

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЛЯ РІЗАННЯ НОЖЕМ З ДУГОПОДІБНОЮ ФОРМОЮ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ

Стаття присвячена розробці методу визначення впливу величини зазору між твірними транспортуючих валиків і величини відстані від вертикальної вісі обертання транспортуючих валиків до кромки леза ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу на сумарну величину втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величину втрат на тертя матеріалу, шляхом використання рівнянь регресії. Особливої уваги під час проектування машин поздовжнього різання потребує обробка за допомогою нерухомого леза ножа, а саме його геометрії. Основна частина технологічного процесу поздовжнього різання взуттєвих матеріалів – це взаємодія робочих органів машини, а саме транспортуючих валиків та леза ножа з матеріалом деталі, яка впливає на енергетичні витрати на процес. Для визначення сумарної величини втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величини втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу, а також погонного зусилля різання був проведений двох факторний експеримент для моделі дослідження. Отриманні рівняння регресії дозволяють говорити про адекватність аналітичної моделі. Порівняння сумарних величин втрат при поздовжньому різанні матеріалу ножа з односторонньою заточкою та ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу дозволяє говорити про доцільність використання ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу.

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

D. MAKATORA

Kyiv National University of Technologies and Design

EXPERIMENTAL STUDIES OF ARC-SHAPED CROSS SECTION KNIFE CUTTING EFFORT

The article is devoted to the method development for determining the effect of the gap between the generators of the conveyor rollers and the distance from the vertical axis of rotation of the conveyor rollers to the edge of the knife blade with an arc-shaped cross section on the total value. Particular attention in the design of longitudinal cutting machines requires processing with a fixed knife blade, namely its geometry. The main part of the technological process of shoe materials longitudinal cutting is the interaction of the working parts of the machine, namely the transport rollers and the knife blade with the material of the part, which affects the energy costs of the process. To determine the total amount 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 an arc-shaped cross section, as well as the linear cutting force, a two-factor experiment was performed for the study model. The obtained regression equations describe the total amount of losses during longitudinal cutting of the material and the amount of friction losses of the material on the face of a stationary knife with an arc-shaped cross section, allow us to talk about the adequacy of the analytical model. Comparison of the total values of losses during longitudinal cutting of the material of the knife with one-sided sharpening and a knife with an arc-shaped cross section, allows us to talk about the feasibility of using a knife with an arc-shaped cross section.

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

Постановка проблеми.

При поздовжньому різанні взуттєвих матеріалів може використовуватися рухоме або нерухоме різання. Однак особливої уваги потребує обробка взуттєвих матеріалів за допомогою нерухомого леза ножа, оскільки це обладнання має просту конструкцію, низьку собівартість, легше технічне обслуговування порівняно з обладнанням, що використовує рухомий спосіб поздовжнього різання, отримувати необхідну якість оброблених взуттєвих матеріалів при невеликих енергетичних витратах на процес поздовжнього різання. Тому перспективним напрямом вдосконалення розвитку машин для поздовжнього різання взуттєвих матеріалів є зниження енергетичних витрат на виконання технологічного процесу різання за рахунок вдосконалення геометрії ріжучого інструменту. Основна частина технологічного процесу поздовжнього різання взуттєвих матеріалів – це взаємодія робочих органів машини, а саме транспортуючих валиків та леза ножа (одно- та двостороння заточка, дугоподібна форма поперечного перерізу, тощо) з матеріалом деталі, яка впливає на енергетичні витрати на процес [1–8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Авторами робіт [2–8] були одержані рівняння регресії, що описують сумарну величину втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величину втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа, та визначено погонне зусилля різних матеріалів (мікропориста і монолітна гуми, повсть) при використанні різних форм ножа, а саме: одностороння заточка [3, 6, 7] та двостороння заточка леза ножа [2, 4, 5, 8]. В роботі [9] були проведені аналітичні дослідження, що дозволяють говорити про доцільність використання ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу, який дозволить зменшити розпірне зусилля при виконанні технологічної операції поздовжнього різання, за рахунок зменшення напруження матеріалу між транспортуючим валиком і поверхнею ножа, тим самим зменшити втрати на тертя матеріалу, які виникають в процесі виконання технологічної операції поздовжнього різання. Проте не дослідженим залишається питання розподілу сумарної величини втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величини втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа.

