

нами для проведення лабораторних досліджень термообробки ДСП (рис.). Укладка взірців робилася таким чином, щоб між ними у вертикальній площині штабелю створювалися поздовжні прямокутні канали. Взірці плити вкладаються на платформі форми. Вибір розміру поздовжніх каналів продиктований умовами ефективності теплообміну між нагрітим повітрям і матеріалом взірців ДСП. У різних експериментах температура повітря і тривалість його циркуляції через канали штабелю вибирались строго заданих параметрів. Температурний режим нагріву повітря підтримувався автоматично.

Конструкція лабораторної гартувальної камери періодичної дії в ескізі показана на рис. Щоб глибше зрозуміти методологію проведення лабораторних досліджень термічної обробки ДСП у цій статті зупинимося на конструкції гартувальної камери, яка може у майбутньому стати прообразом гартувальної камери для її використання в умовах виробництва ДСП.

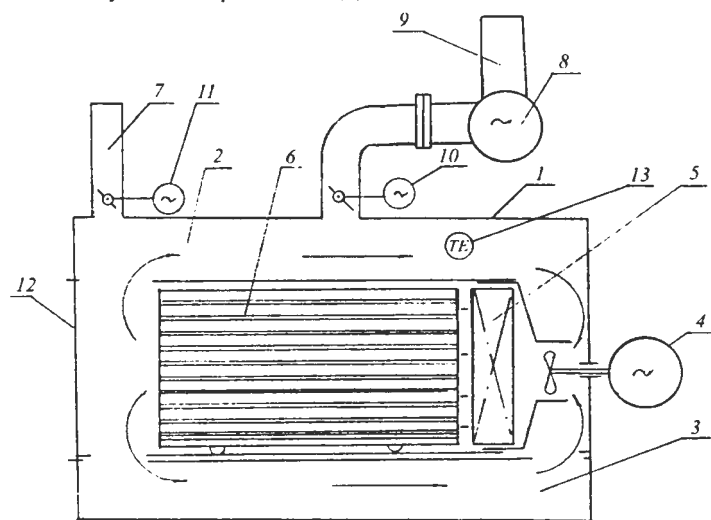


Рис. Принципова схема гартувальної камери

Конструктивно лабораторна гартувальна камера періодичної дії складається з таких вузлів: 1 – огородження (стіни і стелі); 2, 3 – верхній і нижній зворотні канали для безперервної циркуляції повітря; 4 – електропривод осьового вентилятора; 5 – електрокалорифер; 6 – штабель плит, укладених на платформу і розміщених в основному (робочому) каналі гартувальної камери; 7 – канал для природної витяжки газоповітряної суміші з робочої внутрішньої зони камери у навколишнє середовище; 8 – вентилятор примусової витяжки газоповітряної суміші із середини камери за її межі; 9 – витяжний канал; 10 – шибер у вигляді заслінки з електроприводом для автоматичного регулювання кількісного об'єму витягу газоповітряної суміші із камери; 11 – шибер у вигляді заслінки з електроприводом для ручного регулювання витягу кількісного об'єму газоповітряної суміші із камери;

12 – двері камери; 13 – прилад для контролю температури газоповітряної суміші у камері і автоматичного керування її параметрами.

Принцип роботи лабораторної камери періодичної дії здійснюється таким чином. Після завантаження її штабелем деревостружкових плит і закриття дверей (12), подається напруга живлення електрокалорифера (5) (електрокалорифер є джерелом тепла Q). Для подачі тепла у штабель нагрітим повітрям, необхідно включити вентилятор (4), який заставляє повітря безперервно циркулювати у камері. Повітря, пройшовши штабель (6) зворотними каналами (2, 3), повертається на вхід вентилятора (4), який спрямовує його знову у калорифер (5) для поповнення запасом тепла. Пройшовши калорифер, повітря знову направляється у штабель (6). Процес циркуляції повторюється безперервно протягом роботи лабораторної установки.

Необхідно відзначити, що не все тепло Q , створене електрокалорифером, витрачається на нагрів взірців ДСП. Тут існують витрати, які можуть бути враховані рівнянням теплового балансу лабораторної камери, а саме:

$$Q_{\text{ел.кал}} = Q_{\text{наг.пл}} - Q_{\text{витрат}}, \quad (1)$$

де: $Q_{\text{ел.кал}}$ – тепло, яке виробляє калорифер; $Q_{\text{наг.пл}}$ – тепло, яке затрачається на термічну обробку взірців ДСП; $Q_{\text{витрат}}$ – тепло, яке витрачається, тобто, некорисне тепло.

Тепло, яке витрачається на термічну обробку взірців ДСП, прийнято називати корисним теплом, виробленим електрокалорифером лабораторної камери періодичної дії.

Втрати тепла цієї конструкції лабораторної камери можна описати таким рівнянням:

$$Q_{\text{витрат}} = Q_7 + Q_9 + Q_{\text{огор}}, \quad (2)$$

де: Q_7 – втрати тепла через витяжний клапан (7); Q_9 – втрати тепла через витяжний канал (9); $Q_{\text{огор}}$ – втрати тепла через огорожу лабораторної камери.

Втрати тепла (Q_9) можна було б уникнути, тобто не передбачувати у конструкції гартувальної камери примусовий витяжний канал (9) з витяжним вентилятором (8). Але така конструкція камери передбачена технологічними вимогами термічної обробки ДСП, а саме, тому, що на термічну обробку ДСП впливають такі фактори як вологість нагрітого повітря, його насичення агресивними і леткими речовинами. Дана камера, на наш погляд, може бути прообразом камери виробничого взірця, тому її конструкція повинна бути саме такою.

Висновок

Проведені нами дослідження термічної обробки ДСП показали, що термооброблені плити за такими параметрами як вологість, твердість, біостійкість, вміст вільних формальдегідів та іншими характеристиками і параметрами, мають значно вищі показники, ніж плити, які термічно не оброблені.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РОЗПОДІЛУ ТОВЩИНИ ДЕРЕВОСТРУЖКОВОЇ ПЛИТИ

Визначено теоретичний розподіл для товщини деревостружкової плити з метою коректного використання цієї величини у процесі подальшого моделювання.

Doc. O. Kiyko – USUFWT

Thickness distribution authentication of particle board

Defined theoretical distribution for thickness of particle board with view of correct use of this size in process of following modeling.

У технологічному процесі виготовлення виробів з деревини, шліфування застосовують з метою забезпечення розміру за товщиною та зменшення висоти мікронерівностей.

Значні відхилення від номінального розміру за товщиною унеможливають використання плитних деревних матеріалів для виготовлення меблевих виробів, а збільшена висота мікронерівностей оброблюваної поверхні призводить до істотного погіршення зовнішнього вигляду виробів з деревини і деревних матеріалів. Тому складовою практично кожного технологічного процесу виготовлення виробів з деревини і деревних матеріалів є операції обробки у розмір за товщиною (калібрування) та зменшення висоти нерівностей оброблюваної поверхні (зачистки).

Як правило, у випадку забезпечення розміру за товщиною, обробка шліфуванням стосується плитних деревних матеріалів: деревостружкових плит (ДСП), плит середньої щільності (MDF), плит з орієнтованим розміщенням стружки (OSB), фанери та інших, оскільки для масивної деревини з більшою техніко-економічною ефективністю мета досягається за допомогою операції фрезерування. Для плитних деревних матеріалів цей процес називають калібруванням-шліфуванням, оскільки окрім обробки у розмір за товщиною, одночасно забезпечується потрібна висота мікронерівностей (за даними Б.М. Буглая [1], величина кінематичних нерівностей на вже личкованій поверхні може досягати 2/3 величини кінематичних нерівностей не личкованої поверхні).

Різнотовщинність деревних плит спричинена неоднорідністю стружкової фракції, нерівномірністю розподілу зв'язуючого матеріалу, реологічними властивостями плити та іншими факторами.

Однією з найбільш важливих характеристик із вхідних параметрів, що характеризують основні показники процесу калібрування-шліфування ДСП є початкова товщина плит (товщина після пресування і технологічної витримки, перед калібруванням).

Оскільки товщина ДСП залежить від багатьох факторів, про які ми говорили вище, то у процесі виготовлення саме товщина ДСП буде приймати різні значення. Таким чином, цю величину можна характеризувати як випадкову.

Завдання дослідження – встановлення виду розподілу випадкової величини (товщини ДСП H_i) з метою отримання можливості коректного використання цієї величини у процесі побудови математичної моделі процесу калібрування-шліфування ДСП.

Експериментальні дослідження проводились на СП "Інтерплит" (м. Надвірна, Україна). У процесі досліджень вимірювалась товщина кожної деревостружкової плити, як середнє чотирьох замірів, що проводились за визначеною стандартом схемою. Отримана вибіркова сукупність об'ємом $N=1600$.

Вибраний об'єм вибірки дозволяє зробити висновок про забезпечення репрезентативності. Товщина ДСП, як величина випадкова, описується характеристиками положення, характеристиками розсіювання і законами розподілу. Результати статистичної обробки зведені у табл. 3 (стовпець 3).

У процесі виконання наступного етапу дослідження виникає питання, чи для розробки математичної моделі використовувати безпосередньо емпіричні дані чи потрібно скористатись одним із теоретичних розподілів. Згідно з [2], на користь використання теоретичного розподілу свідчать такі чинники:

- використання "сирих" емпіричних даних передбачає моделювання тільки минулого. Дані, які отримані раніше, відображають поведінку системи на час збору даних. У випадку використання цих даних для моделювання необхідно зробити припущення про те, що основна форма розподілу ймовірностей залишається незмінною у часі і що особливості даного розподілу, які відносяться до визначеного періоду часу, будуть повторюватись у майбутньому;
- використання теоретичного розподілу у більшості випадків дає кращі результати з точки зору затрат машинного (ЕОМ) часу;
- наявність теоретичного розподілу передбачає можливість зміни параметрів генератора випадкових чисел, коли необхідно перевірити чутливість моделі або "програти" на ній різні можливі ситуації.

Виходячи з вище викладеного, наступним етапом дослідження була перевірка на узгодженість існуючих емпіричних даних з одним із відомих теоретичних розподілів (нормальний (Гауса), Ерланга, рівномірний, біноміальний, Пуассона, логарифмічний нормальний та інші).

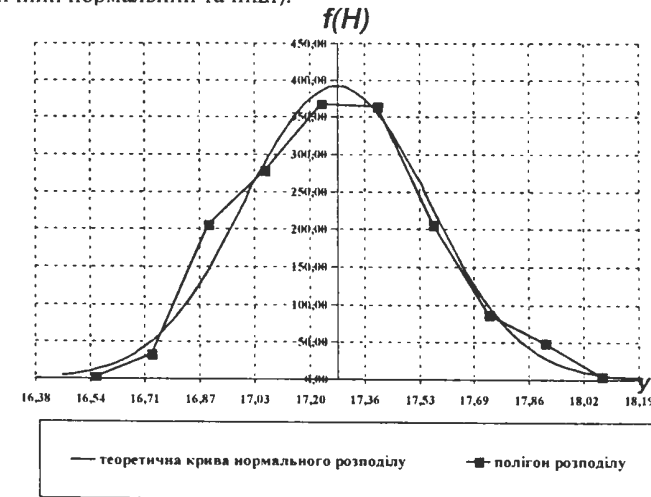


Рис. 1. Полігон розподілу та крива нормального розподілу товщини ДСП

Аналізуючи полігон розподілу (рис. 1), побудований на основі статистичного аналізу існуючих емпіричних даних (табл. 3), не важко прийти до висновку

про те, що графічно існуючі полігони близькі саме до теоретичної кривої нормального (гаусового) розподілу.

Гіпотезу про те, що вихідна величина підпорядковується закону нормального розподілу можна перевірити різними способами. Найбільш розповсюдженим є застосування критерію асиметрії A , ексцесу E і χ^2 Пірсона. Останній є найбільш жорстким.

Результати перевірки статистичної гіпотези про відповідність існуючого емпіричного розподілу нормальному зведені у табл. 1.

Як видно з даних табл. 1, у всіх трьох випадках приймається статистична гіпотеза про нормальність розподілу за параметрами асиметрії та ексцесу, оскільки відношення значення цих параметрів до відповідних середньоквадратичних відхилень не перевищують 3.

У випадку більш жорсткої перевірки за критерієм згоди χ^2 статистична гіпотеза про відповідність існуючого розподілу теоретичному нормальному не приймається.

Оскільки параметри асиметрії та ексцесу характеризують тільки визначені геометричні відхилення від теоретичної кривої нормального розподілу (гострокінечність, пологість, степінь несиметричності розподілу відносно середнього значення), то логічно припустити, що виконання умови для числового значення відношення величини цих параметрів до їх середньоквадратичних відхилень не дає достатньо обґрунтованих підстав для прийняття гіпотези про математично-ймовірнісну ідентичність емпіричного і теоретичного розподілів.

Табл. 1. Результати перевірки статистичної гіпотези про відповідність емпіричного розподілу теоретичному нормальному

Найменування параметрів	Позначення	Значення
Показник асиметрії	A	0,0342
Показник ексцесу	E	0,2031
Середньоквадратичне відхилення асиметрії ексцесу	σ_A	0,0611
	σ_E	0,1221
Відношення показника до відхилення асиметрії ексцесу	$\frac{A}{\sigma_A}$	0,5588
	$\frac{E}{\sigma_E}$	1,6639
Гіпотеза про нормальність розподілу за критеріями асиметрії та ексцесу		приймається
Розрахункове значення Пірсона	$\chi^2_{розр}$	33,9658
Рівень значущості	q	0,01
Число ступенів волі	f	3
Табличне значення Пірсона	$\chi^2_{табл}$	11,3449
Гіпотеза про нормальність розподілу за критерієм χ^2		не приймається

Існує декілька можливих напрямів продовження досліджень у нашому випадку:

- використати для перевірки статистичної гіпотези окрім критерію Пірсона інші, наприклад: Колмогорова-Смірнова або Крамера-фон Мізеса;

- підпорядкувати для ідентифікації пилу теоретичні розподіли, про які говорили вище,
- проаналізувати отримані емпіричні дані на предмет виключання з наступною заміною грубих промахів.

Найбільш ефективним напрямом видається третій, оскільки:

- згідно з [2], переваги використанню критерію Колмогорова-Смірнова надаються у випадку, коли об'єм вибірки знаходиться у інтервалі $99N \pm 0$. Критерій Крамера-фон Мізеса рекомендується використовувати за умови ще меншого числа спостережень – $N10$. Натомість, коли об'єм вибірки великий ($N \geq 100$), перевага надається використанню критерію χ^2 . Перевірка відповідності результатів спостережень за критеріями Колмогорова-Смірнова і Крамера-фон Мізеса нормальному розподілу для нашого випадку не дала позитивних результатів;
- згідно з [3], використання гаусового розподілу для ідентифікації реального можливе за умови, коли значення випадкової величини формується під дією великої кількості взаємно незалежних випадкових чинників, причому сила впливу кожного окремого фактору мала і не може переважати інші, а характер впливу визначається, як адитивний (дія фактору на випадкову величину а призводить до появи величини $a+\Delta$, де випадковий залишок Δ відносно невеликий за величиною та рівномірний за знаком). Таким чином, логічним є висновок про продовження роботи з нормальним розподілом, позаяк існує не тільки геометрична відповідність між полігоном і теоретичною кривою розподілів, але й математична схожість механізму формування випадкової величини – товщини ДСП після пресування і технологічної витримки.

Для виявлення грубих промахів серед результатів спостережень використовували t-критерій Стюдента.

Результати перевірки гіпотези про відповідність нормальному розподілу після виконання процедури видалення грубих промахів представлені у табл. 2.

Табл. 2. Результати перевірки статистичної гіпотези про відповідність емпіричного розподілу теоретичному нормальному після видалення грубих промахів

Найменування параметрів	Позначення	Значення
Показник асиметрії	A	0,0438
Показник ексцесу	E	0,1702
Середньоквадратичне відхилення асиметрії ексцесу	σ_A	0,0611
	σ_E	0,1221
Відношення показника до відхилення асиметрії ексцесу	A/σ_A	0,7158
	E/σ_E	1,3948
Гіпотеза про нормальність розподілу за критеріями асиметрії та ексцесу		приймається
Розрахункове значення Пірсона	$\chi^2_{розр}$	8,1063
Рівень значущості	q	0,05
Число ступенів волі	f	4
Табличне значення Пірсона	$\chi^2_{табл}$	9,4877
Гіпотеза про нормальність розподілу за критерієм χ^2		приймається

У результаті перевірки сумнівних елементів (такими у вибірці об'ємом $N=1600$ виявилось два елементи: найбільший – 18,325 та найменший – 16,475) та

наступного їх відкидання у якості промахів прийнята гіпотеза про відповідність наявного емпіричного розподілу нормальному, причому імовірність прийняття гіпотези $p = 0,95$ (табл. 2).

Порівняння статистичних характеристик вибірки до і після видалення грубих промахів вказують на незначні відхилення, що підтверджує достовірність та коректність отриманих результатів (табл. 3).

Таким чином, випадкову величину H_i у будь-який момент часу ми можемо визначити, як:

$$H_i = H_{cp} + S (HBЧ) \quad (1)$$

або для нашого випадку

$$H_i = 17,279 + 0,276 (HBЧ), \quad (2)$$

де (HBЧ) – нормально розподілене випадкове число із середнім значенням $\mu=0$ і середньоквадратичним відхиленням $\delta=1$, яке вибирається з таблиць чи отримується за допомогою генератора випадкових чисел.

Табл. 3. Порівняльні результати статистичного аналізу товщини ДСП

Найменування параметрів	Позначення	Значення	
		до видалення грубих промахів	після видалення грубих промахів
Кількість інтервалів	k	11	11
Максимальний елемент	H max	18,325	18,3
Мінімальний елемент	H min	16,475	16,625
Величина інтервалу	ΔH	0,168	0,152
Середнє значення вибірки	H_{cp}	17,2815	17,2790
Дисперсія	S^2	0,0751	0,0762
Середньоквадратичне відхилення	S	0,2740	0,2760
Інтервал групування вибірки при $P=0,9973$	D -	16,4596	16,4510
	D +	18,1034	18,1070
Коефіцієнт варіації	V	1,59	1,60
Середньоквадратична похибка середнього значення	SH	0,0068	0,0069
Показник точності досліду	P	0,040	0,040
Рівень значимості	a	0,010	0,050
Критерій Стюдента	t	2,579	1,961
Інтервал довіри для середнього значення	mH_{min}	17,2639	17,2655
	mH_{max}	17,2992	17,2925

Література

1. Буглай Б.М., Гончаров Н.А. Технология изделий из древесины: Учебник для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1985.
2. Р. Шенон. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978.
3. С.А. Айвазян, Н.С.Енюков, Л.Д.Мешалкин. Основы моделирования и первичная обработка данных. – М.: Финансы и статистика, 1983.

УДК 674.815-41

Доц. В.В. Шостак, д.т.н. – УкрДІТУ

ОБГРУНТУВАННЯ ОБ'ЄМУ БУНКЕРІВ В ЛІНІЯХ З ВИРОБНИЦТВА ДЕРЕВНОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ

На основі методології дослідження ланцюгових стохастичних процесів теорії імовірностей отримано залежність для визначення коефіцієнта накладання втрат дільниць. Встановлено, що об'єми бункерів є недостатніми для забезпечення гнучкого зв'язку між дільницями. Їх треба збільшити у 1,6...6,2 рази.

Doc. V. Shostak – USUFWT

Substantiation of volume of bunkers in lines on manufacture particle boards

It is received dependence for definition of factor of imposing of losses of sites on the basis of methodology of research of chain stochastic processes of the theory of probability. Volumes of bunkers are insufficient for maintenance of flexible communication between sites. They are necessary for increasing in 1,6...6,2 times.

З точки зору систем надійності, обладнання цехів з виробництва деревостружкових плит (ДСП) можна поділити на п'ять дільниць. Перша – дільниця підготовки сировини і сирі стружки. Друга – дільниця виготовлення сирі стружки для внутрішніх шарів. Третя – дільниця сушіння сирі стружки. Четверта – лінія формування і пресування плит. П'ята – лінія калібрування і шліфування ДСП. Аналіз надійності всіх п'яти дільниць показав, що найнижчою є надійність четвертої дільниці і вона визначає продуктивність всього цеху. За структурою, кожна дільницю можна віднести до заготівельних, розгалужених автоматизованих ліній з гнучкими взаємними зв'язками між верстатами [1]. Між окремими групами верстатів ліній встановлені нагромаджувальні пристрої прохідного типу у вигляді бункерів або конвеєрів. У таких лініях (у разі відмови якогось верстата) попередня або наступна дільниця може продовжувати працювати за наявності сировини, або вільного об'єму у бункері. У разі порожнього або переповненого бункера, відбувається простоювання справних дільниць з вини відмови сусідньої. Для визначення коефіцієнта накладання втрат лінію послідовно розбивають на дві ділянки, між якими встановлено бункер. Задача щодо визначення коефіцієнта накладання втрат часу ділянками у кінцевому підсумку зводиться до визначення імовірності наявності або відсутності стружки у бункері. Ця задача розв'язується використанням методології дослідження ланцюгових стохастичних процесів теорії імовірностей [2]. Після складання і розв'язування системи рівнянь станів лінії отримано залежність для визначення коефіцієнта накладання втрат ділянок, яку запишемо у вигляді:

$$\delta = \frac{1}{1 + k \tau z}, \quad (1)$$

де: k – густина імовірності відновлення працездатності ділянки, що відмовила (величина обернена середній тривалості відновлення ділянки); τ – тривалість циклу пресування плит у пресі; z – об'єм стружки на одне пресування.

Залежність (1) є гіперболою, тому зі збільшенням $a = k \tau z$ значення δ спадає, але після $a = 8...12$ збільшення об'єму бункера вже не веде до зменшення δ . Оцінка оптимальної кількості ділянок m у лінії визначена за критерієм собівартості продукції [2]: