

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.093.26

*Проф. П.А. Бехта, д-р техн. наук; доц. Р.О. Козак,
канд. техн. наук; асист. Г.Є. Ортинська – НЛТУ України, м. Львів*

ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФАНЕРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШПОНУ ПІДВИЩЕНОЇ ВОЛОГОСТІ

Розроблено оптимізаційну модель процесу виготовлення фанери з використанням шпону підвищеної вологості (15-25 %). Отримано оптимальний режим склеювання шпону підвищеної вологості, застосування якого дає змогу досягнути максимальної економічної ефективності за дотримання міцності фанери на сколювання вимогам стандарту.

Ключові слова: фанера, шпон підвищеної вологості, оптимізаційна модель

Технологічний процес виготовлення фанери характеризується значними енергозатратами на сушіння (майже 60 %) та склеювання (15 %) шпону, що істотно впливає на вартість готової продукції. Зменшення цих енергозатрат можна досягнути склеюванням шпону підвищеної вологості за зменшених температур пресування. Тому необхідно відшукати такі режимні параметри склеювання, за яких би не погіршувались показники якості фанери та максимально б зменшились енергозатрати на згаданих вище операціях її виготовлення.

Однак технологічний процес виготовлення фанери характеризується не тільки енергозатратами під час змінювання режимних параметрів сушіння та склеювання шпону, а й іншими затратами, які пов'язані з безповоротними втратами шпону внаслідок спресування, модифікуванням клейових композицій тощо. Тому як критерій оптимізації процесу виготовлення фанери з використанням шпону підвищеної вологості обрано показник економічної ефективності (E), який поєднує в собі суму часткових економічних ефективностей (e_i) на операціях, які передбачають зменшення/збільшення енергетичних або матеріальних затрат. При цьому економічна ефективність має бути максимальною за дотримання міцності фанери на сколювання вимогам стандарту:

$$\begin{cases} E = \sum_{i=1}^{n=5} e_i \rightarrow \max \\ \sigma_{СК} \geq [\sigma_{СТ}] \end{cases}, \quad (1)$$

за таких обмежень

$$15\% \leq W \leq 25\%; \quad (2)$$

$$110^{\circ}\text{C} \leq T \leq 150^{\circ}\text{C}; \quad (3)$$

$$1,0\text{МПа} \leq P \leq 1,8\text{МПа}; \quad (4)$$

$$8\% \leq C \leq 15\%, \quad (5)$$

де: e_i – часткова економічна ефективність на окремих операціях, які передбачають збільшення/зменшення енергетичних або матеріальних затрат, %; $\sigma_{СК}$, $[\sigma_{СТ}]$ – міцність фанери на сколювання згідно з експериментом та вимогами стандарту відповідно, МПа; P – тиск склеювання, МПа; T – температура склеювання, °С; W – вологість шпону, %; C – спресування пакета шпону, %.

У загальному, часткову економічну ефективність (e_i) можна розрахувати за формулою

$$e_i = \frac{3_{0i} - 3_{wi}}{3_{0i}} \cdot 100, \% \quad (6)$$

де: 3_{0i} – затрати, передбачені у разі застосування традиційної технології виготовлення фанери, на i -тій операції; 3_{wi} – затрати, які виникають у разі застосування технології виготовлення фанери із використанням шпону підвищеної вологості (пропонована технологія), на i -тій операції.

Із врахуванням змін технологічних режимів і застосуванням нових клейових композицій економічна ефективність враховує зменшення витрати тепла під час сушіння шпону, скорочення тривалості його сушіння, зміну рецептури клею, зміну температури плит преса та зміну спресування пакета шпону.

Часткова економічна ефективність завдяки зменшенню витрати тепла під час сушіння визначається з врахуванням затрат пари на 1 м^3 шпону за стандартною та пропонованою технологіями:

$$e_1 = \frac{B_0 - B_w}{B_0} \cdot 100, \% \quad (7)$$

де: B_0 – розхід пари на 1 м^3 шпону, який висушується до вологості $8^{\pm 2}\%$, (традиційна технологія); B_w – розхід пари на 1 м^3 шпону, який висушується до вологості 15-25 % (пропонована технологія).

Склеювання шпону підвищеної вологості дає змогу підвищити продуктивність сушарок завдяки зменшенню тривалості його сушіння. Тому часткова економічна ефективність завдяки зменшенню тривалості сушіння шпону, згідно з формулою (6), матиме вигляд:

$$e_2 = \frac{\tau_0 - \tau_w}{\tau_0} \cdot 100, \% \quad (8)$$

де: τ_0 , τ_w – тривалість сушіння за традиційною та пропонованою технологіями, відповідно.

Для склеювання шпону підвищеної вологості пропонуємо застосовувати нову клейову композицію (фенолоформальдегідна смола – 100 мас. ч, фенолорезорцинова смола – 3 мас. ч), вартість якої може відрізнятися від вартості клеїв, що застосовуються за традиційною технологією.