Метою даного дослідження є розробка ефективного методу визначення впливу величини зазору між твірними транспортуючих валиків і величини відстані від вертикальної вісі обертання транспортуючих валиків до кромки леза ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу на сумарну величину втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величину втрат на тертя матеріалу, шляхом використання рівнянь регресії, а також перевірка достовірності аналітичної моделі процесу поздовжнього різання ножом з дугоподібною формою поперечного перерізу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Експериментальні дослідження як завершальна стадія проектування геометрії 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.

Для визначення сумарної величини втрат при поздовжньому різанні матеріалу та величини втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу, а також 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 твірними транспортуючих валиками h і величину відстані від вертикальної вісі обертання валиків до кромки леза ножа a .

При визначенні q_p , 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 . Таким чином, лише різниця цих значень, віднесена до величини ширини деталі, дає справжню величину погонного зусилля різання взуттєвих матеріалів [2–9, 11]:

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

Планування експерименту проводилося з використанням ротатабельного плану Бокса для двофакторного експерименту ($k_{1,2} = 2$), який рекомендується при $k_{1,2} \leq 5$ [11].

Загальна кількість дослідів визначається за формулою [12]:

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

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 леза 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. Під час визначення числа вимірів для кожного дослідів проводилося п'ять повторних вимірювань на нульовому рівні (досліди 9–13) і визначалося наближене значення середньоквадратичної похибки рівняння [12]: $S_p = 1,118$.

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

Табличне значення критерію Стьюдента для $\alpha_B = 0,95$ і $n_1 = 5$ [12]. Тобто виконується умова: $t_{расч}(P) \geq t_{табл}$.

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

У цьому випадку необхідно знайти значення коефіцієнтів регресії рівняння [12]:

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

Для визначення цих коефіцієнтів використовувалися рівняння для двофакторного експерименту запропоновані автором [12]: $\alpha_1 = 0,2$; $\alpha_2 = 0,1$; $\alpha_3 = 0,125$; $\alpha_4 = 0,25$; $\alpha_5 = 0,125$; $\alpha_6 = 0,187$; $\alpha_7 = 0,1$.

Звідси: $b_0 = 318,68$; $b_1 = -24,77$; $b_2 = -34,22$; $b_{12} = -7,5$; $b_{11} = 1,74$; $b_{22} = 0,26$.

Таким чином, рівняння (3) набуває вигляду:

$$y_u = 318,68 - 24,77x_1 - 34,22x_2 - 7,5x_1x_2 + 1,74x_1^2 + 0,26x_2^2 \quad (4)$$

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

Так як досліди дублювалися тільки в нульовій точці, то дисперсія адекватності згідно з рівнянням [12]:

$$S_{ad}^2 = \frac{15,05 - 7,23}{3} = 2,58.$$

Дисперсія відтворюваності для цього випадку визначається за формулою [12]:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{11,24}{4} = 1,81.$$

Знаючи число ступенів свободи для більшої ($f_{ad} = 3$) і меншої ($f_e = 4$) дисперсії [12], табличне значення критерію Фішера для 95-відсоткової довірчої ймовірності:

$$F_{табл} = 6,59.$$

Розрахункове значення критерію Фішера згідно з формулою [12]:

$$F_{расч(P)} = \frac{2,58}{1,81} = 1,43.$$

Таблиця 2

Матриця планування двофакторного експерименту визначення сумарної величини витрат при повздовжньому різанні

Номер дослід	Матриця планування		Робоча матриця			Дані до розрахунку	
	№	x_1	x_2	h	a	y_u	$(y_u - \bar{y}_u)^2$
1	1	1	5,35	5,5	250	250,71	0,4994
2	-1	1	3,35	5,5	316	315,24	0,5705
3	1	-1	5,35	4,5	334	334,14	0,0204
4	-1	-1	3,35	4,5	370	368,68	1,7407
5	-1,414	0	2,95	5	350	350,22	0,0478
6	1,414	0	5,75	5	282	280,17	3,3418
7	0	-1,414	4,35	4,3	368	367,58	0,1788
8	0	1,414	4,35	5,7	272	270,81	1,4193
9	0	0	4,35	5	320	318,68	1,7508
10	0	0	4,35	5	318	318,68	0,4581
11	0	0	4,35	5	320	318,68	1,7508
12	0	0	4,35	5	318	318,68	0,4581
13	0	0	4,35	5	317	318,68	2,8118
$\sum_1^{13} = 4135 \sum_1^{13} (y_u - \bar{y}_u)^2 = 15,0481$							

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 для випадку, коли $k_1 = 2$ [12]. У цьому випадку: $a_8 = 0,2$; $a_9 = 0,125$; $a_{10} = 0,1438$; $a_{11} = 0,25$.

Отже: $S_{\{b_0\}}^2 = 0,2 \cdot 1,81 = 0,362$ і $S_{\{b_0\}} = 0,6$; $S_{\{b_i\}}^2 = 0,125 \cdot 1,81 = 0,226$ і $S_{\{b_i\}} = 0,48$;

$S_{\{b_{ii}\}}^2 = 0,1438 \cdot 1,81 = 0,26$ і $S_{\{b_{ii}\}} = 0,51$; $S_{\{b_{ij}\}}^2 = 0,25 \cdot 1,81 = 0,4525$ і $S_{\{b_{ij}\}} = 0,67$.

Звідси з співвідношень [12]:

$$\Delta b_0 = \pm 2 \cdot 0,6 = \pm 1,2; \Delta b_i = \pm 2 \cdot 0,48 = \pm 0,96; \Delta b_{ii} = \pm 2 \cdot 0,51 = \pm 1,02; \Delta b_{ij} = \pm 2 \cdot 0,4525 = \pm 0,95.$$

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:

$$y_u = 318,68 - 24,77x_1 - 34,22x_2 - 7,5x_1x_2 + 1,74x_1^2 \quad (5)$$

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:

$$y_u = 318,68 - 24,77(h - 4,35) - 34,22\left(\frac{a-5}{0,5}\right) - 7,5(h - 4,35)\left(\frac{a-5}{0,5}\right) + 1,74(h - 4,35)^2.$$

Після спрощення рівняння набуває вигляду:

$$y_u = 475,3 + 35,1h + 1,74h^2 - 15ah - 3,19a \quad (6)$$

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.

Проведемо обробку даних експерименту з визначення величини втрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа. Матриця планування двофакторного експерименту представлена в табл. 3.

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 для двофакторного експерименту запропоновані автором [12]:

$$b_0 = 238,46; b_1 = -17,59; b_2 = -30,98; b_{12} = -0,5; b_{11} = 5,6; b_{22} = 6,86.$$

Таким чином, рівняння (3) набуває вигляду:

$$y_u = 238,46 - 17,59x_1 - 30,98x_2 - 0,5x_1x_2 + 5,6x_1^2 + 6,86x_2^2 \quad (7)$$

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

Дисперсія адекватності:

$$S_{ad}^2 = \frac{24,82 - 11,21}{3} = 4,53.$$

Дисперсія відтворюваності для цього випадку:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{11,21}{4} = 2,8.$$

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{расч}(F) = \frac{4,53}{2,8} = 0,25.$$

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.

$$\text{Отже: } S_{\{b_0\}}^2 = 0,2 \cdot 2,8 = 0,56 \text{ і } S_{\{b_0\}} = 0,74; \quad S_{\{b_i\}}^2 = 0,125 \cdot 2,8 = 0,35 \text{ і } S_{\{b_i\}} = 0,6;$$

$$S_{\{b_{ii}\}}^2 = 0,1438 \cdot 2,8 = 0,4 \text{ і } S_{\{b_{ii}\}} = 0,63; \quad S_{\{b_{ij}\}}^2 = 0,25 \cdot 2,8 = 0,7 \text{ і } S_{\{b_{ij}\}} = 0,84.$$

Звідси зі співвідношень [12]:

$$\Delta b_0 = \pm 2 \cdot 0,74 = \pm 1,48; \Delta b_i = \pm 2 \cdot 0,6 = \pm 1,2; \Delta b_{ii} = \pm 2 \cdot 0,63 = \pm 1,26; \Delta b_{ij} = \pm 2 \cdot 0,84 = \pm 1,68$$

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_{12} , тоді отримаємо:

$$y_u = 238,46 - 17,59x_1 - 30,98x_2 + 5,6x_1^2 + 6,86x_2^2 \quad (8)$$

Рівняння (8) є рівнянням регресії, що описує сумарну величину втрат при виконанні поздовжнього різання матеріалу нерухомим ножом залежно 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:

$$y_u = 238,46 - 17,59(h - 4,35) - 30,98\left(\frac{a-5}{0,5}\right) + 5,6(h - 4,35)^2 + 6,86\left(\frac{a-5}{0,5}\right)^2.$$

Після спрощення рівняння набуває вигляду:

$$y_u = 1416,74 + 5,6h^2 - 66,31h + 27,44a^2 - 336,36a \quad (9)$$

Таблиця 3

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

Номер досліду	Матриця планування		Робоча матриця			Дані до розрахунку	
	x ₁	x ₂	H	a	y _u	y _u	(y _u -y _u) ²
1	1	1	5,35	5,5	204	201,87	4,5504
2	-1	1	3,35	5,5	240	238,04	3,8345
3	1	-1	5,35	4,5	266	264,83	1,3728
4	-1	-1	3,35	4,5	300	299,00	0,9934
5	-1,414	0	2,95	5	274	274,55	0,3034
6	1,414	0	5,75	5	224	224,81	0,6615
7	0	-1,414	4,35	4,3	296	295,99	0,0002
8	0	1,414	4,35	5,7	207	208,37	1,8872
9	0	0	4,35	5	238	238,46	0,2120
10	0	0	4,35	5	240	238,46	2,3702
11	0	0	4,35	5	236	238,46	6,0539
12	0	0	4,35	5	240	238,46	2,3702
13	0	0	4,35	5	238	238,46	0,2120
$\sum_{i=1}^{13} = 3803 \quad \sum_{i=1}^{13} (y_u - \bar{y}_u)^2 = 24,8217$							

Отриманий вираз (9) – експериментальна математична модель залежності величини витрат 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.

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

(ГОСТ 7338-90) [13]: $q_p = 2,29 \frac{H}{\text{мм}}$. Відхилення від отриманих раніше значень робіт [2, 7–9] відповідно

складають $\Delta = 10,5\%$, $\Delta = 6,9\%$ та $\Delta = 0,2\%$, що свідчить про адекватність проведеного експериментального дослідження.

Порівнюючи сумарні величини витрат при поздовжньому різанні матеріалу при використанні ножа з односторонньою заточкою (отриманні автором в роботі [10]) та при використанні ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу, отримуємо:

$$\Delta P = \frac{370,49 - 318,68}{370,49} \cdot 100\% = 13,98\%$$

Визначене відхилення сумарної величини витрат при поздовжньому різанні матеріалу підтверджує математичну модель, розроблену автором в роботі [10] та свідчить, що виконані операції поздовжнього різання зв'язувальних матеріалів доцільно використовувати лезо ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу, що дозволить знизити сумарні величини витрат, в порівнянні з одностороннім заточуванням, що в свою чергу знизить енергетичні витрати на процес.

Висновки. Отримані рівняння регресії описують сумарну величину витрат при поздовжньому різанні матеріалу та величину витрат на тертя матеріалу об грані нерухомого ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу дозволяють говорити про адекватність аналітичної моделі. Порівняння сумарних величин витрат при поздовжньому різанні матеріалу ножа з односторонньою заточкою та ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу дозволяє говорити про доцільність використання ножа з дугоподібною формою поперечного перерізу.

Література

1. Макацьора Д. А. Аналіз раціонального положення ножа та форми його поперечного перерізу в машинах типу “ДН” / Д. А. Макацьора, В. І. Князев // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2004. – № 1. – С. 159–163.

2. Макарьора Д. А. Визначення погонного зусилля різання мікропористої гуми ножем з двосторонньою заточкою / Д. А. Макарьора // Вісник ЧДТУ. – 2013. – № 2 (65). – С. 92–97.
3. Макарьора Д. А. Визначення погонного зусилля різання монолітної гуми ножем з односторонньою заточкою / Д. А. Макарьора, І. В. Панасюк // Вісник ЧДТУ. – 2014. – № 1 (71). – С. 36–42.
4. Макарьора Д. А. Визначення погонного зусилля різання монолітної гуми ножем з двосторонньою заточкою / Д. А. Макарьора, І. В. Панасюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 1 (209). – С. 31–35.
5. Макарьора Д. А. Визначення погонного зусилля різання повсті ножем з двосторонньою заточкою / Д. А. Макарьора, І. В. Панасюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 1 (75). – С. 41–48.
6. Макарьора Д. А. Експериментальне дослідження з визначення погонного зусилля різання повсті, ножем з односторонньою заточкою / Д. А. Макарьора // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 2 (76). – С. 113–123.
7. Макарьора Д. А. Визначення погонного зусилля різання мікропористої гуми ножем з односторонньою заточкою / Д. А. Макарьора, І. В. Панасюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 2 (211). – С. 19–25.
8. Черно-Иванов В. С. Разработка механизма прокольного резания деталей низа обуви : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.10 / В. С. Черно-Иванов. – К., 1998. – 165 с.
9. 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.
10. Макарьора Д. А. Математична модель процесу повздовжнього різання дугоподібним ножем / Д. А. Макарьора, В. І. Князев // Вісник ТУП. Серія технічні науки. – 2004. – № 1. – С. 48–53.
11. 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. Макарьора, В. І. Князев; заявник та патентовласник Київський державний університет технологій та дизайну. – № u20031212100 ; заявл. 23.12.2003 ; опубл. 15.09.2004, Бюл. № 9.
12. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – М. : Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
13. ГОСТ 7338-90 Пластину резинове и резиноканевые. 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 tekhnologii ta dizajnu. – 2004. – № 1. – С. 159–163.
2. Makatora D. A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia mikroporystoi humy nozhem z dvostoronnoiu zatochkoiu / D. A. Makatora // Visnyk ChDTU. – 2013. – № 2 (65). – С. 92–97.
3. Makatora D. A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia monolitnoi humy nozhem z odносторонноiu zatochkoiu / D. A. Makatora, I. V. Panasiuk // Visnyk ChDTU. – 2014. – № 1 (71). – С. 36–42.
4. Makatora D. A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia monolitnoi humy nozhem z dvostoronnoiu zatochkoiu / D. A. Makatora, I. V. Panasiuk // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. – 2014. – № 1 (209). – С. 31–35.
5. Makatora D. A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia povsti nozhem z dvostoronnoiu zatochkoiu / D. A. Makatora, I. V. Panasiuk // Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu tekhnologii ta dizajnu. – 2014. – № 1 (75). – С. 41–48.
6. Makatora D. A. Eksperymentalne doslidzhennia z vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia povsti, nozhem z odносторонноiu zatochkoiu / D. A. Makatora // Visnyk Kyivskoho natsionalnogo universytetu tekhnologii ta dizajnu. – 2014. – № 2 (76). – С. 113–123.
7. Makatora D. A. Vyznachennia pohonnoho zusyillia rizannia mikroporystoi humy nozhem z odносторонноiu zatochkoiu / D. A. Makatora, I. V. Panasiuk // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. – 2014. – № 2 (211). – С. 19–25.
8. Chernov-Ivanov V. S. Razrabotka mehanizma prokolnogo rezaniya detalej niza obuvi : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.05.10 / V. S. Chernov-Ivanov. – K., 1998. – 165 s.
9. Chernov-Ivanov V. S. Rozrobka mekhanizmu povzdovzhnogo rizannia detalei nyzu vzuttia : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.05.10 / V. S. Chernov-Ivanov; DALPU. – K., 1998. – 18 s.
10. Makatora D. A. Matematychna model protsesu povzdovzhnogo rizannia duhopodibnym nozhem / D. A. Makatora, V. I. Kniaziev // Visnyk TUP. Seriya tekhnichni nauky. – 2004. – № 1. – С. 48–53.
11. Patent № 70012 Ukraina, MPK B 23 B 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 tekhnologii ta dizajnu. – № u20031212100 ; zaiavl. 23.12.2003 ; opubl. 15.09.2004, Biul. № 9.
12. Tihomirov V. B. Planirovanie i analiz eksperimenta / V. B. Tihomirov. – M. : Legkaya industriya, 1974. – 262 s.
13. GOST 7338-90 Plastiny rezinove i rezinokanevye. 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 : 19.4.2020 р.

Надрукована/Printed : 11.6.2020 р.
Рецензент: д. т. н., проф. В.І. Чупринка