коли $k_1 = 2$. У цьому випадку: $a_8 = 0,2; a_9 = 0,125; a_{10} = 0,1438; a_{11} = 0,25$.

Отже:

$$S_{\{b_0\}}^2 = 0,2 \cdot 0,71 = 0,142 \text{ і } S_{\{b_0\}} = 0,38 ; \quad S_{\{b_i\}}^2 = 0,125 \cdot 0,71 = 0,089 \text{ і } S_{\{b_i\}} = 0,3 ;$$

$$S_{\{b_{ii}\}}^2 = 0,1438 \cdot 0,71 = 0,102 \text{ і } S_{\{b_{ii}\}} = 0,32 ; \quad S_{\{b_{ij}\}}^2 = 0,25 \cdot 0,71 = 0,1775 \text{ і } S_{\{b_{ij}\}} = 0,42 .$$

Звідси з співвідношень роботи [13]:

$$\Delta b_0 = \pm 2 \cdot 0,38 = \pm 0,76 ; \Delta b_i = \pm 2 \cdot 0,3 = \pm 0,6 ; \Delta b_{ii} = \pm 2 \cdot 0,32 = \pm 0,64 ; \Delta b_{ij} = \pm 2 \cdot 0,42 = \pm 0,84 .$$

Порівняння абсолютних величин коефіцієнтів регресії рівняння (4) і відповідних похибок в їх оцінці показує, що з довірчою ймовірністю 0,95 можна вважати значимими всі коефіцієнти, крім b_{22} , тоді отримаємо:

$$y_u = 338,48 - 26,81x_1 - 36,26x_2 - 7,75x_1x_2 - 2,72x_1^2 \quad (5)$$

Рівняння (5) є рівнянням регресії, що описує сумарну величину втрат при виконанні поздовжнього різання матеріалу нерухомим ножом в залежності від відстані між транспортуючими валиками (x_1), і відстані між вертикальною віссю обертання транспортуючих валиків і кромкою леза ножа (x_2).

Враховуючи вирази (2), перейдемо до іменованих величин:

$$y_u = 338,48 - 26,81(h - 4,35) - 36,26\left(\frac{a-5}{0,5}\right) - 7,75(h - 4,35)\left(\frac{a-5}{0,5}\right) - 2,72(h - 4,35)^2 .$$

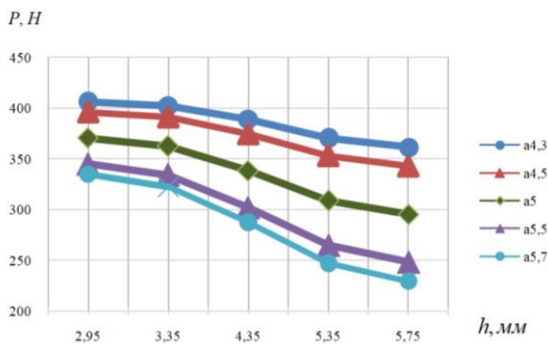


Рис. 1. Графік залежності сумарних витрат P при виконанні різання мікропористої гуми рифленим ножом з односторонньою формою поперечного перерізу, від величини відстані h , між транспортуючими валиками: при $a = const$, в діапазоні $a_{\min} = 4,3 - a_{\max} = 5,7$.

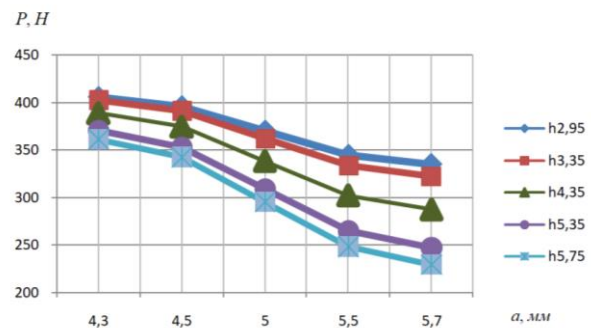


Рис. 2. Графік залежності сумарних витрат P при виконанні різання мікропористої гуми рифленим ножом з односторонньою формою поперечного перерізу, від величини відстані a від вертикальної вісі транспортуючих валиків до кромки леза ножа: при $h = const$, в діапазоні $h_{\min} = 2,95 - h_{\max} = 5,75$.

Таблиця 3

Матриця планування двофакторного експерименту з визначення величини втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа

Номер досліджу	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	212	210,58	2,0069
2	-1	1	3,35	5,5	244	243,26	0,5501
3	1	-1	5,35	4,5	246	246,38	0,1439
4	-1	-1	3,35	4,5	282	283,05	1,1116
5	-1,414	0	2,95	5	270	268,83	1,3580
6	1,414	0	5,75	5	220	219,80	0,0383
7	0	-1,414	4,35	4,3	276	274,04	3,8439
8	0	1,414	4,35	5,7	220	220,60	0,3551
9	0	0	4,35	5	244	244,86	0,7388
10	0	0	4,35	5	244	244,86	0,7388
11	0	0	4,35	5	246	244,86	1,3006
12	0	0	4,35	5	244	244,86	0,7388
13	0	0	4,35	5	246	244,86	1,3006
						$\sum_{i=1}^{13} = 3194$	$\sum_{i=1}^{13} (y_u - \bar{y}_u)^2 = 14,2255$

Після спрощення рівняння прийме вид:

$$y_u = 429,11 + 74,35h - 2,72h^2 - 5,1a - 15,5ah \quad (6)$$

Отриманий вираз (6) – експериментальна математична модель залежності величини сумарних втрат при виконанні поздовжнього різання від величини зазору між валиками і величини відстані від вертикальної осі обертання валиків до кромки леза ножа.

При визначенні числа вимірів для кожного досліді проводилося п'ять повторних вимірювань на нульовому рівні (досліди 9-13) і визначалося наближене значення середньоквадратичної похибки рівняння роботи [13]: $S_p = 1,118$.

Розрахункове значення критерію Стьюдента в цьому випадку: $t_{расч}(P) = 4,0001$.

Табличне значення критерію Стьюдента для $\alpha_B = 0,95$ і $n_1 = 5$ [13]. Звідси виконується умова: $t_{расч}(P) \geq t_{табл}$.

Отже, число вимірювань $n_1 = 5$ для кожного досліді є достатнім. Після проведення експерименту і розшифровки записів за допомогою тарувального графіка визначали середнє значення п'яти повторних вимірювань критерію оптимізації по кожному досліді і дані заносилися в робочу матрицю планування (табл. 3.).

У цьому випадку необхідно знайти значення коефіцієнтів регресії рівняння (3.32)–(3.35) і дані табл. 3.32 [14] для двофакторного експерименту: $b_0 = 244,86$; $b_1 = -17,34$; $b_2 = -18,9$; $b_{12} = 1$; $b_{11} = -0,27$; $b_{22} = 1,23$.

Таким чином, рівняння (3) набуває вигляду:

$$y_u = 244,86 - 17,34x_1 - 18,9x_2 + x_1x_2 - 0,27x_1^2 + 1,23x_2^2 \quad (7)$$

Гіпотеза про адекватність рівняння (7) перевіряється у вище викладеній методиці.

Дисперсія адекватності:

$$S_{ад}^2 = \frac{14,2255 - 4,8177}{3} = 3,136.$$

Дисперсія відтворюваності для цього випадку:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{4,8177}{4} = 1,204.$$

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{расч}(F) = \frac{3,136}{1,204} = 2,6.$$

Порівняння табличного і розрахункового значень критерію Фішера показало, що рівняння (7) можна вважати адекватним з довірчою ймовірністю $\alpha_B = 0,95$, так як дотримується умова: $F_{табл} \geq F_{расч}(P)$.

Значимість коефіцієнтів регресії в рівнянні (7) перевіряли аналогічно, як у вище викладеній методиці.

Отже:

$$S_{\{b_0\}}^2 = 0,2 \cdot 1,204 = 0,2408 \quad \text{і} \quad S_{\{b_0\}} = 0,49; \quad S_{\{b_1\}}^2 = 0,125 \cdot 1,204 = 0,1505 \quad \text{і} \quad S_{\{b_1\}} = 0,39;$$

$$S_{\{b_{ii}\}}^2 = 0,1438 \cdot 1,204 = 0,1731 \quad \text{і} \quad S_{\{b_{ii}\}} = 0,42; \quad S_{\{b_{ij}\}}^2 = 0,25 \cdot 1,204 = 0,3 \quad \text{і} \quad S_{\{b_{ij}\}} = 0,55.$$

Звідси з співвідношень (4.26) – (4.29) [14]:

$$\Delta b_0 = \pm 2 \cdot 0,49 = \pm 0,98; \quad \Delta b_1 = \pm 2 \cdot 0,39 = \pm 0,78; \quad \Delta b_{ii} = \pm 2 \cdot 0,42 = \pm 0,84; \quad \Delta b_{ij} = \pm 2 \cdot 0,55 = \pm 1,1.$$

Порівняння абсолютних величин коефіцієнтів регресії рівняння (7) і відповідних похибок в їх оцінці показує, що з довірчою ймовірністю 0,95 можна вважати значимими всі коефіцієнти, крім b_{11} , тоді отримаємо:

$$y_u = 244,86 - 17,34x_1 - 18,9x_2 + x_1x_2 + 1,23x_2^2 \quad (8)$$

Рівняння (8) є рівнянням регресії, що описує сумарну величину втрат при виконанні поздовжнього різання матеріалу нерухомим ножом в залежності від відстані між транспортуючими валиками (x_1), і відстані між вертикальною віссю обертання транспортуючих валиків і кромкою леза ножа (x_2).

Враховуючи вирази (2), перейдемо до іменованих величин:

$$y_u = 244,86 - 17,34(h - 4,35) - 18,9 \left(\frac{a-5}{0,5} \right) + (h - 4,35) \left(\frac{a-5}{0,5} \right) + 1,23 \left(\frac{a-5}{0,5} \right)^2.$$

Після спрощення рівняння прийме вид:

$$y_u = 652,79 - 27,34h - 86,5a + 2ah + 4a^2 \quad (9)$$

Отриманий вираз (9) – експериментальна математична модель залежності величини втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа при виконанні поздовжнього різання нерухомим ножом, від величини зазору між валиками і величини відстані від вертикальної осі обертання валиків до кромки леза ножа.

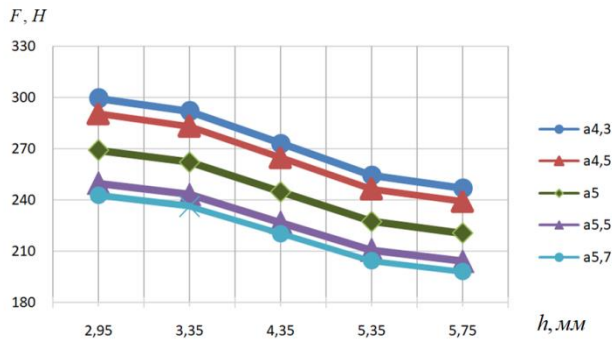


Рис. 3. Графік залежності сумарних витрат тертя F при виконанні різання мікропористої гуми нерухомим рифленим ножом з односторонньою формою поперечного перерізу, від величини відстані h , між транспортуючими валиками: при $a = const$, в діапазоні $a_{\min} = 4,3 - a_{\max} = 5,7$

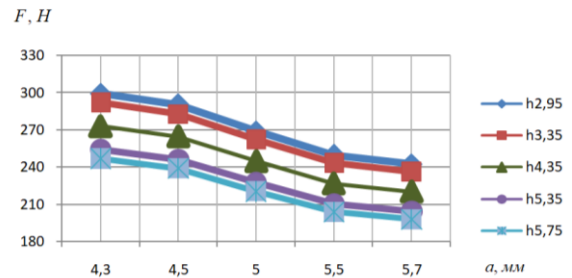


Рис. 4. Графік залежності сумарних витрат тертя F при виконанні різання монолітної гуми рифленим ножом з односторонньою формою поперечного перерізу, від величини відстані a від вертикальної осі транспортуючих валиків до кромки леза ножа: при $h = const$, в діапазоні $h_{\min} = 2,95 - h_{\max} = 5,75$

