

8. Седов Л.И. Механика сплошной среды / Л.И. Седов. – М. : Изд-во "Наука", 1973. – Т. II. – 584 с.

9. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика : учебн. пособ. / М.А. Леонтович. – М. : Изд-во "Наука", 1983. – 416 с.

Поберейко Б.П. Взаимосвязь релаксационно-деформационных, тепло-массообменных и крепостных процессов в высушиваемой древесине

На основе законов механики сплошных сред и термодинамики необратимых процессов синтезирована физико-математическая модель взаимосвязи релаксационно-деформационных и крепостных процессов в гигроскопических композитных материалах. Выведено уравнение тепло-перенесения для деформированного материала и построен технологический критерий локальной прочности.

Pobereyko B.P. Intercommunication of relaxation-deformation, warmly-mass-exchange and processes of durability in the dried out wood

On the basis on mechanics laws of continuous environments and thermodynamics of irreversible processes the physics-mathematics model of intercommunication of relaxation-deformation and processes of durability in hygroscopic composite materials is synthesized. Equalization of heat-transference is defined for the deformed material and the technological criterion of local durability is built.

УДК [674:658.011.54/56]:674.214

Доц. Т.В. Іванишин, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

**СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ БРУСКОВИХ
ЗАГОТОВОК НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ЛІНІЯХ**

Здійснено експериментальні дослідження стохастичного варіювання тривалості технологічних операцій механічного оброблення брускових заготовок віконних і дверних блоків. Застосувавши ерлангову модель розподілу ймовірностей інтервалів випуску продукції, виконано математичне оброблення експериментальних даних та визначено їх статистичні характеристики.

Ключові слова: експериментальні дослідження, стохастичне варіювання, тривалість технологічної операції, заготовка, математичне оброблення, розподіл ймовірностей, інтервал випуску, ерлангова модель, статистичні характеристики.

Актуальність теми. Під час проектування автоматизованих ліній необхідно враховувати закономірності функціонування обладнання, які значною мірою залежать від зовнішніх умов роботи машинних систем [1]. Тобто розроблення раціональних структур ліній та принципів їх експлуатації повинно, насамперед, базуватись на аналізі реального технологічного процесу з урахуванням можливих коливань розмірно-якісних і фізико-хімічних властивостей заготовок, стану інструментів та інших факторів, здатних вплинути на процес виготовлення та параметри готових виробів. Більшість із них не піддається точному контролюванню й регулюванню, що накладає відбиток випадковості на роботу верстатів і зменшує ефективність та якість виготовлення готової продукції [2]. Тому тільки знання реальних статистичних закономірностей розподілу відхилень основних якісних факторів технологічного процесу дає змогу обґрунтувати вибір тієї чи іншої структури автоматизованої лінії.

Мета дослідження. Експериментальне обґрунтування статистичних закономірностей роботи автоматизованих ліній для механічного оброблення віконних і дверних брускових заготовок в умовах стохастичного варіювання тривалості технологічних операцій.

Методика розв'язання задачі. У задачах дослідження операцій під час визначення величини завантаження автоматизованих ліній і місткості міжверстатних нагромаджувачів заготовок, способів резервування обладнання та керування міжопераційними запасами визначальними факторами є інтенсивність потоків предметів оброблення, стаціонарність процесу та дисперсія інтервалів випуску продукції [3]. Тому для досягнення поставленої мети на підставі аналізу теоретичних законів розподілу неперервних випадкових величин і результатів багаторічних наукових досліджень типових процесів лісозаготівлі та деревооброблення прийнято гіпотезу про достовірність опису тривалості операцій механічного оброблення брускових заготовок моделлю Ерланга з функцією розподілу ймовірностей [2, 4]

$$F(t) = p\{\tau < t\} = 1 - e^{-K\mu t} \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(K\mu t)^i}{i!}, \quad (1)$$

де: $p\{\tau < t\}$ – ймовірність того, що тривалість операції τ буде меншою від деякого її значення t ; $\mu = 1/\bar{t}$ – інтенсивність даної операції, де $\bar{t}$ – середнє значення тривалості операції; $K = (\bar{t})^2 / S^2(t)$ – параметр розподілу Ерланга (коефіцієнт стабільності операції), де $S^2(t)$ – величина дисперсії тривалості операції.

