

2. **Yuanhui Zhang.** Modeling and Sensitivity Analysis of Dust Particle Separation for Uniflow Dedusters. University of Illinois Urbana-Champaign, 2000. – p.1-13.

3. **Christian Fredriksson.** Exploratory Experimental and Theoretical Studies of Cyclone Gasification of Wood Powder. Doctoral thesis. Lulea university of technology. Sweden. 1999. – p.169.

4. **Лютий Є.М., Нахаєв П.П., Ляшеник А.В.** Ефективність застосування циклонів із фільтруючими зовнішніми стінками// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2001, вип. 12.2. – С. 121-125.

5. **Лютий Є.М., Тисовський Л.О., Нахаєв П.П., Ляшеник А.В.** Моделювання руху частинки в фільтрувальному циклоні// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2001, вип. 12.8. – С. 131-137.

6. **Лютий Є.М., Тисовський Л., Кондур О.С., Ляшеник А.В.** До виведення рівняння руху частинки пилу у фільтрувальному циклоні// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2001, вип. 13.2. – С. 241-249.

7. **Шлихтинг Г.** Теория пограничного слоя. Издательство иностранной литературы, Москва, 1956. – 512 с.

УДК 674.047 Инж. В.І. Полоз; проф. В.В. Шостак, д-р техн. наук – УкрДЛТУ

БЕЗВІДМОВНІСТЬ ОБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОГО КОНВЕЄРА ЗАВОДУ "ІНТЕРПЛИТ"

Визначено середнє напрацювання на відмову і параметр потоку відмов у вигляді рівняння регресії, яке представлено поліномом третього степеня. Показники безвідмовності дають змогу оптимізувати тривалості міжремонтного періоду і структуру ремонтного циклу для всього обладнання.

Ключові слова: надійність, безвідмовність, обладнання, деревностружкова плита.

Eng. V.I. Poloz; prof. V.V. Shostak – USUFWT

No-failure operation of the equipment of the principal conveyor of the factory "Interplyt"

It is defined an average time between failures and a failure rate as the equation of a regression which presented by a polynomial of the third extent. Indexes of no-failure operation allow to optimize duration of between-repairs phase and structure of a repair cycle of all equipment.

Keywords: reliability, no-failure operation, the equipment, wood particle plate.

Обладнання для виробництва деревностружкових плит представляє собою комплекс автоматичних ліній об'єднаних в одну систему, яка працює безперервно. Для таких систем надійність є вирішальним показником, який визначає якість продукції і продуктивність обладнання. Дослідженням надійності обладнання для виробництва деревностружкових плит присвячено ряд робіт [1, 2], в яких показано що на роботу основного конвеєра впливає тривалість міжремонтного періоду, вид профілактичних ремонтів і тривалість ремонтного циклу. Однак у цих роботах не визначені показники надійності для обладнання що працює за безпіддонним способом.

Метою наших досліджень було встановити залежність показників надійності від часу оперативної роботи обладнання, що працює за безпіддонним способом. Дослідження проводили на заводі "Інтерплит" Надвірнянського ліскокомбінату протягом п'яти ремонтних циклів. Завод працює у три зміни в безперервному режимі. Зупинку роблять тільки на профілактичні ремонти

(два-три дні кожен місяць). Один раз у рік проводять капітальний ремонт обладнання заводу, зупиняючи його на 20...25 днів.

Дільниця виготовлення стружки заводу "Інтерплит" включає рубальну машину "Раума 8-3000", стружкові верстати "Maier" і ДС-7, стружкові верстати "Palman", газові сушарки "Бізон-80". Сюди входять циклон рубальної машини, транспортери, бункер для тріски, буферний бункер та інше обладнання.

Дільниця формування і пресування плит включає пристрій для приготування і дозування клею, здвоєну формуючу машину, холодний прес безперервної дії для підпресування килима "Бізон", завантажувальну і розвантажувальну етажерки, гарячий прес Р-Р2600 КР/16, формуючий транспортер та інше транспортне і контрольно-регулювальне обладнання.

Дільниця кондиціонування плит включає камеру охолодження плит, форматно-обрізний верстат, шліфувальну машину, установку сортування плит, піднімальні площадки, транспортери, пневмоустановки.

Характерними відмовами сушарки "Бізон-80" були: обривання пасів і ланцюгів привода; спрацювання вальниць (підшипників) збірної шнека; деформація обода барабана; пробивання ізоляції обмотки електродвигуна шлюзового живильника. Для змішувача стружки характерною була поломка лопатей і розривання пасів. Для здвоєної формуючої машини типовими були відмови з-за поломок редуктора, варіатора, і розриву транспортерної стрічки. Для холодного гусеничного преса характерними були: обривання проушин плит і формуючої стрічки преса, ламання штанги підтримуючого ролика, зношення вальниць (підшипників). Типовими відмовами завантажувальної етажерки були обривання валів таблеток, обривання виштовхувального ножа, обривання стрічок таблеток, зношення шестерень і вальниць (підшипників). Для гарячого преса Р-Р 2600 типові відмови: обривання металевих шлангів; обривання нижнього стола, ламання дистанційних планок; зношення клапанів гідропривода; поломки блока керування клапанами; протікання теплоносія.

Потік безперервних відмов обладнання на всіх дільницях спричиняє простої заводу, зниження випуску продукції і вимагає значних витрат на відновлення працездатного стану.

Для визначення показників безвідмовності ми розробили методику збирання даних про відмови обладнання. У форму журналу обліку відмов записували: дату і зміну; назву обладнання і вузла, що відмовив; назву робіт виконаних для усунення відмови; тривалість простоїв у хвиликах; причину відмови; кількість робітників, що працювали і т. ін.

У результаті оброблення статистичних даних для всіх п'яти ремонтних циклів отримали відомості про розподіл відмов для кожного міжремонтного періоду. В табл. 1, як приклад, наведено зведені дані про розподіл відмов протягом третього ремонтного циклу за період з 4.01.2000 р. по 15.02.2001 року.

Для визначення параметра потоку відмов календарний час роботи обладнання за міжремонтний період розбивали на інтервали тривалістю дві-три доби. Від календарного часу віднімали тривалість простоїв і отримували час роботи обладнання на інтервалі.

Табл. 1. Зведені дані про роботу обладнання заводу "Інтерплит" за третій ремонтний цикл

Міжремонт. період	Дата і зміна	Календарна к-сть годин	К-сть відмов	Простій у профілакт. ремонті, год.	Простої з технічних причин, год.	Простої з організ. причин, год.	Відпрацьовано годин
1	4.01.00 (І зм) 4.02.00 (ІІІ зм.)	696	119	24	114,3	53,9	503,8
2	4.02.00 (І) 7.03.00 (ІІ)	760	106	24	155,5	58,2	524,3
3	8.03.00 (ІІІ) 8.04.00 (ІІІ)	135	135	24	131,1	57,0	539,9
4	8.04.00 (І) 7.05.00 (ІІ)	704	100	24	114,5	54,5	511,0
5	8.05.00 (ІІІ) 8.06.00 (ІІ)	704	113	24	114,5	54,5	511,0
6	9.06.00 (ІІІ) 7.07.00 (ІІ)	696	104	24	114,3	53,9	503,8
7	8.07.00 (ІІІ) 5.08.00 (ІІ)	672	100	24	113,8	52,0	482,2
8	6.08.00 (ІІІ) 26.09.00 (І)	1184	85	96	224,35	91,7	771,95
9	26.09.00 (ІІІ) 26.10.00 (І)	736	102	24	115,1	57,0	539,9
10	26.10.00 (ІІ) 22.11.00 (ІІ)	608	89	24	52,5	47,1	484,4
11	23.11.00 (ІІІ) 21.12.00 (ІІІ)	680	96	24	114,0	52,7	489,3
12	21.12.00 (І) 17.01.01 (ІІІ)	600	97	24	42,3	46,5	487,2
13	17.01.01 (І) 15.02.01 (І)	704	81	48	114,5	54,5	535,0
		9496	1327	408	1518,75	733,5	6883,75

У табл. 2, як приклад, наведено розподіл відмов і значення параметра потоку відмов протягом шостого міжремонтного періоду третього ремонтного циклу.

