

сухому стані досліджуваних порід між II та I і II та III групами знаходиться в межах від 43 до 159 кг·м<sup>-3</sup> відповідно.

### Література

1. Білей П.В. Теорія теплової оброблення деревини : монографія / П.В. Білей, Є.П. Куненць, І.А. Соколовський, Л.Я. Сорока, Я.Д. Синітович. – Львів : Вид-во ЗУКЦ, 2012. – 200 с.
2. Вінтонів І.С. Деревинознавство : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Вид-во "Апріорі", 2007. – 312 с.
3. ГОСТ-Информ 1.6.0. / Экспект-Софт. – 80 Min / 700 MB. – К. : Изд-во "Экспект-Софт", 2007. – 123 с.
4. Евстигнеев Э.И. Химия древесины : учебн. пособ. / Э.И. Евстигнеев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 148 с.
5. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії / Р. Титко, В. Калініченко. – Варшава – Краків – Полтава : Вид-во OWG, 2010. – 533 с.
6. Normen für Holz: DIN-Taschenbuch 31. – [8<sup>te</sup> Aufl.]. – Berlin : Beuth, 2009. – 604 S.
7. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.leistbaresheizen.at/downloads/holz-heizwerttabellen-2011.pdf>
8. [Electronic resource]. – Mode of access <http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish>

*Сопушинский И.М., Винтонив И.С., Харытон И.И., Остапук Р.В.*

### Особенности квалитметрии дровяной древесины

Рассмотрены вопросы эффективного использования дровяной древесины, что поставляли на Перечинский лесохимический комбинат. Основной акцент сосредоточен на квалитметрии дровяного сырья в разрезе "порода-плотность-влажность-теплотворная способность". Предложено визуальное разделение дровяной древесины на три группы по качественным характеристикам. Определена плотность дровяной древесины в абсолютно сухом состоянии для ясеня обыкновенного, дуба обыкновенного, бука лесного, клена-явора, граба обыкновенного и березы бородавчатой. Проанализировано влияние абсолютной влажности на теплотворную способность древесины.

**Ключевые слова:** дровяная древесина, квалитметрия, теплотворная способность, плотность древесины.

*Sopushynskyy I.M., Vintoniv I.S., Kharyton I.I., Ostashuk R.V. Some Features of Firewood Qualimetry*

Some issues of efficient use of firewood that was supplied to Perechyn Wood-Chemical Plant are reviewed. The emphasis has been made on the qualimetry of firewood as raw material in the view of "tree species – density – moisture content– calorific value". The visual grading of firewood into three groups according to the qualitative characteristics has been proposed. The density of firewood in oven dry condition has been investigated for Common ash, oak, European beech, sycamore, hornbeam and birch. The variation of wood density in the oven-dry condition was researched. The influence of moisture content of wood on its calorific value has been analyzed.

**Key words:** firewood, qualimetry, calorific value, wood density.

УДК 621.891

*Аспір. В.В. Войтович; проф. В.В. Шостақ, д-р техн. наук –  
НЛТУ України, м. Львів*

### ЗНОШУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ НАПРЯМНИКІВ СТРІЧКОПИЛКОВОГО ВЕРСТАТА

Запропоновано математичну модель зносу поверхні напрямника. Описано результати експериментальних досліджень. Отримано рівняння регресії, які характеризують залежність інтенсивності зношування поверхні циліндричного напрямника від сили притискання, швидкості подавання і мікротвердості. Показано вплив зміцнення повер-

хневого шару на інтенсивність зношування. Досліджено закономірності зношування, що дає змогу збільшити ресурс деталей, тривалість ремонтного циклу, зменшити витрати на ремонт і технічне обслуговування. Визначено ресурс напрямника залежно від умов його експлуатації.

**Ключові слова:** модель зносу, рівняння регресії, мікротвердість, зміцнення, напрямник, інтенсивність зношування, ресурс деталі.

**Постановка проблеми.** В основі керування технічним станом технологічного обладнання під час експлуатації лежить науково обгрунтована структура ремонтного циклу. Вона визначається довговічністю і зносостійкістю усіх деталей верстата, зокрема й базових, а саме: напрямників, осей, валів, вальниць і т. ін. Одним з найефективніших методів підвищення терміну служби деталей машин, а саме напрямників, є створення на їх робочих поверхнях зміцнених шарів. Це дає змогу збільшити тривалість ремонтного циклу, зменшити витрати на ремонт і технічне обслуговування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Процес розпилювання та підготовки інструменту на стрічкопилкових верстатах досліджено у роботах В.А. Худякова, О.С. Феоктістова, Є.В. Трухіна, Н.Ю. Мікловчика, І.Т. Ребезнюка, Б.А. Веселкової, М.І. Пилипчук, С.П. Степанчука та ін. Але питанням зношування базових деталей верстатів у цих роботах не приділено уваги. За результатами аналізу конструктивних особливостей і практики експлуатації горизонтальних стрічкопилкових верстатів встановлено що на більшості підприємств, де розпилюють колоди на бруси і дошки, використовують горизонтальні стрічкопилкові верстати вітчизняного виробництва. На сьогодні в Україні немає жодної науково-дослідної роботи з дослідження надійності цих верстатів, відсутні науково обгрунтовані та практично апробовані структури ремонтних циклів і рекомендації щодо їх розроблення. Статистичні дані з підприємств щодо довговічності основних спряжень верстатів показали, що найменший ресурс мають деталі механізму подавання пилкового супорта, ходові колеса та напрямники, термін служби яких не перевищує 2...3 роки [1].

**Мета роботи.** Щоб розробити структуру ремонтного циклу горизонтального стрічкопилкового верстата для розпилювання колод, необхідно дослідити процес зношування напрямників, визначити чинники, що впливають на величину їх зносу та обгрунтувати їх ресурс.

**Виклад основного матеріалу.** У процесі експлуатації верстата під дією змінних сил, що виникають у спряженні, а також дії абразивних частинок, що потрапляють у стик, швидко зношується напрямник циліндричного перетину. Направники виготовляють з труб діаметром ½ дюйма. Для підвищення жорсткості труби в середину її забивають циліндричний стержень. Практика показує, що підвищення зносостійкості ходових коліс призводить до швидкого зношування напрямників, які є складною деталлю у виготовленні і вивірненні. Тому ходові колеса виготовляють з конструкційної сталі *Ст3*. І під час ремонту замінюють ходові колеса, які мають менший ресурс. Якщо підвищити зносостійкість напрямників, тоді можна ходові колеса виготовляти з високовуглецевої, або легованої сталі і термін служби цього спряження підвищиться. Пропонуємо для зміцнення поверхні циліндричного напрямника використати метод високошвидкісного тертя [1]. Зношування напрямників виникає внаслідок циклічної дії ходових коліс на мікроступи поверхонь у парі тертя. Внаслідок тер-

тя кочення відбувається контактна втома поверхневих шарів (підтіг). Ходове колесо втискається в напрямник і жене перед собою хвилю деформованого матеріалу. Процес відбувається в умовах сухого тертя, бо наявність мастила призводить до прилипання тирси, утворення наростів і втрати точності верстата.

За модель зносу прийнято криву другого порядку виду

$$h = h_0 + I_z \cdot N_{ци} + \frac{w}{2} \cdot N_{ци}^2, \quad (1)$$

де:  $h_0$  – початкове значення зносу;  $I_z$  – інтенсивність зношування;  $N_{ци}$  – кількість циклів навантаження;  $w$  – зміна (сповільнення або пришвидшення) інтенсивності зношування.

Перша похідна від зносу за числом циклів навантаження

$$\frac{dh}{dN_{ци}} = I_z + w \cdot N_{ци}, \quad (2)$$

Друга похідна від зносу за числом циклів навантаження

$$\frac{d^2h}{dN_{ци}^2} = w. \quad (3)$$

У перший період припрацювання процес зношування має нелінійний характер і  $w < 0$ , тоді як у період нормальної експлуатації інтенсивність зношування можна вважати постійною і  $w = 0$ . У третьому періоді  $w > 0$ . Для нових деталей  $h_0 = 0$ .

