

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Оршовський Роман Ярославович



**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПОТОКІВ ФАНЕРНОГО ВИРОВНИЦТВА**

Спеціальність: 05.05.07 -

Машина і технологія лісовиробничого комплексу

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 1997

630
- 2 - АВ.36.648
Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українському
університеті

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00760850 (Q)

Науковий керівник - Заслужений діяч
України, доктор технічних наук,
професор Дудюк Дмитро Лук'янович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Вілей Петро Васильович

кандидат технічних наук
Личатин Іван Михайлович

Провідна установа - Український науково-дослідний
інститут механічної обробки
деревини, м.Київ.

Захист дисертації відбудеться "18" лютого 1997 р. о. 14³⁰
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.03.01 при
Українському державному лісотехнічному університеті за
адресою: 290057, Львів-57, вул. ген.Чупринки, 103

З дисертацією можна ознайомитись в науковій бібліотеці
УкрДЛТУ за адресою: Львів-57, вул. ген.Чупринки, 101.

Автореферат розісланий "20" зрчдня 1996 р

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Б. В. Прокопович

Загальна характеристика роботи

Актуальність. В сучасних умовах розбудови незалежної Української Держави велике значення має організація виробництва з раціональним використанням виробничого устаткування. Підприємства для виготовлення фанери потребують переобладнання новими верстатами, механізмами, високоефективними системами машин і технологічними лініями, які здатні забезпечити комплексну механізацію і автоматизацію виробництва та ефективне використання ресурсів. Важливим питанням при широкому впровадженні нових технологічних ліній, потоків є необхідність їх структурно-параметричної оптимізації.

Створення високоефективних автоматизованих ліній і потоків для фанерного виробництва - складне і трудомістке завдання. Воно включає розробку самого технологічного потоку, вибір структурного варіанту лінії, вибір основних визначальних параметрів основного і допоміжного обладнання, розробки його конструкції, систем керування, виготовлення, випробування. Вибір ефективних проектних рішень для автоматизованих ліній, їх структурно-параметричних варіантів базується на розрахунках продуктивності та економічної ефективності. У фанерному виробництві проявляється збурювальний вплив стохастичних факторів, тому існуючі методи розрахунків продуктивності та економічної ефективності ліній з урахуванням впливу випадкових факторів розроблені ще недостатньо.

Досвід експлуатації автоматизованих ліній показує, що досить часто на практиці не вдається досягнути їх розрахункової продуктивності. Особливо відчутне зменшення фактичної продуктивності верстатів з нестабільними технологічними операціями при об'єднанні їх у лінії. Нестабільний характер тривалості циклів приводить до виникнення накладених втрат робочого часу, які досягають до 30% загального часу роботи. А це веде до зменшення показників ефективності виробництва фанери. Сучасні методики та методи не дозволяють повною мірою врахувати особливості фанерного виробництва.

Тому дослідження основних закономірностей процесів роботи обладнання для виготовлення фанери, створення моделей і рекомендацій, які дозволяють покращити техніко-економічні показники роботи ліній, скоротити і виключити дорогі натуральні експерименти, збільшити продуктивність праці на стадії дослідних і проектних робіт, визначають актуальність роботи.

Мета роботи. Метою роботи є інтенсифікація процесів функціонування технологічних потоків фанерного виробництва за рахунок підвищення їх продуктивності та зменшення витрат робочого часу, а також розробка методики розрахунку і вибору оптимальної структури

та параметрів автоматизованих ліній виготовлення фанери.

Завдання наукових досліджень:

1. Провести експериментальні дослідження основних закономірностей функціонування обладнання для виготовлення фанери і визначити їх основні статистичні характеристики, з врахуванням специфіки виробництва.

2. Обґрунтувати вибір математичного апарату і розробити математичну модель процесу функціонування автоматизованих ліній і технологічних потоків виготовлення фанери з врахуванням ймовірного характеру процесів виробництва.

3. Створити алгоритми і програми для імітаційного моделювання і дослідження процесів роботи технологічних ліній виготовлення фанери.

4. На базі математичної та імітаційної моделей розробити методику оцінки ефективності роботи деревообробного устаткування у фанерному виробництві. Проаналізувати існуючі варіанти компонування обладнання в технологічних лініях виготовлення фанери з метою визначення неритмічності їх функціонування.

5. Розробити практичні рекомендації щодо оптимізації структури і параметрів автоматизованих ліній і використання деревообробного устаткування для виготовлення фанери.

Основні положення, які виносяться на захист:

1. Математична модель процесу виготовлення фанери як багатозапазна багатоканальна система масового обслуговування змішаного агрегування з ерланговим розподілом тривалості циклу.

2. Вдосконалена методика математичного опису та імітаційного моделювання автоматизованих ліній.

3. Алгоритми і програми імітаційного моделювання процесів функціонування автоматизованих ліній на різних ділянках фанерного виробництва, які враховують специфіку кожної операції.

4. Методика оцінки ефективності та оптимізації параметрів автоматизованих ліній у фанерному виробництві.

5. Рекомендації щодо підвищення ефективності використання технологічних ліній виготовлення фанери.

Наукова новизна. Вперше проведені експериментальні та теоретичні дослідження процесів функціонування устаткування фанерного виробництва з врахуванням збурювальної дії стохастичних факторів на процес роботи технологічного обладнання. Доведено, що багатозапазна багатоканальна ерлангівська система масового обслуговування змішаного агрегування є достовірною математичною моделлю автоматизованих ліній і устаткування для виготовлення фанери. Розроблені алгоритми і програми для імітаційного моделювання і дослідження

процесів функціонування автоматизованих ліній фанерного виробництва. Запропонована нова методика оптимізації структури та параметрів автоматизованих ліній виготовлення фанери і розроблені рекомендації для їх раціонального використання в конкретних виробничих умовах.

Методи дослідження. В роботі використані методи теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії масового обслуговування, імітаційного моделювання. Експериментальні дослідження проводились на діючих технологічних потоках і лініях та в лабораторних умовах на імітаційних моделях.

Практична цінність. Розроблена методика дозволяє оцінити ефективність використання основного і допоміжного устаткування та розрахувати оптимальні параметри і структуру ліній для виготовлення фанери в конкретних виробничих умовах. Отримані результати оптимізаційних обчислень і практичні рекомендації щодо побудови автоматизованих ліній фанерного виробництва використовуються для проектування технологічних потоків. Розроблені алгоритми, програми рекомендуються для створення автоматизованих систем наукових досліджень (АСНД) і проектування (САПР), використовуються в науково-дослідних і проектних установах та навчальних закладах.

Реалізація роботи. Методика оцінки ефективності функціонування автоматизованих ліній фанерного виробництва і відповідне програмне забезпечення впроваджені у Львівському проектно-конструкторському технологічному інституті "Лідеревпрому" та у відкритому акціонерному товаристві "Український проектно-конструкторський технологічний інститут лісової промисловості" Мінпрому України (м. Івано-Франківськ) для розробки проектів автоматизованих ліній виготовлення фанери. Результати експериментальних досліджень основних закономірностей функціонування технологічних потоків виготовлення фанери ввійшли складовою частиною до звіту про закінчену науково-дослідну роботу ДБ-23-10-92 "Розробка методологічних основ оптимізації параметрів та компонування автоматизованих ліній" (Львів - 1994 р.). Алгоритми і програми імітаційного моделювання автоматизованих ліній виготовлення фанери використовуються в навчальному процесі УкрДЛТУ при вивченні дисциплін "САПР в галузі", "Основи моделювання і оптимізації" та в наукових дослідженнях.

Апробація роботи. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми автоматизації лісопромислового комплексу" присвяченій 70-річчю від дня народження професора Ватіна І.В. (Львів, 27-28 травня 1996 р.), на міжкафедральному семінарі молодих науковців "Автоматизація лісовиробничого комплексу"

присвяченому 50-річчю УкрДЛТУ (Львів, 1995), на науково-практичній конференції співробітників і аспірантів присвяченій 30-річчю кафедри "Автоматизації виробничих процесів, електротехніки і теплотехніки" УкрДЛТУ (Львів, 1994), на щорічних науково-технічних конференціях Українського державного лісотехнічного університету в 1992 - 1996 роках. Результати досліджень основних закономірностей процесів роботи обладнання для виготовлення фанери ввійшли в монографію "Імітаційне моделювання гнучких автоматизованих ліній у лісовиробничому комплексі" (Київ.: ІСДО, 1996 - 140 с. ISBN 5-7763-2415-7).

Публікації. Основні результати досліджень опубліковані в 7 наукових роботах.

Структура та об'єм дисертації. Основна частина викладена на 130 сторінках і включає вступ, п'ять розділів, висновки, список літератури. Загальний об'єм складає 278 сторінок друківаного тексту, в тому числі 31 рисунок, 19 таблиць, список літератури із 136 найменувань, додатки, оформлені на 104 сторінках.

Зміст та основні результати роботи

У вступі дана загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність теми, визначена мета досліджень, показана наукова новизна і практична цінність роботи, а також сформульовані основні положення, які виносяться на захист.

У першому розділі розглядаються особливості технологічного процесу і обладнання, яке використовується для виготовлення фанери. Дослідження показали, що проектування технологічних ліній виготовлення фанери проводилось без достатнього обґрунтування з точки зору більш повного, раціонального використання обладнання. Розрахунок режимів, параметрів і структури ліній, рівень завантаження обладнання проводився без урахування особливостей функціонування устаткування, взаємного впливу верстатів у процесі роботи. В результаті взаємного впливу верстатів і допоміжних механізмів у лініях значно знижується їх фактична продуктивність. Величина наладених втрат робочого часу верстатів і втрати продуктивності на теперішній час визначаються орієнтовно для технологічних ліній фанерного виробництва. Накладені втрати робочого часу складають більше половини всіх втрат робочого часу обладнання для виготовлення фанери. Це вказує на значущість старанного аналізу причин втрат робочого часу і продуктивності обладнання, з метою їх локалізації та усунення. Зниження накладених втрат робочого часу досягають раціональним компонуванням обладнання в автоматичні та автоматизовані лінії.

Основи теорії автоматичних ліній для машинобудування заклали дослідження А.П.Владзієвського, Е.Кенігсберга, П.Палма, С.Фінча та інших вчених в кінці сорокових років. Перші роботи в лісовиробничому комплексі по об'єднанню верстатів у лінії належать І.В.Ватину, Д.Л.Дудюку, Г.А.Вільке, Д.К.Воеводи, Н.В.Маковському. Окремі результати у розробці експериментально-теоретичної бази для аналізу, розрахунку і проектування автоматизованих ліній та технологічних потоків у лісовій та деревообробній галузях отримали: В.В.Амаліцький, Д.П.Вегей, А.Е.Грубе, Ф.Н.Манжос, В.М.Максимів, В.С.Петровський, А.А.Піжурін, А.К.Редькін, Ю.А.Садовський, Л.Я.Сорока, В.Р.Фергін та інші. На основі аналізу апріорної інформації сформульовано задачі дослідження.

В другому розділі проведено експериментальні дослідження і математичний опис функціонування обладнання виготовлення фанери. Вивчення особливостей технологічного процесу виготовлення фанери показало, що на нього постійно діють різні стохастичні фактори. Тому тривалості основних та допоміжних операцій фанерного виробництва є величинами випадковими. Вони залежать від таких випадкових впливів: розмірно-якісні характеристики сировини, надійність устаткування, організація процесу (рис.1)

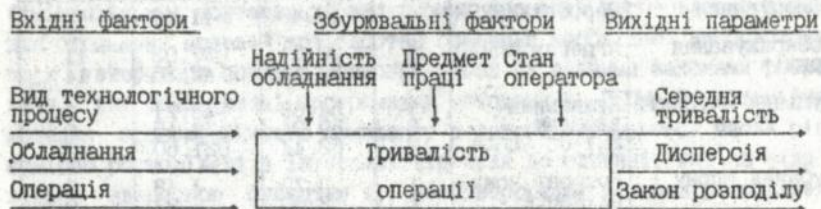


Рис.1. Формалізація тривалості операції.

Для визначення статистичних характеристик параметрів функціонування обладнання проведено експериментальні дослідження на Львівському фанерному комбінаті, Київському експериментальному комбінаті плитних матеріалів та Оржівському деревообробному комбінаті. Наші дослідження показують, що тривалості операцій виготовлення фанери з достатньою достовірністю описуються розподілом Ерланга:

$$F(t) = p(\tau < t) = 1 - e^{-k\mu t} \cdot \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(k\mu t)^i}{i!}; \quad (1)$$

де, $F(t)$ - функція розподілу інтервалів часу; $p(\tau < t)$ - ймовірність того, що тривалість операції буде меншою деякого значення t ; μ - інтенсивність операції; k - параметр Ерланга.

Загальний порядок експериментального вивчення процесу функціонування технологічних ліній і окремих деревообробних верстатів у фанерному виробництві був таким:

1. На підприємствах проводились спостереження за тривалістю основних і допоміжних операцій обладнання для виготовлення фанери.

2. Дані, отримані в результаті хронометражних спостережень, оброблялись за допомогою персональних комп'ютерів методами математичної статистики. Для кожної операції визначались її основні статистичні параметри: середнє значення тривалості, дисперсія, коефіцієнт (стабільності операцій) Ерланга.

3. Перевірялась відповідність прийнятих математичних моделей тривалості операцій до їх дослідних даних за допомогою критерія згоди χ^2 Пірсона.

Окремі результати експериментальних досліджень тривалостей операцій фанерного виробництва наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати досліджень технологічних операцій.

Операція	Використане обладнання	Кількість виборок	Середнє значення тривалості операцій, с	Дисперсія σ^2	Параметр Ерланга k
Обкорування	Верстат VK32SX	1	12.40	11.18	14
Розкривання кряжів	Агрегат ФП220	1	20.51	37.03	11
		2	24.14	42.36	14
Лущіння чураків	Лущильний верстат 2HV-66 Raute	1	54.68	948.71	3
		2	59.34	1178.15	3
		3	53.44	821.60	3
Рубання шпону	Роторні ножиці Raute	1	3.79	4.43	3
		2	3.60	5.37	2
Сушіння шпону (вхідний потік по 1-му листу)	Сушарка СРГ25М	1	9.43	21.84	4
		2	8.80	13.50	6
Нанесення клею на шпон	Клеєві вальці KB18-1	1	9.70	28.03	3
		2	8.53	25.36	3
Складання пакетів/по10 пакетів 5 шарової фанери	Складальний стіл (вручну 3 робітники)	1	82.39	190.25	36
		2	85.25	192.93	38
		3	78.23	185.62	33
Холодне підпресування пакетів	Прес 1VPHE75 Raute	1	511.52	6018.44	43
		2	564.96	6017.86	53
Склеювання пакетів у пресі	Прес Д4038 Прес 32VPH	1	675.95	10588.83	43
		2	688.24	7756.95	61
Обрізування фанери пачкою /по 7 листів 9 шарової	Двопилний верстат ЦК-2	1	46.54	49.17	44
		2	45.92	52.99	40
Шліфування	Raumet Repola	1	14.17	3.87	52

Характер взаємодії деревообробних верстатів, обладнання в потоках заготовок, допоміжними механізмами і між собою відповідає процесу функціонування системи масового обслуговування (СМО). Технологічний процес фанерного виробництва має свої характерні особливості. Це - поділ заготовок на певних стадіях на частини (Наприклад: на стадії рубання неперервна стрічка шпону перетворюється на окремі листи, під час розкрязування відбувається поділ краївів на чураки), а також поєднання на деяких операціях певної кількості заготовок в одну складальну одиницю (формування пакетів з певної кількості листів шпону). Ці особливості не дають змоги розглядати в цілому процес як одноканальну багатофазну систему масового обслуговування. Лише на ділянках технологічного процесу, починаючи з складування фанерної сировини до операції лущіння, а також із склеювання фанери до її складування, ми розглядаємо процес як одноканальну багатофазну систему масового обслуговування з ерланговим розподілом тривалості циклу. Значення параметра k значно більше одиниці тому для дослідження даного виробництва неможливо використати математичний апарат теорії масового обслуговування (ТМО). На даний час найбільш придатним математичним апаратом для дослідження потоків фанерного виробництва є імітаційне моделювання.

У *третьому розділі* розроблена методика математичного опису та імітаційного моделювання автоматизованих ліній. При статистичному (імітаційному) моделюванні випадкових процесів виготовлення фанери для отримання моделей тривалостей операцій необхідно використовувати генератори псевдовипадкових чисел за певними законами розподілу, які реалізовані програмними методами на ПЕОМ. В імітаційних моделях лісовиробничого комплексу в давачі генеруються числа рівномірно розподілені в інтервалі від нуля до одиниці, які за відповідною зворотною функцією (2) перетворюються у числа розподілені за ерланговим розподілом.

$$t_{e1} = - \frac{1}{k\mu} \cdot \ln(r_1 \cdot r_2 \dots r_k); \quad (2)$$

де r_1 - псевдовипадкове рівномірно-розподілене в інтервалі (0,1) число; μ - інтенсивність операції; k - параметр Ерланга.

В результаті отримуємо масиви чисел, які будуть більшими від нуля ($t_{e1} > 0$). Ці числа у попередніх методиках побудови імітаційних моделей приймалися за тривалості робочих циклів (обслуговування). Але на практиці, переважно, мають місце випадки, коли тривалість обслуговування не може бути меншою деякої конструктивно заданої величини T_{min} . Ця величина T_{min} може бути як чітко фіксованою, так і визначеною наближено на основі вибірових даних у ре-

зультаті спостережень за роботою обладнання. Наприклад як це робиться при оцінці статистичних даних

$$T_{\min} = X_{\min}(n) - \frac{X_{\max}(n) - X_{\min}(n)}{n - 1} \quad (3)$$

де $X_{\min}(n), X_{\max}(n)$ - мінімальне та максимальне вибіркові значення.

Тобто кожний верстат має якусь мінімальну тривалість T_{\min} , яка задається конструктивними особливостями будови верстату і технологією обробки. Використання для генерування псевдовипадкових чисел давача на основі виразу (2) призводять до отримання чисел, які просто більші нуля $t_{ei} > 0$. Серед цих чисел будуть і такі, що менші від мінімального значення T_{\min} . Нашими дослідженнями встановлено, що кількість таких чисел становить 5...10 % у створених давачами генерування масивах, а відносна величина відхилення від мінімального для окремих чисел досягає 60 %. Отже, при такому підході, вже на рівні генерування псевдовипадкових чисел проявляється неточність імітаційної моделі.

Розв'язати дану задачу можна двома шляхами. Перший, коли у давачі генерування псевдовипадкових чисел створюється фільтр, який не пропускає числа менші заданої величини T_{\min} , тобто буде відкидати нереальні значення. У результаті отримаємо просіяні масиви значень тривалостей операцій, які точніше відображатимуть реальні процеси. Але при цьому дещо збільшиться середнє значення вибірки.

Інший шлях передбачає для усунення неточностей як на стадії опису, так і в процесі імітаційного моделювання, тривалість циклу подавати як суму постійної величини T_{\min} і згенерованої псевдовипадкової ϵ_1 . Де ϵ_1 - це відхилення від постійної величини T_{\min} , зумовлені різними випадковими факторами.

$$X_1 = T_{\min} + \epsilon_1 \quad (4)$$

Для опису випадкової величини ϵ_1 за експоненційним розподілом з інтенсивністю λ' використовується вираз

$$F(t) = \begin{cases} 0 & \text{для } t < T_{\min}, \\ \lambda' \cdot e^{-\lambda'(t-T_{\min})} & \text{для } t > T_{\min}, \end{cases} \quad (5)$$

де $\lambda = \lambda' / (1 + T_{\min} \cdot \lambda')$ - інтенсивність операції.

Для опису ерланговим розподілом вираз матиме вигляд

$$F(t) = \begin{cases} 0 & \text{для } t < T_{\min} \\ e^{-k\lambda't} \frac{k-1}{T-1} \frac{(k\lambda't)^{T-1}}{T-1} & \end{cases} \quad (6)$$

Такий підхід в описі та моделюванні відкидає можливість отримання значень менших, ніж T_{\min} (реально можливих), а також покращить ефективність математичного та програмного забезпечення за рахунок зменшення кількості ітерацій для генерування k -кратних композицій. Значення параметра k обчислюється через співвідношення $k = t^2/D$. Але, якщо ми оперуємо величиною ξ_1 , то

$$k' = \frac{(\bar{t} - T_{\min})^2}{D} \quad (7)$$

Оскільки значення дисперсії D не змінюється, то значення k' буде значно менше k , що зменшить тривалість обчислень при генеруванні. Тобто, якщо ми оперуємо величиною ξ_1 , то кількість ітерацій значно зменшиться, тому що генеруватимемо не значення тривалостей циклу, а тільки відхилення, що суттєво зменшить тривалість обчислень при генеруванні псевдовипадкових чисел. У зв'язку з чим були розроблені алгоритми і програми для генерування тривалостей операцій за ерланговим законом розподілу, які відкидають можливість отримання малоімовірних значень тривалостей операцій.

Основна перевага нової методики математичного опису тривалості технологічних операцій полягає в тому, що створені імітаційні моделі відтворюють функціонування реальних процесів виробництва з більшою (на 1.5%) точністю. Проведення імітаційних досліджень за вдосконаленою методикою потребує значно менше (в два і більше разів) витрат машинного часу, що підвищує економічність моделей.