Табл. 2. Розподіл відмов протягом міжремонтного періоду

№ інт.	$t_{\text{кал}}$	$\Delta t_{\text{кал}}$	$n(\Delta t)$	t_p	Δt_p	$t_{\text{тх}}$	$t_{\text{орг}}$	t_o	$\omega(\Delta t)$
1	48	48	4	39,1	39,1	5,3	3,6	9,775	0,1023
2	120	72	12	90,1	51,0	15,2	5,8	4,250	0,2353
3	192	72	14	140,5	50,4	15,4	6,2	3,600	0,2778
4	264	72	11	192,8	52,3	12,3	7,4	4,755	0,2103
5	336	72	9	245,2	52,4	15,2	4,4	5,822	0,1718
6	408	72	9	297,3	52,1	16,3	3,6	5,789	0,1727
7	480	72	11	349,4	52,1	14,2	5,7	4,736	0,2111
8	552	72	12	404,4	55,0	8,8	8,2	4,583	0,2182
9	624	72	12	462,3	57,9	9,3	4,8	4,825	0,2073
10	672	48	10	503,8	41,5	2,3	4,2	4,150	0,2410
	—	672	104	—	503,8	114,3	53,9	—	—

У табл. 2 прийняті позначення: $t_{\text{кал}}$ – календарний час роботи обладнання у год.; $\Delta t_{\text{кал}}$ – календарний час роботи обладнання на інтервалі, год.; $n(\Delta t)$ – кількість відмов на інтервалі; t_p – оперативний час роботи обладнання протягом міжремонтного періоду, год.; Δt_p – оперативний час роботи обладнання на інтервалі, год.; $t_{\text{тх}}$ – простої з технічних причин, год.; $t_{\text{орг}}$ – простої з організаційних причин, год.; t_o – напрацювання на відмову для заводу на інтервалі, год.; $\omega(\Delta t)$ – параметр потоку відмов на інтервалі, 1/год.

Статистичні значення напрацювання на відмову і параметра потоку відмов визначали за формулами

$$t_o = \frac{\Delta t_p}{n(\Delta t)}; \quad \omega(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t_p}. \quad (1)$$

Обробку даних за 60 міжремонтних періодів протягом п'яти ремонтних циклів дала змогу визначити середньостатистичні значення показників надійності обладнання заводу деревностружкових плит за міжремонтний період які наведено у табл. 3.

Обробку даних, наведених у табл. 3, проводили за методом найменших квадратів за розробленою нами програмою.

Табл. 3. Залежність показників надійності обладнання заводу "Інтерплит" від оперативного часу роботи протягом міжремонтного періоду

Інтервал	Оперативний час роботи, год.	Середня кількість відмов, шт.	Середнє напрацюв. на відмову, год.	Середнє квадратичне відхилення	Дисперсія	Коефіцієнт варіації	Параметр потоку відмов
1	38,86	3,68	10,57	3,56	12,69	0,34	0,09
2	92,20	12,31	4,33	1,65	2,72	0,38	0,23
3	145,90	12,34	4,35	1,31	1,72	0,30	0,23
4	202,03	10,64	5,27	1,59	2,52	0,30	0,19
5	259,00	9,00	6,33	1,98	3,93	0,31	0,16
6	314,81	8,78	6,36	1,82	3,30	0,29	0,16
7	370,45	9,84	5,65	1,54	2,37	0,27	0,18
8	424,79	10,68	5,09	1,39	1,93	0,27	0,20
9	473,59	10,54	4,63	1,19	1,41	0,26	0,22
10	513,86	9,59	4,20	1,26	1,59	0,30	0,24
11	544,11	7,75	3,90	1,70	2,90	0,44	0,26

Встановлено, що залежність параметра потоку відмов від часу оперативної роботи у міжремонтному періоді описується рівнянням регресії у вигляді полінома третього степеня

$$\omega(t_p) = a_0 + a_1 \cdot t_p + a_2 \cdot t_p^2 + a_3 \cdot t_p^3, \quad (2)$$

де: $a_0 = 0,1145173$; $a_1 = 1,3099 \cdot 10^{-3}$; $a_2 = -5,9626 \cdot 10^{-6}$; $a_3 = 7,6834 \cdot 10^{-9}$.

Адекватність одержаного рівняння регресії перевіряли за критерієм Пірсона. Розрахункове значення критерію Пірсона $\chi_p^2 = 2,553$. Табличне значення критерію Пірсона $\chi_t^2 = 12,6$ для кількості ступенів вільності $m = 6$ і значимості $q = 0,05$.

На рис. 1 показано графічну залежність параметра потоку відмов від часу оперативної роботи обладнання

Аналіз рівняння регресії показує, що на початку міжремонтного періоду спостерігається ріст параметра потоку відмов. Потім відбувається деякий спад. Але після 300...400 год. оперативної роботи параметр потоку відмов знову зростає. Це пояснюється тим, що на перших годинах роботи обладнання відбувається припрацювання усіх заміненних деталей і відрегульованих вузлів. Після періоду припрацювання кількість відмов стабілізується, але в кінці міжремонтного періоду вона знову зростає, бо проявляються результати деградаційних процесів: втоми, старіння, корозії, зношування і т.ін.

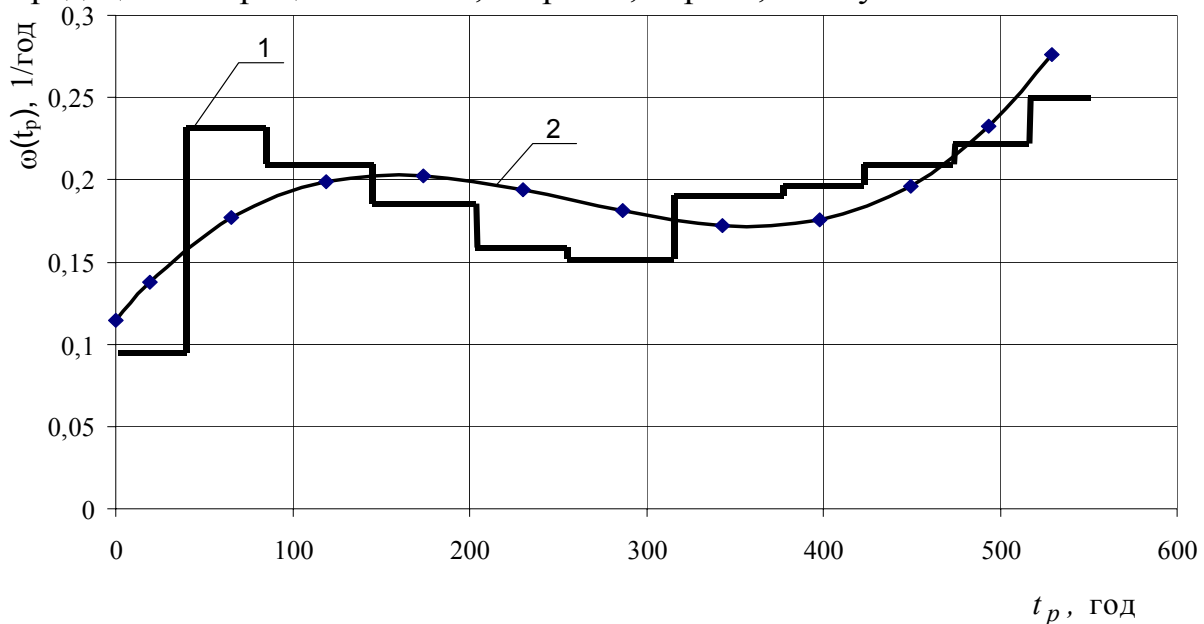


Рис. 1. Залежність параметра потоку відмов від оперативного часу роботи обладнання: 1 – гістограма розподілу параметра потоку відмов; 2 – теоретичні значення параметра потоку відмов

Напрацювання на відмову в будь-який момент міжремонтного періоду можна визначити як величину обернену до параметра потоку відмов.

Кількість відмов за міжремонтний період чисельно дорівнює провідній функції [3], яка визначається

$$\Omega(t_{mp}) = \int_0^{t_{mp}} \omega(t_p) \cdot dt_p, \quad (3)$$

де t_{mp} – тривалість міжремонтного періоду.

Після інтегрування отримаємо

$$\Omega(t_{mp}) = a_0 \cdot t_{mp} + \frac{1}{2} a_1 \cdot t_{mp}^2 + \frac{1}{3} a_2 \cdot t_{mp}^3 + \frac{1}{4} a_3 \cdot t_{mp}^4. \quad (4)$$

Імовірність безвідмовної роботи визначається виходячи з основного рівняння теорії надійності [2]:

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^{t_p} \omega(t_p) dt_p \right]. \quad (5)$$

Висновки

На показники безвідмовності обладнання для виготовлення деревностружкових плит вирішальний вплив має оперативний час роботи обладнання за міжремонтний період.

Основним показником що характеризує надійність обладнання є параметр потоку відмов через який можна визначити всі інші показники. Залежність параметра потоку відмов від часу оперативної роботи обладнання описується рівнянням регресії у вигляді полінома третього степеня.

Отримані результати дають змогу оптимізувати тривалості міжремонтного періоду і обґрунтувати структуру ремонтного циклу обладнання для виробництва деревностружкових плит.

Література

1. Полоз В.І., Шостак В.В. Обладнання для підготовки технологічної стружки як об'єкт надійності// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2003, вип. 13.2. – С. 252-256.

2. Шостак В.В. Монтаж, технічне обслуговування і ремонт деревообробного обладнання: Підручник для ВНЗ. – Львів: УкрДЛТУ, В-во "Ахіл", 2000. – 284 с.

3. Кокс Д., Смит В. Теория восстановления. – М.: Сов. радио, 1967. – 250 с.

УДК 674.093.26.001.5

*Доц. Р.О. Козак, канд. техн. наук;
студ. О.І. Чупило – УкрДЛТУ*

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОСОЧЕННЯ ЛУЩЕНОГО ШПОНУ АНТИПІРЕНОМ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОГНЕСТІЙКОЇ ФАНЕРИ

Визначено оптимальний час просочення шпону антипіреном та витрати антипірену. Встановлено вплив антипірену на міцнісні показники вогнетривкої фанери.

Doc. R.O. Kozak; O.I. Chupilo – USUFWT

Determination of regime parameters of cut veneer impregnation by wood fire-retardant chemical and its influence on strength properties of fireproof plywood

Optimal time of veneer impregnation by fire-retardant and fire-retardant expense is defined. Fire-retardant influence on the strength of fireproof plywood is described.

Вступ

На сучасному етапі перспективи прогресу деревообробки, в основному, пов'язуються з широким застосуванням деревинних композиційних матеріалів із спеціальними властивостями. Особливе місце серед композиційних матеріалів займають фанера і фанерні плити. Вони технологічні і широко застосовуються в меблевому виробництві, будівництві і багатьох інших галузях. Однак негативним фактором, що стримує розширення сфер застосування цих матеріалів, є їх підвищена пожежонебезпечність. Для покращання зовнішнього і внутрішнього видів та, водночас, для захисту будівель підвищеної поверховості, готелів, театрів, дитячих закладів, а також приміщень пасажирських суден та залізничних вагонів необхідний вогнетривкий матеріал, який би мав