Дослідження зносу напрямників провели на модернізованій машині тертя (рис. 1). Експериментальна установка мала ступінчасте регулювання швидкості подавання дослідного зразка і сили притискання ходового колеса. Зразками для випробувань слугували зміцнені напрямники. Знос напрямників вимірювали за допомогою мікрометричного глибиноміра з точністю до 1 мкм. Повзун рухається зворотно поступальним рухом. Його швидкість змінна. Тому знос вздовж траєкторії руху залежить від швидкості. Величину зносу вимірювали у дев'яти точках.

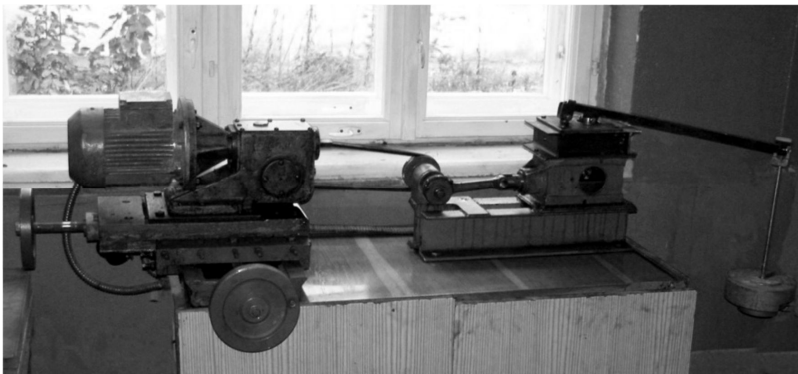


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки

Швидкість повзуна у кожній точці визначено за формулою:

$$V_s = \left( \frac{\pi \cdot H_n \cdot n}{60000} \right) \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot h_i}{H_n} + 1 \right)^2}, \quad (4)$$

де:  $H_n$  – хід повзуна;  $n$  – частота обертання корби;  $h_i$  – координата точки.

Величину зносу визначали через одну годину роботи протягом першого періоду (припрацювання) і через дві години роботи протягом другого періоду (нормального зношування). Число циклів навантаження за кожен інтервал роботи дорівнює  $N_{ци} = 120 \cdot n \cdot t_i$  (табл. 1). Збільшення циклів експлуатації призводить до збільшення зносу (рис. 2). На першій стадії спостерігаємо інтенсивний ріст зносу, який в кінці сповільнюється (рис. 3). На другій стадії величина зносу стабілізується і стає пропорційна числу циклів експлуатації (рис. 4).

Табл. 1. Результати вимірювань зносу напрямника  
Сила притискання 12,5 кН, мікротвердість 3,425 ГПа

Час, год	Число циклів, тис.	Величина зносу у точках, яким відповідає швидкість, м/хв								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		2,345	5,341	6,504	7,272	7,510	7,272	6,504	5,341	2,345
1	14,343	10	15	20	23	23	24	19	16	11
2	28,687	19	26	34	37	43	36	33	25	20
3	43,031	31	38	50	55	70	56	51	37	30
4	57,375	40	51	64	76	90	75	66	50	41
6	86,063	51	68	87	103	120	104	88	69	49
8	114,75	63	85	107	129	150	128	108	84	62
10	143,43	77	102	130	157	180	156	128	101	78
12	172,12	88	120	153	184	211	185	152	119	89
14	200,81	101	137	175	211	243	212	176	138	100
16	229,50	112	155	196	237	272	238	195	156	113
18	258,19	125	172	219	264	305	263	218	171	124
20	286,87	135	190	240	290	333	292	241	191	132

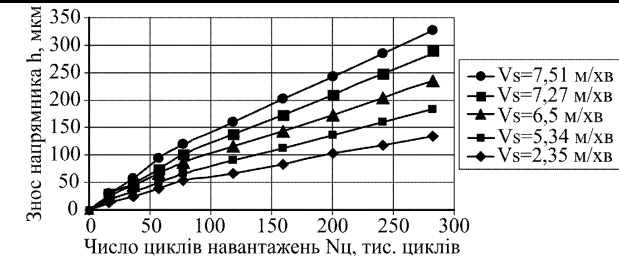


Рис. 2. Залежність зносу від числа циклів навантаження і швидкості подавання

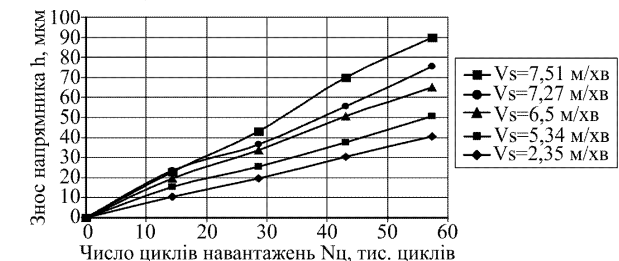


Рис. 3. Залежність зносу від числа циклів навантаження і швидкості подавання у період припрацювання поверхонь

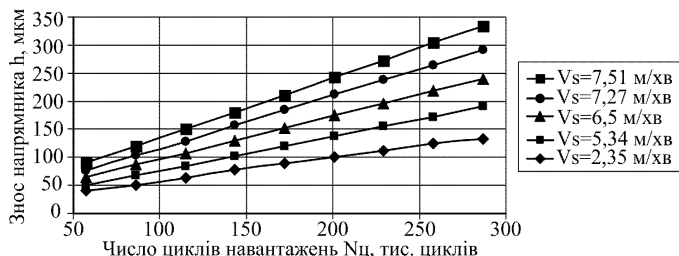


Рис. 4. Залежність зносу від числа циклів навантаження і швидкості подавання у період нормального зношування

Аналіз попередніх дослідів дозволив встановити, що залежність інтенсивності зношування напрямників від сили притискання  $P$ , швидкості подавання  $V_s$  і мікротвердості поверхні  $H$ , криволінійна та її можна описати рівнянням регресії другого порядку

$$I_z = a_0 + a_1 \cdot P + a_2 \cdot V_s + a_3 \cdot H + a_{11} \cdot P^2 + a_{22} \cdot V_s^2 + a_{33} \cdot H^2 + a_{12} \cdot P \cdot V_s + a_{13} \cdot P \cdot H + a_{23} \cdot V_s \cdot H + a_{123} \cdot P \cdot V_s \cdot H, \quad (5)$$

де  $a_0, a_1, \dots, a_{123}$  – коефіцієнти рівняння регресії у явному вигляді визначені експериментально.

Рівняння регресії у нормалізованому вигляді будемо шукати у вигляді

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{11} \cdot x_1 \cdot x_1 + b_{22} \cdot x_2 \cdot x_2 + b_{33} \cdot x_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (6)$$

де:  $y = I_z; x_1 = \frac{P_i - P_0}{\Delta P}; x_2 = \frac{V_{si} - V_{s0}}{\Delta V_s}; x_3 = \frac{H_i - H_0}{\Delta H}.$  (7)

Для визначення коефіцієнтів рівняння регресії використано повний факторний план (ПФП) для трьох змінних чинників. Кількість дослідів дорівнює  $N = 2^3 + 6 = 14$ . Рівні кодування чинників, що впливають на інтенсивність зношування прийняли для сили притискання  $P_{\max} = 15, P_{\min} = 10, P_{cp} = 12,5$  кН, для швидкості подавання  $V_{s\max} = 8,71; V_{s\min} = 1,97; V_{s\text{cp}} = 5,34$  м/хв, для мікротвердості  $H_{\max} = 3,6; H_{\min} = 3,25; H_{cp} = 3,425$  ГПа. Матрицю планування експериментів для визначення впливу основних чинників на мікротвердість напрямника наведено у табл. 2. П'ятнадцятий дослід на нульовому рівні передбачено як попередній для перевірення адекватності рівняння регресії і визначення коефіцієнта варіації інтенсивності зношування. Число повторень у кожного досліді визначали за формулою

$$n = \frac{t^2 \cdot v^2}{p^2}, \quad (8)$$

де:  $t$  – значення критерію Ст'юдента,  $t = 2,01$  для рівня значимості  $q = 0,05$  та числа ступенів свободи  $f_y = N \cdot (n-1) = 15 \cdot (5-1) = 60$ ;  $v$  – коефіцієнт варіації одержаний для попередніх дослідів на нульовому рівні  $v = 4,6584\%$  (табл. 3);  $P$  – точність дослідів прийняли не менше 5%.

Після розрахунку  $n = 4,04$ . Приймаємо  $n = 5$  для всіх дослідів.

Табл. 2. План-матриця ПФП  $2^3 + 2 \times 3$

№ досліду	Чинники у нормалізованому вигляді			Чинники в явному вигляді		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$P$ , кН	$V_s$ , м/хв	$H$ , ГПа
1	-1	-1	-1	10	1,969919	3,25
2	1	-1	-1	15	1,969919	3,25
3	-1	1	-1	10	8,71219	3,25
4	1	1	-1	15	8,71219	3,25
5	-1	-1	1	10	1,969919	3,6
6	1	-1	1	15	1,969919	3,6
7	-1	1	1	10	8,71219	3,6
8	1	1	1	15	8,71219	3,6
9	-1	0	0	10	5,34103	3,425
10	1	0	0	15	5,34103	3,425
11	0	-1	0	12,5	1,969919	3,425
12	0	1	0	12,5	8,71219	3,425
13	0	0	-1	12,5	5,34103	3,25
14	0	0	1	12,5	5,34103	3,6
15	0	0	0	12,5	5,34103	3,425

Для виключення системної помилки проводили рандомізацію дослідів за допомогою таблиці випадкових чисел. Досліди матриці планування (табл. 2) проводили у такій послідовності: 15, 1, 3, 13, 4, 2, 5, 6, 8, 11, 14, 7, 10, 12 (табл. 3).

Табл. 3. Результати проведених дослідів за планом ПФП- $2^3 + 2 \times 3$  для періоду нормального зношування

№ досліду	Середнє значення інтенсивності зношування $I_z$ , мкм/тис. циклів	Дисперсія $D$	Середнє квадратичне відхилення $\sigma$ , мкм/тис. циклів	Коефіцієнт варіації $v$ , %	Похибка середнього, $m_0$	Точність дослідів $P$ , %
1	0,3299	0,000218	0,0147647	4,4755	0,006603	2,0015
2	0,5699	0,000802	0,0283228	4,9698	0,012666	2,2226
3	0,9654	0,001387	0,0372244	3,8578	0,016656	1,7252
4	1,2599	0,000968	0,0311204	2,4700	0,013917	1,1046
5	0,2191	0,000076	0,0073658	4,1782	0,003907	1,8685
6	0,3602	0,000099	0,0099789	2,7703	0,004463	1,2390
7	0,5697	0,000904	0,0300716	5,2785	0,013448	2,3606
8	0,9120	0,000419	0,0204717	2,2447	0,009156	1,0038
9	0,5016	0,000610	0,0246948	4,9232	0,011044	2,2017
10	0,7585	0,000210	0,0148173	1,9535	0,006627	0,8736
11	0,3696	0,000657	0,0256338	6,9356	0,011464	3,1017
12	0,9291	0,000347	0,0186317	2,0053	0,008333	0,8968
13	0,7074	0,000174	0,0131951	1,8653	0,005901	0,8342
14	0,4388	0,000585	0,0241842	5,5114	0,010816	2,4648
15	0,6027	0,000788	0,0280764	4,6584	0,012556	2,0833

Після оброблення результатів досліджень одержали рівняння регресії у нормалізованому вигляді для інтенсивності зношування:

- у період припрацювання поверхонь

$$y_1 = 0,7714 + 0,16464 \cdot x_1 + 0,420104 \cdot x_2 - 0,125654 \cdot x_3 - 0,0135017 \cdot x_1 \cdot x_1 + 0,0398984 \cdot x_2 \cdot x_2 + 0,0387482 \cdot x_3 \cdot x_3 + 0,04516766 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,01740741 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,0540426 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,02215741 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (9)$$

• і в період нормального зношування

$$y_2 = 0,602848 + 0,12848 \cdot x_1 + 0,27974 \cdot x_2 - 0,13427 \cdot x_3 + 0,0273951 \cdot x_1 \cdot x_1 + 0,046694845 \cdot x_2 \cdot x_2 - 0,029554993 \cdot x_3 \cdot x_3 + 0,03071249 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0051375 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,0516375 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,01708751 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (10)$$

Добуток критерію Стюдента на дисперсію коефіцієнтів рівняння регресії дорівнював 0,001055. Тому коефіцієнт  $a_{13}$  можна вважати не значимим.

Перевірення адекватності рівняння регресії проводили за критерієм Фішера. Розрахункове значення критерію Фішера  $F_p = 2,072$  і є меншим від табличного  $F_T = 2,37$  для  $f_{ad} = 15$ ,  $f_y = 60$  і  $q = 0,05$ . Однорідність дисперсій дослідів перевіряли за критерієм Кохрена. Розрахункове значення критерію Кохрена  $G_p = 0,168$ , табличне значення  $G_T = 0,24$  для  $f_y = 5-1=4$ ,  $m = 15$ ,  $q = 0,05$ .

Для переведення рівняння регресії з нормалізованого у явний вигляд використали заміни (7).

Після розрахунків отримали коефіцієнти рівняння регресії у явному вигляді для інтенсивності зношування в період нормального зношування:

$$a_0 = -12,8835, a_1 = 0,174507, a_2 = 0,789345, a_3 = 7,23119783, a_{11} = 0,00438322, a_{22} = 0,004108876, a_{33} = -0,965061009, a_{12} = -0,0360373, a_{13} = -0,0736232, a_{23} = -0,2323525, a_{123} = 0,01158584.$$

Збільшення сили притискування і швидкості подавання призводить до зростання інтенсивності зношування поверхневого шару напрямника (рис. 5). Збільшення мікротвердості поверхні напрямника призводить до зменшення інтенсивності зношування на всіх швидкостях подавання (рис. 6).

Збільшення сили притискування ходового колеса до поверхні напрямника призводить до збільшення інтенсивності зношування (див. рис. 5). Це пояснюється тим, що велика сила притискування збільшує глибину деформованого матеріалу і призводить до різкого росту внутрішніх напруг. Внаслідок поверхня лущиться і втрачає свою форму. Швидкість подавання за великих зусиль притискування  $P=15$  кН призводить до збільшення інтенсивності зношування поверхні напрямника (рис. 5). Але за менших зусиль притискування  $P=10$  кН підвищення швидкості від 2 до 8 м/хв призводить до зростання інтенсивності зношування в 1,3 раза.

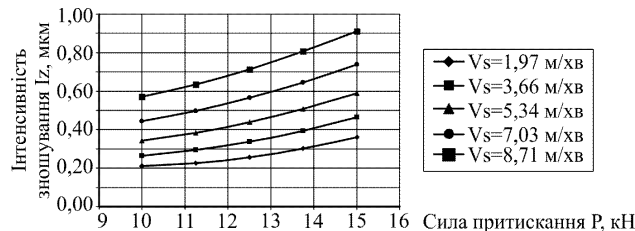


Рис. 5. Залежність інтенсивності зношування від сили притискування і швидкості подавання для мікротвердості  $H=3,425$  ГПа

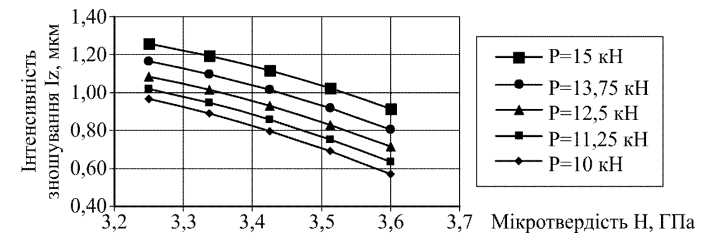


Рис. 6. Залежність інтенсивності зношування від мікротвердості поверхні напрямника та сили притискування  $P$  для швидкості подавання  $V_s=8,71$  м/хв

Це пояснюється тим, що за менших зусиль притискування деформація зменшується. За результатами досліджень легко визначити ресурс напрямників. Гранічна величина зносу дорівнює глибині зміцненого шару до 200 мкм (рис. 7).

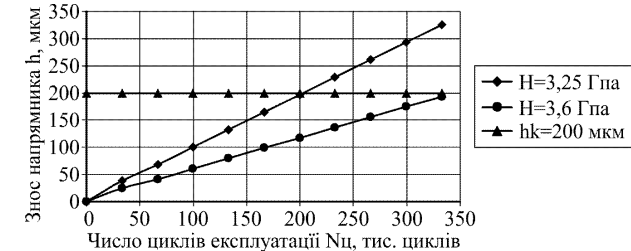


Рис. 7. Визначення ресурсу напрямника стрічкопилкового верстата

З рис. 7 видно, що ресурс незміцненого напрямника дорівнює 200 тис. циклів (5577 год), а зміцненого – 330 тис. циклів (8366 год), тобто більше в 1,65 раза. Збільшення ресурсу базової деталі верстата дає змогу збільшити тривалість ремонтного циклу, а відповідно зменшити витрати на ремонти і технічне обслуговування.

**Висновки.** Вперше проведено дослідження процесу зношення циліндричної поверхні напрямника горизонтального стрічкопилкового верстата. Встановлено, що інтенсивність зношування залежить від сили притискування, швидкості подавання і мікротвердості поверхні. Отримано коефіцієнти рівняння регресії у вигляді полінома другого степеня для залежності інтенсивності зношування від цих чинників. Аналіз цієї залежності показує, що режими зміцнення необхідно вибирати з урахуванням сили притискування в межах від 10 до 12,5 кН і швидкості подавання від 5,25 до 8,0 м/хв. Мікротвердість поверхні напрямника необхідно збільшувати до 3,5 ГПа.

### Література

1. Войтович В.В. Зміцнення високошвидкісним тертям напрямників стрічкопилкового верстата / В.В. Войтович, В.В. Шостак // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.11. – С. 152-158.
2. Пилипчук М.І. Основи наукових досліджень : підручник / М.І. Пилипчук, А.С. Григор'єв, В.В. Шостак. – К. : Вид-во "Знання", 2007. – 270 с.

**Войтович В.В., Шостак В.В. Изнашивание цилиндрических направляющих ленточнопильного станка**

Предложена математическая модель износа поверхности направляющих. Описаны результаты экспериментальных исследований. Получены уравнения регрессии, характеризующие зависимость интенсивности износа цилиндрических направляющих от усилия прижима, скорости подачи и микротвердости. Показано влияние упрочнения поверхностного слоя на интенсивность изнашивания. Исследованы закономерности износа, что позволяет увеличить ресурс деталей, продолжительность ремонтного цикла, уменьшить затраты на ремонт и техническое обслуживание. Определен ресурс направляющих в зависимости от условий его эксплуатации.

**Ключевые слова:** модель износа, уравнение регрессии, микротвердость, упрочнение, направляющая, интенсивность изнашивания, ресурс детали.

**Vojtovich V.V., Shostak V.V. Cylinder Sending of Band-Saw Machine-Tool Wearing**

The mathematical model of wearing the sending surface is offered. The results of experimental researches are described. Equalization of regression obtained characterizes the dependence of intensity of wearing of cylinder sending surface on the pressing force, presentation speed, and microhardness. The influence of strengthening of a superficial layer is shown on wearing intensity. The research of conformities to the law of wearing allows multiplying the details resource, repair cycle duration, decrease expenses on repair and technical service. The sending resource is determined depending on its external environments.

**Key words:** tearing down model, regression equalization, micro hardness, strengthening, sending, wearing intensity, detail resource.

УДК 674.05.055

Доц. Ю.Р. Дадак<sup>1</sup>, канд. техн. наук;

доц. А.В. Ляшеник<sup>2</sup>, канд. техн. наук; викл. Р.Р. Климаш<sup>2</sup>, канд. техн. наук

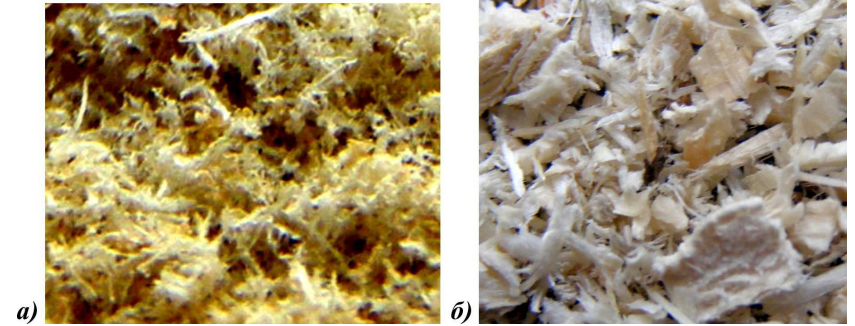
**ШКІДЛИВІСТЬ ПИЛУ ДЕРЕВИНИ ВІД ДЕРЕВООБРОБЛЕННЯ**

Доведено та систематизовано шкідливі впливи пилю деревини на організм людини на основі аналізу досліджень зарубіжних вчених. Зазначено, що пилю деревини в разі систематичного впливу на організм людини може призводити до різного роду дерматитів, алергічних реакцій організму та зумовити незворотні зміни в дихальній системі, а також онкологічні захворювання носоглотки, легеневої системи, печінки та шкірного покриву. Опрацьовано та систематизовано дослідження, які визначають вплив пилю різних порід деревини. На основі даних вітчизняних і зарубіжних нормативних документів підтверджено канцерогенний вплив деревного пилю. Доведено актуальність подальших теоретичних та експериментальних досліджень стосовно методів і способів вловлення частинок дрібнодисперсного деревного пилю.

**Ключові слова:** пилю деревини, дерматити, пилювловлення, системи аспірації, дрібнодисперсний пилю, шліфувальний пилю, пневмотранспортні системи.

**Вступ.** Деревина – матеріал, який людина з давніх часів обробляє та використовує для різноманітних цілей: виготовлення інструменту, житла, меблів, елементів інтер'єру і т. ін. Деревина є актуальною, завжди модною, екологічно чистою, економічною. У деревообробній промисловості зайнята значна кількість людей, частина з них – безпосередньо в процесах оброблення та перероблення деревини.

Доволі часто працівники, які систематично обробляють деревину, особливо в умовах невеликих приватних деревообробних підприємств, недооцінюють ступінь існуючих ризиків. Основну увагу вони приділяють техніці безпеки під час роботи з електрообладнанням, різальним інструментом та пожежній безпеці. При цьому вони стикаються зі значно більшою небезпекою власному здоров'ю. Дослідження [5-9] доводять, що значним фактором ризику для працівників деревообробних підприємств є пилю деревини (рис.)



**Рис. Фотографії пилю деревини:** а) шліфувальний пилю; б) частинки тисци

**Теоретичні дослідження.** Пилю може спричинити цілий спектр захворювань залежно від низки чинників. Механічна дія пилю на організм людини може спричинити до утворення ран, подразнення шкіри, слизової оболонки та очей внаслідок абразивної дії пилових частинок. Особливо небезпечним є тривалий контакт робітника з дрібнодисперсним деревним пилом. Найбільшої шкоди людина зазнає внаслідок контакту з частинками пилю, розмір яких становить 2-10 мкм. Поведінка таких частинок є близькою до поведінки молекул повітря. Вони здатні на тривалий час зависати у повітрі і є невидимими для людського ока. У разі потрапляння у дихальні шляхи та очі, такі частинки стають причиною утворення дрібних ран, спричиняють алергічну реакцію. У дослідженні [10] зазначено, що навіть класичні засоби індивідуального захисту не захищають повністю від проникнення в органи дихання дрібнодисперсних частинок. Шкода, яку частинки пилю завдають організму, проявляється не відразу. У найбільш простих випадках у людини з'являються подразнення шкіри, очей, дихальних шляхів. Проявами цього є свербіж, кашель, нежить, астма. З часом дія шкідливих факторів акумулюється та підсилюється, що внаслідок призводить до важких хронічних респіраторних захворювань. Разом з деревним пилом в організм людини можуть потрапляти спори плісняви, які накопичуються в організмі і призводять до захворювань легень та печінки [7]. Окремі породи деревини, наприклад тис, є токсичними і їх дія на організм людини може призводити до важких захворювань і навіть смерті.

У країнах Європи багато уваги приділяють шкідливому впливу деревного пилю на організм людини. Зокрема в роботі [8] зазначено, що пилю діаметром менше 1 мкм затримується в альвеолах, а від 2 до 5 мкм – у бронхах, більші частинки пилю осідають на трахеях. Моніторинг проведено на підставі клінічних досліджень стану здоров'я працівників зарубіжних деревообробних під-

<sup>1</sup> НЛТУ України, м. Львів;

<sup>2</sup> Коломийський політехнічний коледж