Експериментальні дослідження виконували на десяти спеціалізованих деревообробних підприємствах України з масовим, серійним та дрібносерійним виробництвом столярних виробів. Основну увагу приділяли вимірюванню тривалості технологічних операцій на вітчизняному та зарубіжному обладнанні позиційного і прохідного типу, зокрема й на універсальних багатоопераційних агрегатах. Внаслідок було отримано 167 статистичних вибірок тривалості механічного оброблення брускових заготовок вікон спареної (типу ВС) і роз'ємної (типу ВР) конструкцій, вікон зі склопакетами (типу ВОСП) і виготовлених із багатошарового клеєного бруса (типу IV – "євровікно") та щитових і тахлевих (глухих і зашкленних) дверей (типу ДГ і ДО). Для репрезентативності об'єм кожної вибірки становив по $N = 100$ замірів випадкової величини. Усі сформовані експериментальні вибірки оброблено на комп'ютері методами математичної статистики за допомогою розробленої програми, діалогове вікно якої показано на рис. 1.

Для всіх вибірок обчислювали середнє значення $\bar{t}_i$, дисперсію $S^2(t_i)$ та параметр Ерланга K_i інтервалів оброблення брускових заготовок (рис. 2). Відповідність теоретичного розподілу ймовірностей тривалості технологічних операцій її експериментальному розподілу перевіряли за допомогою критерію Пірсона χ^2 та зіставленням густини частот випадкової величини

$p(t) = e^{-K\mu t} \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(K\mu t)^i}{i!}$ і функцій Ерланга (рис. 1). Внаслідок досліджено, що

розрахункове значення критерію згоди χ^2 на всьому проміжку виконаних обчислень не виходило за межі $0.09 \leq \chi^2_{розр.} \leq 7.81$ і для всіх вибірок було меншим за його допустиме табличне значення $\chi^2_{табл.}$ [3].

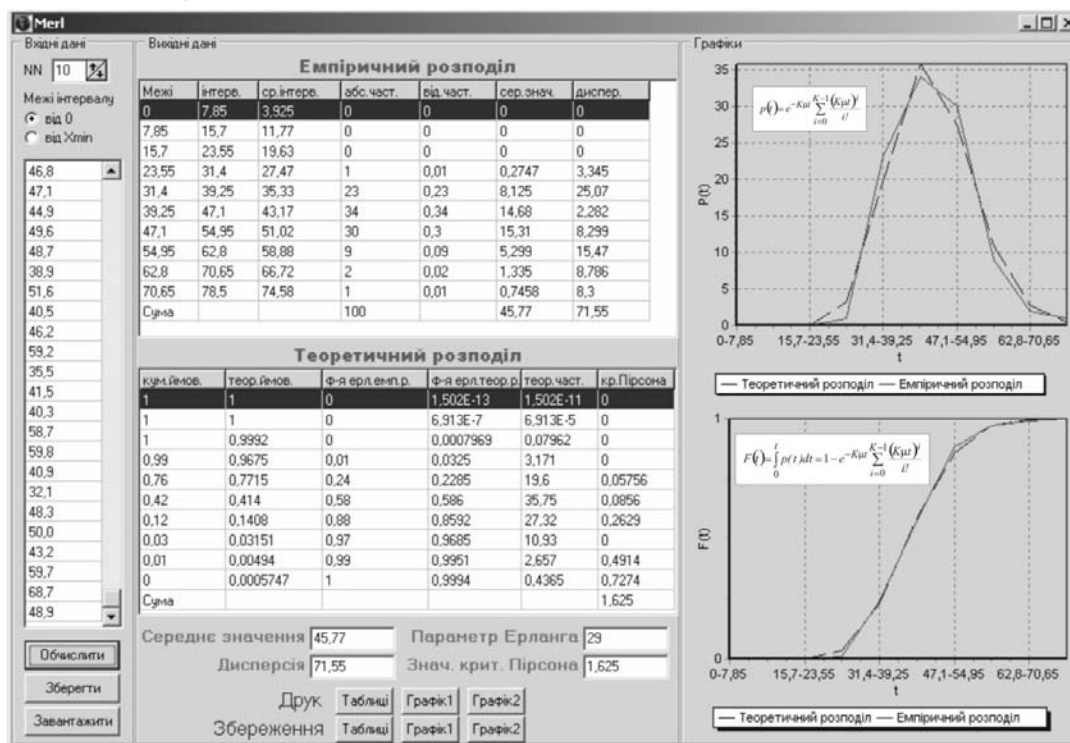


Рис. 1. Діалогове вікно програми для математичного оброблення експериментальних даних