Висновки

Отримані експериментальні моделі, а саме визначення сумарної величини втрат (6) та величини втрат на тертя матеріалу (9) дозволяють визначити погонне зусилля різання мікропористої гуми (1). Підставляючи значення в рівняння (1), отримуємо середнє значення погонного зусилля монолітної гуми:

$$q_p = 2,64 \frac{H}{\text{мм}}$$

Відхилення від отриманих раніше значень робіт [3, 8–10] відповідно складають від 3,1 до 6,8 %.

Порівнюючи сумарні величини втрат при поздовжньому різанні матеріалу при використанні ножа з односторонньою формою поперечного перерізу (отриманні автором в роботі [1]) та при використанні рифленого ножа з односторонньою формою поперечного перерізу, отримуємо:

$$\Delta P = \frac{370,49 - 338,48}{370,49} \cdot 100\% = 8,64\%$$

Визначене відхилення свідчить, що виконані операції поздовжнього різання в'язких матеріалів доцільно використовувати лезо рифленого ножа з односторонньою формою поперечного перерізу, що дозволить знизити сумарні величини втрат, в порівнянні з одностороннім формою поперечного перерізу, що в свою чергу знизить енергетичні витрати на процес.

Література

1. Макарьора Д.А. Аналіз раціонального положення ножа та форми його поперечного перерізу в машинах типу “ДН” / Д.А. Макарьора, В.І. Князев // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2004. – № 1. – С. 159–163.
2. Макарьора Д.А. Аналіз впливу ножа з рифлями на силу просування матеріалу в процесі поздовжнього різання / Д.А. Макарьора, В.І. Князев // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2004. – № 3. – С. 46–51.
3. Макарьора Д.А. Визначення погонного зусилля різання мікропористої гуми ножом з двосторонньою заточкою / Д.А. Макарьора // Вісник ЧДТУ. – 2013. – № 2 (65). – С. 92–97.
4. Макарьора Д.А. Визначення погонного зусилля різання монолітної гуми ножом з односторонньою заточкою / Д.А. Макарьора, І.В. Панасюк // Вісник ЧДТУ. – 2014. – № 1 (71). – С. 36–42.
5. Макарьора Д.А. Визначення погонного зусилля різання монолітної гуми ножом з двосторонньою заточкою / Д.А. Макарьора, І.В. Панасюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 1 (209). – С. 31–35.
6. Макарьора Д.А. Визначення погонного зусилля різання повсті ножом з двосторонньою заточкою / Д.А. Макарьора, І.В. Панасюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 1 (75). – С. 41–48.
7. Макарьора Д.А. Експериментальне дослідження з визначення погонного зусилля різання повсті, ножом з односторонньою заточкою / Д.А. Макарьора // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 2 (76). – С. 113–123.
8. Макарьора Д.А. Визначення погонного зусилля різання мікропористої гуми ножом з односторонньою заточкою / Д.А. Макарьора, І.В. Панасюк // Вісник Хмельницького національного

університету. – 2014. – № 2 (211). – С. 19–25.

9. Макадьора Д.А. Експериментальне дослідження зусилля різання ножом з дугоподібною формою поперечного перерізу / Д.А. Макадьора // Вісник Хмельницького національного університету. – 2020. – № 2 (283). – С. 229–234.

10. Черно-Иванов В.С. Разработка механизма продольного резания деталей низа обуви : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.10 / В.С. Черно-Иванов. – К., 1998. – 165 с.

11. Черно-Иванов В.С. Розробка механізму повздовжнього різання деталей низу взуття : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.10 / В.С. Черно-Иванов; ДАЛПУ. – К., 1998. – 18 с.

12. Патент № 70012 Україна, МПК В 23 В 1/00, G 01 L 3/00. Спосіб визначення потужності, що витрачається на повздовжнє 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.

13. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – М. : Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

14. ГОСТ 7338-90. Пластину резиновые и резинотканевые. Технические условия. Rubber and rubber-fabric sheets. Specifications. Дата введения в действие 01.07.1991. Код ОКС. 83.140.99. Статус: Действует. 18 с.

References

1. Makatora D.A. Analiz ratsionalnogo polozhennia nozha ta formy yoho poperechnoho pererizu v mashynakh typu "DN" / D.A. Makatora, V.I. Kniaziev // Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – 2004. – № 1. – S. 159–163.

2. Makatora D.A. Analiz vplyvu nozha z ryfliamy na sylu prosuvannia materialu v protsesi povzdovzhnoho rizannia / D.A. Makatora, V.I. Kniaziev // Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – 2004. – № 3. – S. 46–51.

3. Makatora D.A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia mikroporystoi humy nozhem z dvostoronnoiu zatochkoiu / D.A. Makatora // Visnyk ChDTU. – 2013. – № 2 (65). – S. 92–97.

4. Makatora D.A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia monolitnoi humy nozhem z odносторонноiu zatochkoiu / D.A. Makatora, I.V. Panasiuk // Visnyk ChDTU. – 2014. – № 1 (71). – S. 36–42.

5. Makatora D.A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia monolitnoi humy nozhem z dvostoronnoiu zatochkoiu / D.A. Makatora, I.V. Panasiuk // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2014. – № 1 (209). – S. 31–35.

6. Makatora D.A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia povsti nozhem z dvostoronnoiu zatochkoiu / D.A. Makatora, I.V. Panasiuk // Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – 2014. – № 1 (75). – S. 41–48.

7. Makatora D.A. Eksperymentalne doslidzhennia z vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia povsti, nozhem z odносторонноiu zatochkoiu / D.A. Makatora // Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – 2014. – № 2 (76). – S. 113–123.

8. Makatora D.A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia mikroporystoi humy nozhem z odносторонноiu zatochkoiu / D.A. Makatora, I.V. Panasiuk // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2014. – № 2 (211). – S. 19–25.

9. Makatora D.A. Eksperymentalne doslidzhennia zusyillia rizannia nozhem z duhopodibnoiu formoiu poperechnoho pererizu / D.A. Makatora // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2020. – № 2 (283). – S. 229–234.

10. Chernov-Ivanov V.S. Razrabotka mehanizma prodolnogo rezaniya detalej niza obuvi : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.10 / V.S. Chernov-Ivanov. – K., 1998. – 165 s.

11. Chorno-Ivanov V.S. Rozrobka mehanizmu povzdovzhnoho rizannia detalei nizu vzuttia : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.05.10 / V.S. Chorno-Ivanov; DALPU. – K., 1998. – 18 s.

12. Patent № 70012 Ukraina, МПК В 23 В 1/00, G 01 L 3/00. Sposib vyznachennia potuzhnosti, shcho vytrachaietsia na povzdovzhnie rizannia materialu / D. A. Makatora, V. I. Kniaziev ; zaiavnyk ta patentovlasnyk Kyivskiy derzhavnyi universytet tekhnolohii ta dyzainu. – № u20031212100 ; zaiavl. 23.12.2003 ; opubl. 15.09.2004, Biul. № 9.

13. Tihomirov V. B. Planirovanie i analiz eksperimenta / V. B. Tihomirov. – M. : Legkaya industriya, 1974. – 262 s.

14. GOST 7338-90. Plastiny rezinove i rezinotkanevye. Tehnicheskie usloviya. Rubber and rubber-fabric sheets. Specifications. Data vvedeniya v dejstvie 01.07.1991. Kod OKS. 83.140.99. Status: Dejstvuet. 18 s.

Рецензія/Peer review : 17.10.2020 р.

Надрукована/Printed : 06.11.2020 р.