Часткова економічна ефективність внаслідок зміни рецептури клею, згідно з формулою (6), матиме вигляд

$$e_3 = \frac{C_0 - C_w}{C_0} \cdot 100, \% \quad (9)$$

де C_0 , C_w – відповідно вартість клею, що застосовується за традиційною та пропонованою технологіями, грн.

Завдяки зміні температури плит преса можна досягнути часткової економічної ефективності, яку можна розрахувати за формулою

$$e_4 = \frac{Q_0 - Q_w}{Q_0} \cdot 100, \% \quad (10)$$

де Q_0 , Q_w – відповідно кількість теплоти, яка потрібна для одного циклу пресування у разі зміни температури плит преса за традиційною та пропонованою технологіями, кДж.

Під час виготовлення фанери з використанням шпону підвищеної вологості може спостерігатися більше його спресування порівняно з використанням шпону вологістю $8^{\pm 2} \%$. Це, своєю чергою, призводить до зростання відсотка безповоротних втрат деревини внаслідок спресування. Тому часткова економічна ефективність внаслідок спресування пакета шпону, згідно з формулою (6), матиме вигляд

$$e_5 = \frac{C_0 - C_w}{C_0} \cdot 100, \% \quad (11)$$

де: C_0 , C_w – спресування фанери, виготовленої за традиційною та пропонованою технологіями, %; C_w обчислюється за формулою (12), отриманою експериментальним шляхом:

$$C_w = 1,7901 + 2,7079P - 0,0081T - 0,1306W + 0,0353PT - 0,0928PW + 0,0028TW. \quad (12)$$

Після підстановки (7), (8), (9), (10), (11) у (1) та відповідних перетворень загальний вираз для обчислення економічної ефективності набуде такого вигляду:

$$E/100 = 5 - \frac{(A + q_{mw}) \cdot M_w}{(A + q_{m0}) \cdot M_0} - \frac{K \cdot (W_{II} - 30) + 2,3N \cdot \lg \frac{30}{W_0}}{K \cdot (W_{II} - 30) + 2,3N \cdot \lg \frac{30}{W_w}} - \frac{C_w}{C_0} -$$

$$\frac{1,7 \cdot m_d(t_w - t_d) + m_k \cdot m_d(4,2 \cdot (t_{npw} - t_d) \cdot m_k + 0,075) \cdot (W_2 - W_1) \cdot 2500 + \alpha \cdot S_{nl} \Delta t_1 \cdot \tau}{1,7 \cdot m_d(t_0 - t_d) + m_k \cdot m_d(4,2 \cdot (t_{np0} - t_d) \cdot m_k + 0,075) \cdot (W_2 - W_1) \cdot 2500 + \alpha \cdot S_{nl} \Delta t_1 \cdot \tau} -$$

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

де: A – величина, яка враховує суму витрат тепла на випаровування 1 кг вологи, та втрат тепла із відпрацьованим агентом сушіння та через огороження, кДж/кг вологи; M_0 , M_w – годинна кількість вологи, що випаровується із 1 м^3 шпону із застосуванням традиційної та пропонованої технології, відповідно; q_{m0} , q_{mw} – витрати тепла на випаровування 1 кг вологи; N – швидкість сушіння в першому періоді, %/хв.; K – коефіцієнт тривалості другого періоду сушіння, 1/хв; W_{II} – початкова вологість шпону перед сушінням, %; W_0 , W_w – вологість шпону із застосуванням традиційної та пропонованої технології, %; C_0 , C_w – вартість клею, який використовується за традиційних та пропонованих умов склеювання, відповідно грн; m_d – маса деревини (листа шпону), кг;

t_d , t – температура деревини перед та після пресування, °C; m_k – маса клею, кг; W_2 , W_1 – вологість деревини перед та після пресування, %; α – коефіцієнт теплопровідності деревини; $S_{пл}$ – площа плит преса, м²; Δt_l – розподіл теплоти під час пресування, °C; τ – час пресування, с; 2500 – величина, що враховує зміну агрегатного стану води, кДж/кг; S_n – товщина пакета шпону, мм; $S_{ш}$ – товщина шпону, мм.

Функцію мети (13) з обмеженнями (2)-(5) за допомогою процедури "Пошук рішень" програми Microsoft Office Excel використано для пошуку значень режимних параметрів процесу виготовлення фанери із шпону підвищеної вологості, які наведено в табл.

Табл. Режими склеювання шпону підвищеної вологості

Вологість шпону, %	Температура склеювання, °C	Тиск склеювання, МПа	Міцність фанери на сколювання, МПа	Економічна ефективність, %
15	115	1,0	1,10	58,13
20	133	1,0	1,10	58,48
25	146	1,0	1,10	60,07

Примітка: курсивом виділено оптимальний режим склеювання шпону підвищеної вологості.

Із табл. випливає, що у разі збільшення вологості шпону від 15 до 25 %, з метою досягнення максимальної економічної ефективності за умови дотримання міцності фанери на сколювання вимогам стандарту, доцільно підвищувати температуру склеювання від 115 до 146°C, застосовуючи мінімальний тиск склеювання 1,0 МПа. Це сприятиме кращому виділенню вологи та зменшенню втрат деревини на спресування.

Висновок. Внаслідок розв'язку оптимізаційної моделі, отримано оптимальні значення параметрів режиму виготовлення фанери із шпону підвищеної вологості (вологість шпону – 25 %; температура склеювання – 146°C; тиск склеювання 1,0 МПа), який дає змогу отримати максимальну економічну ефективність та забезпечити міцність фанери на сколювання згідно з вимогами стандарту.

Література

1. Стерлин Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит / Д.М. Стерлин. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть". 1977. – 384 с.
2. Бехта П.А. Виробництво і оброблення лущеного та струганого шпону / П.А. Бехта. – К. : Вид-во ІСДО, 1995. – 296 с.
3. Potapova O. Modifikacia PF lepidla pre vyrobu preglejok pri nizsich teplotach lisovania. – Zvolen, 2007. – 130 с.
4. Бехта П.А. Виробництво фанери / П.А. Бехта. – К. : Вид-во "Основа", 2003. – 320 с.

Бехта П.А., Козак Р.О., Ортинская Г.Е. Оптимизационная модель процесса изготовления фанеры с использованием шпона повышенной влажности

Разработана оптимизационная модель процесса изготовления фанеры с использованием шпона повышенной влажности (15-25 %). Получен оптимальный режим склеивания шпона повышенной влажности, применение которого позволяет достичь максимальной экономической эффективности при соблюдении прочности фанеры на скалывание требованиям стандарта.

Ключевые слова: фанера, шпон повышенной влажности, оптимизационная модель.

Bekhta P.A., Kozak R.O., Ortynska G.Ye. Optimization model of plywood fabrication by using the veneer with high moisture content

The optimization model of plywood fabrication from the veneer with high moisture content (15-25 %) is developed. The optimal regime of gluing veneer with high moisture content is received. The using of this regime allows achieving maximal economical efficiency. The shear strength of plywood is according to the standard.

Keywords: plywood, veneer with high moisture content, optimization model.

УДК 674.02

Доц. О.Б. Ференц, канд. техн. наук; доц. С.О. Манзій, канд. техн. наук; ст. викл. М.М. Копанський; ст. викл. І.В. Петришак, канд. техн. наук; студ. О.О. Ференц – НЛТУ України, м. Львів

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ ДЕРЕВИНИ
ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПАРКЕТНИХ ДОЩОК**

Наведено методику розрахунку витрати деревини для виготовлення заготовок, деталей лицьового покриття, середнього та нижнього шарів паркетних дощок за етапами технологічного процесу. Розроблено нормативні документи та методику розрахунку витрати сировини дадуть змогу підприємствам галузі контролювати питання раціонального використання цінних порід деревини, сприятиме підтримці режиму економії в деревообробленні.

Обмежені запаси деревини в Україні та її ціна на ринках потребують нових підходів до її раціонального використання, грамотного поставлення і вирішення цілого комплексу наукових, організаційних і технічних проблем. До наукових проблем, що потребують невідкладного вирішення, входять аналіз, впорядкування та поновлення нормативної бази для наявних і нових виробів паркетних покриттів (паркетна дошка, щити паркетні і мозаїчний паркет).

Метою виконання роботи є розроблення науково-обґрунтованих нормативів витрат деревини при виготовленні сучасних паркетних виробів, які забезпечать раціональне та економне використання деревини з урахуванням породного і розмірно-якісного складу та проведення єдиної технологічної політики в деревообробній галузі.

Відповідно до мети сформовано такі основні завдання роботи:

- виконати порівняльну оцінку та аналіз чинної нормативно-технічної документації на сировину та продукцію у паркетному виробництві;
- розробити науково-обґрунтовані нормативи витрат деревини у виробництві паркетних дощок та щитів;
- розробити рекомендації щодо ресурсощадних технологій виготовлення сучасних паркетних виробів;
- розробити інструктивні матеріали (методику) щодо розрахунку індивідуальних та специфікаційних норм витрати деревини у виробництві паркетних дощок.

Виробництво паркетних дощок може бути організовано на базі спеціалізованого обладнання із використанням піддонного способу склеювання в багатопріжковому пресі з паровим нагрівом або використанням безпіддонного способу склеювання в однопріжковому пресі в полі струмів високої частоти. Основні особливості технологічного процесу виготовлення планок (ламель) лицьового покриття і рейок основи за варіантами такі: