

УДК 674.093.26

**ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФАНЕРИ З
МОДИФІКОВАНОГО ШПОНУ**

Доц. Р.О. Козак, канд. техн. наук
Д.В.Тимик, аспірант
(НЛТУ України, м. Львів)

Розроблено оптимізаційну модель процесу виготовлення фанери з шпону модифікованого пероксидом водню. Отримано оптимальний режим склеювання модифікованого шпону, застосування якого дає змогу досягнути максимальної економічної ефективності за дотримання вимог стандарту міцності фанери на зріз.

Ключові слова: фанера, модифікований шпон, оптимізаційна модель.

Технологічний процес виготовлення фанери характеризується значними енергетичними та матеріальними затратами. У випадку використання модифікованого шпону у виробництві фанери покращуються її міцнісні показники, що зумовить зміни у витратах клейових матеріалів, і режимних параметрах на операції склеювання шпону і, як наслідок, у собівартості фанери. Аналізуючи внесені до технології виготовлення фанери з модифікованого шпону корективи встановлено, що найбільший вплив на її собівартість матимуть витрати на модифікування шпону, зміни температури плит преса та спресування пакета шпону. Тому, для організації виробництва якісної фанери з модифікованого шпону з мінімальними затратами сировини, матеріалів та енергетичних ресурсів, є необхідність оптимізації витрат клейових речовин та параметрів технологічного процесу.

За критерій оптимізації процесу виготовлення фанери з використанням модифікованого шпону обрано показник економічної ефективності (E), який поєднує суму часткових економічних ефективностей (e_i) на операціях, які передбачають зменшення/збільшення енергетичних або матеріальних затрат:

$$E = \sum_{i=1}^3 e_i \quad (1)$$

При цьому економічна ефективність має бути максимальною за умови задовільної міцності готової продукції:

$$\begin{cases} E = f(\tau, T, P, q) \rightarrow \max \\ \sigma \geq [\sigma] \end{cases} \quad (2)$$

за наступних обмежень змінних факторів:

$$6 \text{ хв} \leq \tau \leq 10 \text{ хв}; \quad (3)$$

$$120^\circ\text{C} \leq T \leq 150^\circ\text{C}; \quad (4)$$

$$1,2 \text{ МПа} \leq P \leq 1,8 \text{ МПа}; \quad (5)$$

$$90 \text{ г/м}^2 \leq q \leq 150 \text{ г/м}^2, \quad (6)$$

де σ , $[\sigma]$ – відповідно дійсна та згідно вимог стандарту міцність фанери на зріз, МПа; τ – час пресування, хв; T – температура склеювання, $^\circ\text{C}$; P – тиск склеювання, МПа; q – витрата клею, г/м^2 .

У загальному, часткову економічну ефективність (e_i) можна записати наступним чином:

$$e_i = \frac{Z_{0i} - Z_{mi}}{Z_{0i}} \cdot 100, \% \quad (7)$$

де Z_{0i} – затрати, передбачені у разі застосування традиційної технології виготовлення фанери, на i -тій операції; Z_{mi} – затрати, які виникають у разі застосування технології виготовлення фанери із використанням шпону модифікованого шпону (пропонована технологія), на i -тій операції.

З врахуванням змін технологічних режимів і застосуванням модифікувальних речовин економічна ефективність враховує додаткові витрати на використання модифікатора, зміни витрати тепла під час пресування пакета шпону, часу пресування, витрати клею та тиску пресування.

Часткова економічна ефективність від модифікування шпону, згідно формули (7) матиме вигляд:

$$e_1 = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \cdot 100, \% \quad (8)$$

де C_0, C_1 – відповідно вартість фанери, що застосовується за традиційною та пропонованою технологіями, грн.

Під час пресування змінюється температура плит преса, що вплине на затрати теплоти на цій операції. Тому часткову економічну ефективність від зміни затрат теплоти можна представити у вигляді:

$$e_2 = \frac{Q_0 - Q_m}{Q_0} \cdot 100, \% \quad (9)$$

де Q_0, Q_m – відповідно кількість теплоти, яка потрібна для одного циклу пресування за традиційною та пропонованою технологіями, кДж.