В четвертому розділі розроблені імітаційні моделі процесів функціонування ліній фанерного виробництва. Для моделювання ділянок технологічного процесу виготовлення фанери використані середні значення тривалостей операцій та коефіцієнти Ерланга, які отримані експериментально. Ймовірнісний характер роботи устаткування, особливості технології, велика кількість факторів зумовили для дослідження і вивчення процесу роботи технологічних потоків вибір такого математичного апарату, як імітаційне моделювання. Завдання імітаційного моделювання процесів виготовлення фанери полягає у визначенні залежностей кількісних показників ефективності функціонування технологічних потоків від компонування і параметрів елементів ліній. Одним з основних показників якості функціонування ліній є коефіцієнт використання робочого часу обладнання ρ , який оцінює взаємний вплив верстатів у лінії, величину накладених втрат робочого часу, а також визначає фактичну продуктивність кожного верстату окремо і продуктивність лінії в цілому.

У зв'язку з тим, що фанерне виробництво - складна виробнича система з великою кількістю операцій і варіантів компонування лі-

ний (з певними особливостями), то пропонується розглядати його частинами і створювати імітаційні моделі поетапно для конкретних ділянок і операцій. Загальна модель для всього процесу виготовлення фанери була б занадто громіздкою.

Порівнюючи різні принципи побудови імітаційних моделей для відтворення і дослідження процесів виготовлення фанери встановили:

1. Імітаційне моделювання процесів роботи автоматизованих ліній на ділянках технологічного процесу виготовлення фанери доцільно проводити за принципом зміни стану фаз системи, а на операціях поділу та з'єднання предметів праці за принципом послідовного проведення замовлень.

2. Враховуючи особливості функціонування обладнання на певних ділянках фанерного виробництва, розроблено алгоритми і програми для імітаційного моделювання. У кожній моделі, яка відтворює той чи інший реальний процес передбачені параметри, що враховують специфіку кожного процесу.

2.1. Розроблена імітаційна модель для відтворення процесів функціонування обладнання на ділянці першого етапу фанерного виробництва за принципом зміни стану фаз системи.

2.2. Розроблені алгоритми і програми для статистичного моделювання процесу виготовлення шпону за принципом послідовного проведення замовлення.

2.3. Розроблені алгоритми і програми для моделювання процесу склеювання фанери на базі багатоповерхового пресу з використанням операції підпресування пакетів фанери.

2.4. Розроблена програма для імітаційного моделювання роботи обладнання на останньому етапі обробки фанери.

Для моделювання прийнята наступна формальна схема роботи технологічного обладнання. Чергова заготовка, яка надходить до верстату, потрапляє на нього лише за умови відсутності заготовок перед ним і закінченні обробки попередньої заготовки. В іншому разі заготовка потрапляє в зону накопичення перед верстатом і чекає своєї черги. Технологічне обладнання, закінчивши обробку однієї заготовки, починає обробку іншої, якщо вона знаходиться в зоні накопичення. За відсутністю заготовок перед верстатом він простояє до моменту надходження чергової заготовки. В результаті імітації обробки значної кількості заготовок накопичуємо необхідну кількість інформації і обчислюємо коефіцієнт використання робочого часу верстатів.

Початковими даними при імітаційному моделюванні вважаються наступні параметри: кількість верстатів у лінії; середні значення тривалості робочих циклів верстатів; параметри стабільності опера-

цій; місткість міжопераційних запасів; кількість заготовок, що обробляються.

При функціонуванні системи фіксуються: загальний час роботи кожного верстату, чистий час роботи, час простою обладнання і визначаються коефіцієнти використання робочого часу обладнання.

Враховуючи особливості певних дільниць фанерного виробництва, алгоритми імітаційних моделей дещо відрізняються. На стадіях процесу виготовлення фанери де є поділ заготовок на частини вводиться параметр, який враховує кратність поділу заготовок. Цей параметр може задаватись, якщо відомо на скільки частин відбувається поділ заготовки. Наприклад, на операції розкряжування кряжів на чураки, можна задавати наперед кількість різів залежно від довжини кряжів. Якщо кратність поділу KZ на частини випадкова, наприклад, під час рубання неперервної стрічки шпону на форматні листи, то її можна згенерувати на основі статистичних досліджень, залежно від розмірно-якісних характеристик сировини.

На операціях, де відбувається з'єднання певної кількості заготовок в одну складальну одиницю (формування пакетів з певної кількості листів шпону), вводимо параметр, який враховує це поєднання. Цей параметр можна задавати керуючись наперед визначеною кількістю заготовок у складальній одиниці (кількість шарів фанери). На деяких дільницях, де відбувається операція сортування, спостерігається розрідження потоків заготовок. Зокрема, на останньому етапі технологічного процесу виготовлення фанери після операцій обрізування та сортування фанери відбуваєься розрідження вхідного потоку заготовок на операцію шліфування. Ця особливість також враховується в імітаційному моделюванні.

Застосування такого математичного апарату дозволяє формалізувати процес проектування технологічних ліній виготовлення фанери, використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для автоматизованого проектування (САПР).

У п'ятому розділі проведено оптимізаційні обчислення та розроблені рекомендації щодо покращення структури дільниць технологічного процесу виготовлення фанери. Керуваними факторами для дослідження функціонування автоматизованих ліній прийнято структуру і параметри ліній. А за критерій оптимізації питомі приведені витрати (ПВ), які є узагальненим показником економічної ефективності виробничих систем, в тому числі фанерного виробництва.

$$\text{ПВ} = C_{\text{пит}} + e \cdot K_{\text{пит}} \rightarrow \min, \quad (8)$$

де $C_{\text{пит}}$ - собівартість одиниці продукції;

e - галузевий нормативний коефіцієнт;

$K_{\text{пит}}$ - питомі капіталовкладення.

Питомі приведені витрати - це складний показник, який враховує експлуатаційні витрати і капіталовкладення. Залежно від того, що є визначальним фактором при складанні статей витрат для конкретного підприємства у певних умовах його розвитку і функціонування, питомі приведені витрати на одиницю продукції можуть змінюватися. Наприклад, на сьогодні визначальними факторами, які впливають на ПШВ є витрати на електроенергію і паливо, витрати на допоміжні і мастильні матеріали, витрати на сировину. В умовах нормального функціонування підприємств одним із важливих визначальних факторів впливу на ПШВ є витрати на основну і допоміжну зарплату робітників. Отже питомі приведені витрати є одним із універсальних показників, який дозволяє оцінювати ефективність функціонування автоматизованих ліній.

У попередніх роботах при розрахунку питомих приведених витрат не враховувались витрати на сировину і матеріали. Тобто за критерій оптимізації при визначенні оптимальної структури і параметрів ліній було взято приведені витрати виконання робіт (послуг) на випуск одиниці продукції. У фанерному виробництві це не оправдано, тому що вибір структурного варіанту лінії значно впливає на втрати сировини і матеріалів у відходи. Тому у нашій роботі критерієм оцінки ефективності функціонування ліній є повні питомі приведені витрати із врахуванням витрат на сировину і матеріали та втрат у відходи. Важливим завданням, яке виникає при аналізі процесів виготовлення фанери, є визначення економії сировини і матеріалів залежно від технології і вибору структурного варіанту компонування ліній.

Для розрахунку норм витрат сировини на виготовлення фанери і визначення втрат по операціях існують методики розрахунку. Але вплив структури лінії на втрати сировини детально не досліджувалося. Як показують дослідження вибір оптимального структурного варіанту компонування обладнання у технологічні лінії дозволяє знизити втрати сировини у відходи, а також дає змогу комплексного використання відходів. Наприклад, на фанерних підприємствах досить часто опускають операцію обкорування на обкорувальних верстатах і обкорування виконують на лущильних верстатах. Але операція обкорування на призначеному для цього обладнанні є технологічно необхідною. Тому що це дає змогу комплексно використовувати відходи. Значно підвищується якість шпону, внаслідок меншого затуплення лущильних ножів (у корі можливі металеві та інші вclusions), підвищується продуктивність дорогого лущильного обладнання через зменшення гризавості обробки на ньому. Шпон доцільно сушити у стрічці, а не окремими листами. При сушінні шпону у стрічці зменшення втрат сировини

вини досягається зменшенням припусків на всихання шпону (на 2-3%). Операція холодного підпресування сприяє рівномірному розподіленню шару клею між поверхнями листів шпону, що дає можливість зменшити брак фанери (на 2%). А ця операція також часто опускають на виробництві і після операцій нанесення клею на шпон та складання пакетів зразу виконують склеювання фанери. На дільниці обробки фанери виникає цікава задача визначення кількості фанери (залежно від її сорту), для якої доцільно виконувати операцію її шліфування. Постає також питання: як виконувати обрізування фанери? Обрізування фанери пачкою призводить до зростання продуктивності обладнання, а індивідуальний спосіб обрізування зменшує переобріз фанери. Подібне завдання виникає на операції розкрязування кряжів на чураки. Груповий метод розкрязування, який здійснюється за однією заздалегідь встановленою схемою є високопродуктивним, а індивідуальний метод дає змогу враховувати розмірно-якісні характеристики сировини. Тому ми виконували дослідження на імітаційних моделях різних варіантів компонування обладнання у лінії для розв'язання поставлених завдань.

За допомогою персональних комп'ютерів на створених імітаційних моделях ми досліджували функціонування обладнання з урахуванням випадкових факторів на дільниці *першого етапу виготовлення фанери*, на дільниці *виготовлення шпону*, а також на дільниці *склеювання фанери*. Розглядалися різні можливі варіанти технологічного процесу. Визначались оптимальні параметри і структура автоматизованих ліній на дільницях фанерного виробництва. Оптимізацію структури і параметрів ліній здійснювали за допомогою методу покоординатного пошуку Гауса-Зайделя, який відноситься до експериментальних методів оптимізації.

Початковим даними для моделювання виділено: питомі приведені витрати по обладнанню, питомі приведені витрати по накопичувачам, тривалість та стабільність операцій. Керуваними факторами для дослідження ефективності функціонування ліній прийнято кількість верстатів по фазах X1, X2, X3 (табл.2), місткості накопичувачів M1, M2. Вихідні параметри: питомі приведені витрати виконання робіт на дільниці Z0, повні питомі приведені витрати з урахування витрат на сировину, матеріали та втрат у відходи ZP (критерій оптимізації) і продуктивність дільниці PF.

Дослідивши один з варіантів компонування обладнання, визначили таку оптимальну структуру дільниці (рис.2): один обкорувальний верстат ОК-63, один розкрязувальний агрегат ФП20, чотири лущильних верстати 2НВ-66 RAUTE. Між операціями достатньо використовувати накопичувачі місткістю: M1-2 кряжі між першою і другою фазами; M2-4 чураки - між другою і третьою фазами.

Таблиця 2. Результати імітаційного моделювання.

N екс пер	Вхідні фактори					Вихідні параметри		
	X1	M1	X2	M2	X3	PF	Z0	ZP
34	1	2	1	0	4	0.0645	0.1662	3.8726
35	1	2	1	2	4	0.0692	0.1583	3.8647
36	1	2	1	4	4	0.0723	0.1548	3.8612
37	1	2	1	6	4	0.0730	0.1567	3.8631
38	1	2	1	8	4	0.0729	0.1603	3.8667
39	1	2	1	10	4	0.0729	0.1636	3.8700
40	1	2	1	12	4	0.0726	0.1675	3.8739
41	1	2	1	14	4	0.0723	0.1714	3.8778
42	1	2	1	16	4	0.0727	0.1739	3.8803
43	1	2	1	18	4	0.0735	0.1753	3.8817
44	1	2	1	20	4	0.0727	0.1805	3.8869

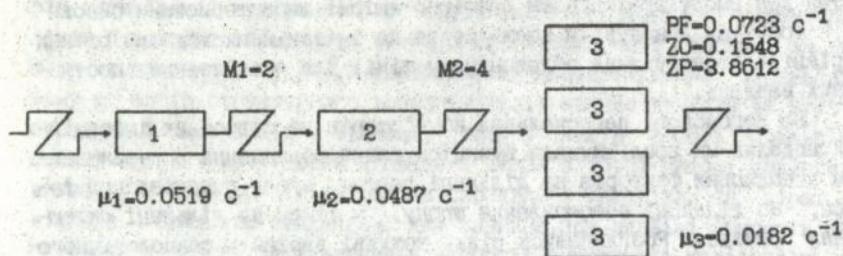
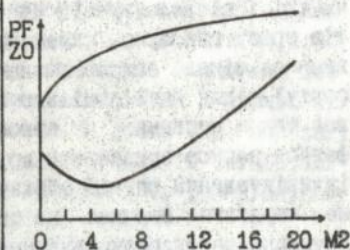


Рис.2. Оптимальна структура дільниці:

обкорування → розкрязування → лущіння.

- 1 - обкорувальний верстат ОК-63, 2 - розкрязувальний агрегат ФП220, 3 - лущильний верстат 2HV-66 RAUTE.

Фактична продуктивність такої лінії: циклова - PF= 0.0723 c⁻¹, змінна - P_{зм}=PF·T_{зм}·K_в=0.0723·8·3600·0.85=1769 чураків/зміну. Питомі приведені витрати виконання робіт по лінії на випуск одиниці продукції дорівнюють Z0=0.1548 гр.одиниць/чурак, повні питомі приведені витрати по лінії з урахуванням вартості сировини, матеріалів і втрат у відходи складають ZP=3.8612 гр.одиниць/чурак.

За допомогою розробленої імітаційної моделі досліджувався також процес роботи обладнання на дільниці обробки фанери. У висліді статистичного моделювання отримані залежності коефіцієнтів використання робочого часу верстатів (ρ₁- для першого, ρ₂- для другого) від частки розрідження потоку RS на операцію шліфування (рис.3).

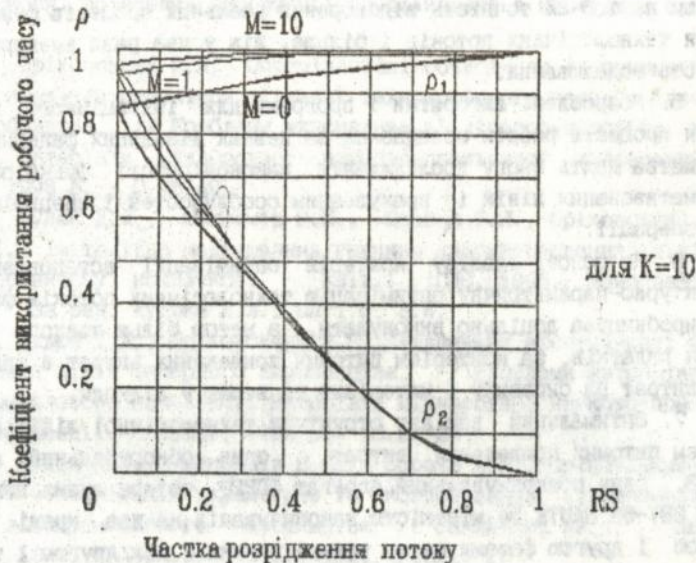


Рис.3. Залежність коефіцієнтів використання робочого часу верстатів від частки розрідження вхідного потоку на 2-й верстат при різних місткостях накопичувача

Основні результати та висновки

1. Аналіз результатів експериментальних і теоретичних досліджень показує, що процес виготовлення фанери постійно піддається збурювальній дії цілої низки стохастичних факторів.

2. Тривалість технологічних операцій фанерного виробництва та їх розсіювання варіює в значних межах і з достатньою достовірністю описується розподілом Ерланга з параметром $1 < K \leq 60$. Середні значення тривалостей операцій залежать від типу обладнання, розмірно-якісних характеристик заготовок, рівня механізації та автоматизації допоміжних робіт.

3. Достовірною математичною моделлю процесу виготовлення фанери в цілому є багатофазна багатоканальна система масового обслуговування з ерланговим розподілом інтервалів випуску.

4. Запропонована нами методика математичного опису тривалості технологічних операцій та імітаційного моделювання, дозволяє пок-

рашити на 1.5-2% точність відтворення реальних процесів функціонування технологічних потоків і більше, ніж у два рази зменшити тривалість моделювання.

5. Розроблені алгоритми і програми для імітаційного моделювання процесів роботи обладнання на певних ділянках фанерного виробництва дають змогу досліджувати закономірності функціонування автоматизованих ліній із врахуванням особливостей і специфіки кожної операції.

6. На основі аналізу критерія оптимізації встановлено, що структурно-параметричну оптимізацію технологічних потоків фанерного виробництва доцільно виконувати, з метою більш повного врахування видатків, за критерієм питомих приведених витрат з урахуванням витрат на сировину і матеріали та втрат у відходи.

7. Оптимальний варіант структури технологічної лінії за критерієм питомих приведених витрат: один обкорувальний верстат ОК-63, один розкривальний агрегат ФП220, чотири лучильних верстати 2НУ-66 РАУТЕ із місткістю накопичувачів на два кряжі - між першою і другою фазами та на чотири чураки - між другою і третьою фазами.

8. Підтверджено доцільність використовувати варіант технологічного потоку, який передбачає сушіння шпону у стрічці та доведено необхідність виконання операції холодного підпресування.

9. Збільшення місткості міжопераційних запасів внаслідок високої стабільності деяких технологічних операцій та суттєвої різниці в продуктивностях незначно впливає на коефіцієнт використання робочого часу. Тому функції накопичувачів міжопераційних запасів можуть виконувати самі транспортні пристрої.

10. Підвищення стабільності технологічних операцій дає тим більший ефект (за критеріями питомих приведених витрат і продуктивності лінії), чим ближче до центру лінії вони розташовані. Ефективність міжопераційних запасів теж зростає при їх розташуванні поблизу середини лінії та між верстатами з низькою стабільністю роботи. За таких умов коефіцієнт використання робочого часу обладнання та фактична продуктивність лінії зростають до 15-20 %, залежно від кількості верстатів у лінії, місткості міжопераційних запасів та стабільності операцій.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних працях:

1. Оріховський Р.Я. Оптимізаційні обчислення та рекомендації щодо покращення структури ділянки технологічного процесу фанерного виробництва. // Проблеми автоматизації лісопромислового комплексу: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. - Львів, 1996 р. - С.46-49.

2. Дудюк Д.Л., Максимів В.М., Сорока Л.Я., Оріховський Р.Я. та інші. Імітаційне моделювання гнучких автоматизованих ліній у лісовиробничому комплексі. - Київ.: ІСДО, 1996. Монографія - 140 с.: За ред. Дудюка Д.Л.: пп.1.5, 3.4.

3. Дудюк Д.Л., Оріховський Р.Я. Підвищення ефективності функціонування ліній фанерного виробництва. // Проблеми автоматизації лісопромислового комплексу: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. - Львів, 1996 р. - С.22-23.

4. Дудюк Д.Л., Максимів В.М., Сорока Л.Я., Оріховський Р.Я. та інші. Оптимізація параметрів та конструювання автоматизованих ліній лісопромислового виробництва // Заключний звіт. - Львів, 1995, - 53 с. N Держ.реєстрації 1824. Розділ 2.

5. Оріховський Р.Я., Дудюк Д.Л., Максимів В.М. Моделювання ділянки лінії фанерного виробництва.//Науковий вісник. Ювілейний випуск до 50-річчя УкрДЛТУ. Вип.3.2, - Львів, УкрДЛТУ, 1995, - С.101-103.

6. Оріховський Р.Я., Дудюк Д.Л., Максимів В.М. Про деякі результати математичного опису тривалості технологічних операцій фанерного виробництва // Науковий вісник. Проблеми деревообробного виробництва. Вип.2. - Львів, УкрДЛТУ, 1994 - С.98-100.

7. Оріховський Р.Я., Дудюк Д.Л., Максимів В.М. Експериментальні дослідження та статистична обробка тривалості технологічних операцій фанерного виробництва // Український ліс. Вип.4. - Львів, УкрДЛТУ, 1994. - С.24.

Roman Ya. ORIKHOVSKY. The Intensification of Work of the Plywood Production Lines.

Dissertation for a scientific degree of a Candidate of technical sciences in Engineering speciality 05.05.07 - Machines and technology of forestry and industrial complex.-Ukrainian State University Of Forestry And Wood Technology, Lviv, 1996.

Manuscript.

SUMMARY

This manuscript, the essence of which has been reflected in 7 scientific works and which contains theoretical and experimental research of the work of woodworking equipment for plywood production, the structure and parameters optimization of automated lines and flow-production, have been defended. Mathematical models for description of operation durations in the plywood production, simulators for research mechanical processing, algorithms and program complexes have been developed. The recommendations for design enterprises, which makes possible to increase efficiency of project works and automated flow-production exploitation in the plywood production have been proposed.

ОРИХОВСКИЙ Р.Я. Интенсификация работы технологических потоков фанерного производства.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.07 - машины и технология лесопроизводственного комплекса. - Украинский государственный лесотехнический университет, Львов, 1996.

Рукопись.

Аннотация

Диссертация, сущность которой отображена в 7 научных работах, содержит теоретические и экспериментальные исследования процессов функционирования деревообрабатывающего оборудования производства фанеры, вопросы оптимизации структуры и параметров автоматизированных линий и потоков. Разработаны математические модели продолжительности операций фанерного производства, имитационные модели процессов функционирования линий изготовления фанеры, алгоритмы и программные комплексы. Предложены рекомендации проектно-конструкторским организациям, которые позволяют повысить эффективность проектирования и эксплуатации автоматизированных потоков в производстве фанеры.

Ключові слова: автоматизовані лінії, фанерне виробництво, потоки замовлень, система масового обслуговування, узагальнена модель Ерланга, імітаційне моделювання, підвищення ефективності функціонування обладнання, параметри і структура ліній фанерного виробництва.

Підп. до друку 19,11,96 Формат
Умовн. друк. арк. Обл. вид. арк.

Папір
Зам. № 396

Друк офсетний
Тираж 100

Віддруковано у виробничо-печіграфічному відділі Льв. ЦНТЕІ

441113

AB 36.648