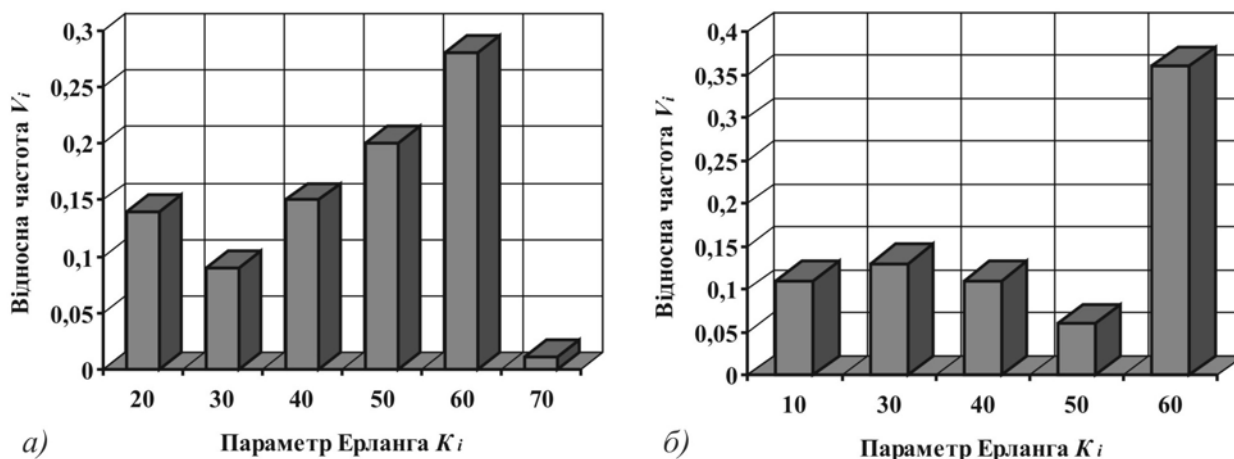


Рис. 2. Розподіл величини параметра Ерланга K_i на операціях механічного оброблення брусків: а – віконних блоків; б – дверних блоків

Узагальнені результати статистичного оброблення експериментальних даних показано в табл.

Висновки. Механічне оброблення брускових заготовок віконних та дверних блоків має закономірності випадкового процесу, в якому відхилення тривалості технологічних операцій описуються ерланговим законом розподілу ймовірностей.

Стабільність технологічних операцій у виробництві вікон і дверей є неоднаковою й змінюється в широких межах (рис. 2).

Табл. Статистичні характеристики механічного оброблення брусків і деревних блоків

№ з/п	Технологічна операція	Марка виробничого обладнання	Параметри розподілу			
			тривалість операції t	дисперсія $S^2(t)$	параметр Ерланга K	критерій Пірсона, χ^2 розр.
Потік виготовлення коробок віконних блоків						
1.	Фугування: – вертикальний брусок; – горизонтальний брусок	СФ6-1, С2Ф4-1 СФ6-1, С2Ф4-1	26,18-55,20	45,11-306,13	7-15	5,99-7,81
			21,81-42,00	29,17-240,74	7-16	5,99-7,81
2.	Стругання брусків	СР6-9, СР8-1	10,33-10,44	3,95-4,05	27	0,73-1,63
3.	Чотирибічне фрезування: – вертикальний брусок; – горизонтальний брусок	C26-2, CPF 180-5, SUPERSET 23 C26-2, CPF 180-5, SUPERSET 23	23,90-39,98	11,39-33,18	44-55	0,09-1,89
			21,80-39,98	9,55-32,80	47-53	0,37-2,99
4.	Нарізання шипів	ШПА-40, ШО15-5, ШД10-8, Ш2ПА-2	23,22-38,03 31,71-35,09	13,66-45,69 17,59-19,27	32-39 52-57	0,78-1,93 1,34-2,07
5.	Нарізання вушок	ШПА-40, ШО15-5 ШД10-8, Ш2ПА-2	23,22-33,96 31,67-36,68	13,66-37,62 17,40-23,62	31-39 57-58	0,73-1,93 1,21-1,91
6.	Вибирання пазів	СВПА-2, СВА-2, ДЦА-3	14,26-45,10	5,89-66,09	31-35	1,07-1,94
Потік виготовлення імпосту віконних блоків						
7.	Фугування заготовок	СФ6-1	47,14-55,20	215,02-306,1	10	0,64-1,44
8.	Чотирибічне фрезування	С25-2, С26-2	23,64-40,82	12,46-33,18	45-50	0,17-1,89
9.	Нарізання шипів	ШПА-40	22,69	11,28	46	0,60
		ШД10-8, Ш2ПА-2	31,69-33,40	17,59-19,87	51-57	0,50-1,34
Потік виготовлення віконних стулок						
10.	Фугування: – вертикальний брусок; – горизонтальний брусок	C2Ф4-1, C25-2, СФ6-1 C2Ф4-1, C25-2, СФ6-1	19,03-57,44	20,11-326,44	10-27	0,30-1,11
			12,53-57,44	13,34-326,44	10-24	1,90-2,21
11.	Чотирибічне стругання: – вертикальний брусок; – горизонтальний брусок	СР6-9, СР8-1 УМІМАТ 23Е СР6-9, СР8-1 УМІМАТ 23Е	8,86-4,68 41,24	0,85-3,17 30,52	25 56	1,62-2,13 5,17
			8,86-4,68 39,60	0,85-3,17 26,77	25 59	1,62-2,13 3,81
12.	Профільне фрезування: – вертикальний брусок; – горизонтальний брусок	C26-2, CPF 180-5, SUPERSET 23, UNIVAR 10 WEINIG	15,18-29,95 10,27-20,46	4,11-20,85 2,07-8,47	43-56 41-59	1,42-3,60 0,22-3,18
13.	Нарізання шипів	ШО16-4, ШО15-5 ШД10-8, ШД10-3	19,29-19,60 19,29-36,03	13,97-13,97 7,62-23,29	14-27 51-56	0,18-1,03 0,82-1,74
		T-100-B KOCH	14,48	3,65	57	5,78

14.	Нарізаня вушок	ШО16-4 ШД10-8, ШД15-3	21,83 25,33-35,52	24,73 11,79-23,41	19 54-55	0,28 0,82-2,65
15.	Двобічне шліфування	FPA 8 HEESEMANN	25,65	11,47	57	0,67
16.	Фрезування, торцювання, нарізаня шипів і вушок	MULTIFLEX	37,21-146,7	37,94-561,34	36-38	1,09-2,07
17.	Вибирання пазів	CVS 50, ДЦА-3, СВПА-2	17,52-33,41	9,03-37,15	30-34	0,57-1,37
Потік зрошування брусків за довжиною						
18.	Торцювання, фрезування, шипів і нанесення клею	Прес RESTOMAT 26	73,87	327,33	17	1,40
19.	Склеювання за довжиною	Прес RESTOMAT 26	316,65	211523,4	5	2,45
20.	Чотирибічне фрезування	SUPERSET 23	65,15	61,67	69	0,54
Потік виготовлення дверних полотен						
21.	Фугування: – фільонки; – вертикальні бруски; – горизонтальні бруски	СФ6-1, С2Ф4-1 СФ6-1, С2Ф4-1 СФ6-1, С2Ф4-1	19,66 32,33 20,09	61,09 56,59 22,25	6 18 18	1,01 1,92 2,75
22.	Чотирибічне фрезування: – вертикальні бруски; – горизонтальні бруски	С25-4, С26-2, CPF180-5, SUPERSET 23	23,88-33,26 10,52-16,10	10,61-18,84 2,0-5,02	54-59 52-58	0,11-5,35 0,19-1,07
23.	Стругання: – фільонки; – вертикальні бруски; – горизонтальні бруски	CP15-6Г, CP6-9, C2P8-2, C25-4, CP6-9	6,4 17,14-30,78 15,43	1,58 7,73-10,07 8,90	26 27-52 27	1,46 0,38-1,01 0,86
24.	Нарізаня шипів	ШД15-3, ШД10-8 ШО15-5, ШО16-1	39,17-49,11 28,52-28,65	22,20-46,32 27,70-36,09	50-52 23-32	0,60-1,50 0,78-4,75
25.	Розкрій фанери, ДВП	Ц-6, S1-320, PF 400M	23,67-35,07	50,80-212,19	6-12	0,78-3,66
26.	Вибирання пазів і гнізд	СВПГ-1, СВП-2 СВА-2	13,91-33,27 7,49	10,0-103,92 3,15	11-19 18	0,5-2,65 1,32
Потік виготовлення деталей дверних коробок						
27.	Фугування: – бруски вертикальні; – бруски горизонтальні	СФ6-1, С2Ф4-1 СФ6-1, С2Ф4-1	30,63-81,08 19,07-36,36	51,48-929,44 16,20-133,12	7-19 10-22	0,77-2,72 0,93-2,36
28.	Стругання у розмір	CP6-9	15,41-22,52	17,47-38,85	27-29	1,43-2,29
29.	Чотирибічне фрезування: – бруски вертикальні; – бруски горизонтальні	С16-4А, С26-2, CPF180-5, SUPERSET 23	23,95-44,68 12,41-15,04	9,95-36,99 2,74-15,04	50-58 49-56	1,54-3,13 0,81-1,90
30.	Нарізаня вушок	ШО15-5, ШД10-8, ШД15-3	23,64-37,41	13,88-44,13	31-52	0,67-1,42
31.	Нарізаня шипів	ШО15-5, ШД10-8, ШД15-3	27,24-41,88	18,45-51,44	34-54	0,65-1,91

Найвищі значення коефіцієнта Ерланга К мають високопродуктивні автоматизовані верстати прохідного типу, а велика величина дисперсії тривалості технологічних операцій відповідає позиційному обладнанню з низькою механізацією та автоматизацією процесу оброблення заготовок, де вплив випадкових збурювальних факторів є найбільш відчутним.

Отримані усереднені статистичні характеристики процесу оброблення брусків заготовок і їх порівняння з імовірнісними розрахунковими відхиленнями дають змогу визначати оптимальний час роботи верстатів у лінії та здійснювати відповідне її підналагодження, що може бути основою автоматизації всього технологічного процесу, оскільки по-новому ставить питання вибору технічних засобів для його контролювання та керування.

Література

1. Гегешидзе Г.А. Автоматизация дискретного производства / Г.А. Гегешидзе. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1972. – 287 с.
2. Дудюк Д.Л. Моделирование и оптимизация технологических потоков лесопереработки. – У 2-х част : монографія / Д.Л. Дудюк, В.М. Максимів, Л.Я. Сорока / за ред. Д.Л. Дудюка. – Київ-Львів : Вид-во ІСДО, 1995. – 416 с.
3. Пижурич А.А. Исследование процессов деревообработки : учебник [для студ. лесотехн. ВНЗ] / А.А. Пижурич, М.С. Розенблит. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1984. – 232 с.
4. Іванишин Т.В. До питання формалізації процесу виготовлення столярно-будівельних виробів / Т.В. Іванишин, Л.Я. Сорока, Р.Я. Курка // Проблеми автоматизації лісопромислового комплексу : зб. матер. допов. Міжнар. наук.-прак. конф., 27-28 травня 1996 р. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 1996. – С. 53-55.

Иванишин Т.В. Статистические характеристики технологических операций механической обработки брусовых заготовок на автоматизированных линиях

Проведены экспериментальные исследования стохастического варьирования длительности технологических операций механической обработки брусовых заготовок оконных и дверных блоков. Применив эрланговую модель распределения вероятностей интервалов выпуска продукции, выполнена математическая обработка экспериментальных данных и определены их статистические характеристики.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, стохастическое варьирование, длительность технологической операции, заготовка, математическая обработка, распределение вероятностей, интервал выпуска, эрланговая модель, статистические характеристики.

Ivanyshyn T.V. Statistical parameters of technological operations of squared beams purveyances mechanical machining on automated lines

Experimental investigations of stochastic change of technological operations duration of mechanical machining of squared beams purveyances of window and door blocks are held. The Erlang's model of probability distribution is applied to describe the intervals of product manufacture. The mathematical machining of experimental data is made and statistical characteristics of technological operations are determined.

Keywords: experimental investigations, stochastic change, the duration of technological operation, purveyance, mathematical machining, the distribution of probabilities, machining time interval, Erlang's model, statistical parameters.