Показники (8), (9) залежать від змінних факторів (3), (4), (5), (6) і згідно літературних джерел [1, 2, 3] можуть бути представлені у вигляді:

$$e_1 = \left[1 - \frac{S \cdot n \cdot q_m \cdot \ddot{O}_m}{\ddot{O}_0} \right] \cdot 100, \% \quad (10)$$

де S – площа 1 м³ фанери, м²; n – кількість оброблених модифікатором поверхонь шпону в пакеті фанери, шт; q_m – витрата модифікатора, г/м²; C_m – вартість модифікатора, грн; C_0 – вартість фанери, що застосовується за традиційною технологією, грн;

$$e_2 = \left[1 - \frac{1,7 \cdot m_{\ddot{a}}(t_m - t_{\ddot{a}}) + m_k \cdot m_{\ddot{a}}(4,2(t_m - t_{\ddot{a}}) \cdot m_k + 0,075)(W_2 - W_1) \cdot 2500 + \alpha \cdot S_{\ddot{r}\ddot{e}} \Delta t_1 \cdot \tau}{1,7 \cdot m_{\ddot{a}}(t - t_{\ddot{a}}) + m_k \cdot m_{\ddot{a}}(4,2(t - t_{\ddot{a}}) \cdot m_k + 0,075)(W_2 - W_1) \cdot 2500 + \alpha \cdot S_{\ddot{r}\ddot{e}} \Delta t_1 \cdot \tau} \right] \cdot 100, \% \quad (11)$$

де m_k – маса клею, кг; $m_{\ddot{o}}$ – маса листа шпону, кг; $t_{\ddot{d}}, t$ – температура шпону перед та після пресування, °С; W_2, W_1 – вологість шпону перед та після пресування, %; α – коефіцієнт теплопровідності деревини; Δt_1 – розподіл теплоти під час пресування, °С; $S_{\ddot{n}\ddot{l}}$ – площа плити преса, м²; τ – час пресування, с.

Під час виготовлення фанери з модифікованого шпону спостерігається більше його спресування порівняно з використанням звичайного луценого шпону за традиційною технологією. Це, у свою чергу, призводить до зростання відсотка безповоротних втрат деревини внаслідок спресування. Тому часткова економічна ефективність від спресування пакета шпону згідно формули (7) матиме вигляд:

$$e_3 = \frac{C_0 - C_m}{C_0} \cdot 100, \% \quad (12)$$

де C_0, C_m – спресування фанери, виготовленої за традиційною та пропонованою технологіями.

Формула (12), з врахуванням експериментально визначеного показника спресування модифікованого шпону:

$$C_m = -24,04 + 4,151 \cdot P + 0,1663 \cdot T + 0,72 \cdot \tau - 0,0211 \cdot q - 0,633 \cdot P^2 + 0,0001 \cdot T^2 - \\ - 0,02004 \cdot \tau^2 + 0,00012q^2 - 0,00088 \cdot P \cdot T + 0,00625 \cdot P \cdot \tau - 0,00232 \cdot P \cdot q + \\ + 0,000236 \cdot T \cdot \tau + 0,000059 \cdot T \cdot q + 0,00049 \cdot \tau \cdot q$$

(13)

набуде вигляду:

$$e_3 = \left(1 - \frac{C_m}{2 \cdot 10^{-4} \cdot P_0 \tau_0^{0,56} (0,14 \cdot T_0 - 8,9)(0,13W_0 + 7,35)(16 - 0,345S_n)(13,1 - 2,3S_n)} \right) \cdot 100, \%$$

(14)

де P_0 – питомий тиск пресування, МПа; τ_0 – час п'езотермічної обробки, хв; T_0 – температура плит преса, °С; W_0 – початкова вологість пакета шпону, %; S_n – товщина пакета шпону, мм; S_{nl} – товщина листа шпону, мм.

Після підстановки (10), (11), (14) у (1) та відповідних перетворень загальний вираз для обчислення економічної ефективності у % набуде вигляду:

$$E = \left[\frac{3 - \frac{S \cdot n \cdot q_m \cdot C_m}{C_0} - \frac{1,7 \cdot m_o \cdot (t_m - t_o) + m_k \cdot m_o \cdot (4,2 \cdot (t_m - t_o) \cdot m_k + 0,075) \cdot (W_2 - W_1) \cdot 2500 + \alpha \cdot S_{nl} \cdot \Delta t_1 \cdot \tau}{1,7 \cdot m_o \cdot (t - t_o) + m_k \cdot m_o (4,2 \cdot (t - t_o) \cdot m_k + 0,075) \cdot (W_2 - W_1) \cdot 2500 + \alpha \cdot S_{nl} \cdot \Delta t_1 \cdot \tau}}{C_m} \right] \cdot 100$$

$$\frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot P_0 \cdot \tau_0^{0,56} \cdot (0,14 \cdot T_0 - 8,9) \cdot (0,13 \cdot W_0 + 7,35) \cdot (16 - 0,345 \cdot S_n) \cdot (13,1 - 2,3 \cdot S_n)}{}$$

(15)

Згідно функції мети (15) з врахуванням обмежень (3)-(6) за методом Ньютона з використанням процедури "Пошук рішень" програми Microsoft Office Excel отримано оптимальні значення режимних параметрів процесу виготовлення фанери із модифікованого шпону. Результати розрахунку наведені в табл.1.

Таблиця 1. Режими склеювання фанери з модифікованого та немодифікованого шпону

	Режими склеювання фанери з шпону:	
	модифікованого	немодифікованого
Витрата клею, г/м ²	90	150
Тиск пресування, МПа	1,2	1,8
Температура пресування, °С	120	150
Час пресування, хв	6	6
Міцність фанери на зріз, МПа	1,96	1,65

Із таблиці 1 випливає, що застосувавши модифікування поверхні шпону розчином пероксиду водню (витрата 10 г/м², концентрація 3%) за виконання умови відповідності міцності фанери на зріз вимогам стандарту, можна зменшити температуру склеювання до 120°С, тиск склеювання до 1,2 МПа, і витрату клею до 90 г/м². Це сприятиме кращому, виділенню вологи у процесі

склеювання та зменшенню втрат деревини на спресування, а також значній економії енергоресурсів.

Висновок. На основі розробленої оптимізаційної моделі для виготовлення фанери з модифікованого пероксидом водню (витрата – $10\text{г}/\text{м}^2$; концентрація – 3%) шпону отримано режим склеювання: витрата клею – $90\text{ г}/\text{м}^2$; тиск склеювання – 1,2 МПа; температура склеювання – 120°C ; час склеювання – 6 хв, який, при задовільній міцності фанери, дозволяє зменшити витрати деревини та енергоресурсів на її виготовлення.

Список літератури

1. Бехта П.А. Виробництво фанери / Бехта П.А. – Київ: Основа, 2003. – 320 с.
2. Стерлин Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит / Д.М. Стерлин. –М.: изд-во “Лесн. Пром-сть” 1977. – 384с.
3. Бехта П.А. Оптимізаційна модель процесу виготовлення фанери із шпону підвищеної вологості / П.А. Бехта, Р.О. Козак, Г.Є. Ортинська // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. – Вип.20.8. – С. 89-93.

Abstract

OPTIMIZATION MODEL OF PLYWOOD FABRICATION BY USING THE MODIFICATED VENEER.

Kozak R.O., Tymyk D.V.

The optimization model of plywood fabrication from the veneer modified with the hydrogen peroxide is developed. The optimal regime of gluing the modified veneer is received. The using of this regime allows achivieving maximal economical efficiency. The shear strength of plywood is according to the standard.

Keywords: plywood, modified veneer, optimization model.

Аннотация

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФАНЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО ШПОНА.

Козак Р.О., Тимик Д.В.

Разработано оптимизационную модель процесса изготовления фанеры с использованием шпона модифицированного перекисью водорода. Рассчитан оптимальный режим склеивания модифицированного шпона, применение которого позволяет достичь максимальной экономической эффективности при соблюдении прочности фанеры на срез требованиям стандарта.