

water-resistant such heat-resistant plywood is, as for its making use soluble water salt which is easily washed, as a result its use is limited to the internal terms or external under covering.

Keywords: veneer, impregnation, fire-retardant, fireproof plywood, fire-retardant solution.

УДК 674.048

*Проф. П.В. Білей, д-р техн. наук; доц. Ю.М. Губер,
канд. техн. наук; асист. З.П. Копинець – НЛТУ України, м. Львів*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ ПОНИЖЕНИХ ТОВЩИН БАГАТОСТУПЕНЕВИМИ РЕЖИМАМИ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

Здійснено експериментальні дослідження процесу конвективного сушіння дубових пиломатеріалів понижених товщин у виробничих умовах. Проаналізовано результати і встановлено тривалість процесів сушіння за різних режимів. Запропоновано формулу, яка дає змогу з достатньою точністю визначати тривалість процесу в промислових сушильних камерах.

Сучасні тенденції виробництва потребують високої якості сушіння пиломатеріалів понижених товщин ($S_1 = 6 \dots 10$ мм), оскільки їх застосовують для виготовлення лицьових поверхонь покриттів для підлоги (паркетних щитів, паркетних дощок), а також у виробництві столярних виробів (личкування зовнішніх поверхонь віконних та дверних блоків) тощо. Тому впровадження у виробництво технології виготовлення тонких заготовок з пиломатеріалів понижених товщин потребує також розроблення технології сушіння таких сортиментів. На сьогодні для сушіння пиломатеріалів понижених товщин застосовують конвективні сушильні камери періодичної дії.

З метою дослідження тривалості сушіння пиломатеріалів понижених товщин було проведено експерименти у конвективних сушильних камерах періодичної дії з поперечною циркуляцією агента сушіння об'ємом завантаження $25 \dots 30 \text{ м}^3$ умовного матеріалу. Швидкість циркуляції агента сушіння через штабель становила 2 м/с. Досліди проводили на дубових пиломатеріалах товщиною 8 мм, шириною 180 мм та довжиною 3-3,5 м. Цей матеріал висувували трьома різними багатоступеневими режимами:

- *режим № 1* – на першому ступені температура середовища за сухим термометром становила $t_c = 28^\circ\text{C}$, температура за змоченим термометром – $t_m = 25^\circ\text{C}$, рівноважна вологість деревини – $W_p = 15,4 \%$; на останньому ступені – $t_c = 55^\circ\text{C}$; $t_m = 35^\circ\text{C}$; $W_p = 4,8 \%$;
- *режим № 2* – на першому ступені температура середовища за сухим термометром становила $t_c = 32^\circ\text{C}$, температура за змоченим термометром – $t_m = 29^\circ\text{C}$, рівноважна вологість деревини – $W_p = 15,5 \%$; на останньому ступені – $t_c = 60^\circ\text{C}$; $t_m = 40^\circ\text{C}$; $W_p = 5 \%$;
- *режим № 3* – на першому ступені температура середовища за сухим термометром становила $t_c = 40^\circ\text{C}$, температура за змоченим термометром – $t_m = 37^\circ\text{C}$, рівноважна вологість деревини – $W_p = 15,6 \%$; на останньому ступені – $t_c = 60^\circ\text{C}$; $t_m = 43^\circ\text{C}$; $W_p = 5,9 \%$.

Було проведено 6 дослідів процесу сушіння за першим режимом, 6 – за другим, 2 – за третім. Для аналізу впливу параметрів агента сушіння на

зміну вологості деревини і тривалість процесу побудовано криві сушіння, представлені на рис. 1-3.

Як видно з рис. 1-3, параметри агента оброблення істотно впливають на перебіг процесу сушіння пиломатеріалів понижених товщин. Із зростанням жорсткості режиму стрімкіше відбувається зменшення вологості деревини і відповідно зменшується тривалість процесу сушіння.

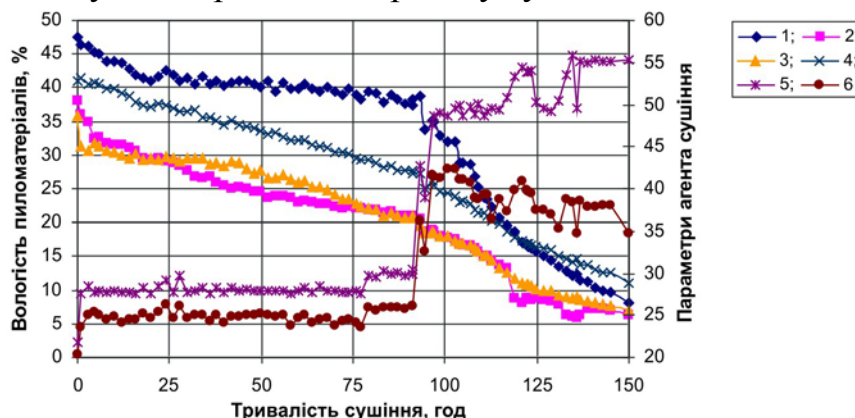


Рис. 1. Кінетика сушіння у різних точках штабеля (дослід 1.1):
1, 2, 3, 4 – криві сушіння у точках вимірювання; 5 – температура агента сушіння, °C; 6 – температура змоченого термометра, °C

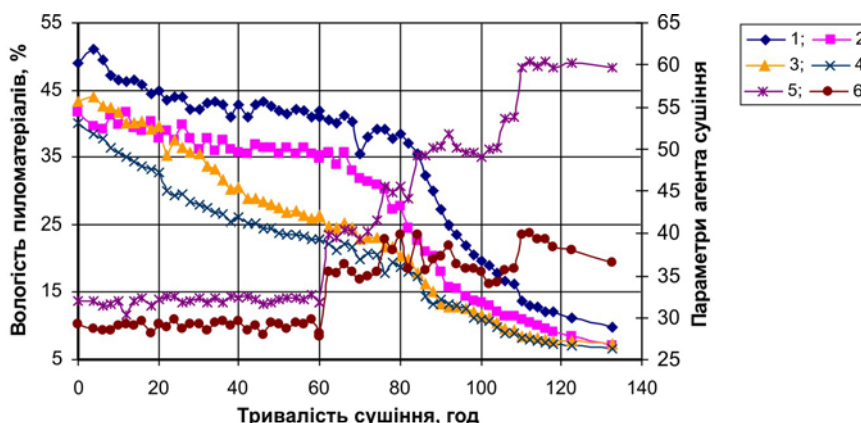


Рис. 2. Кінетика сушіння у різних точках штабеля (дослід 2.5):
1, 2, 3, 4 – криві сушіння у точках вимірювання; 5 – температура агента сушіння, °C; 6 – температура змоченого термометра, °C

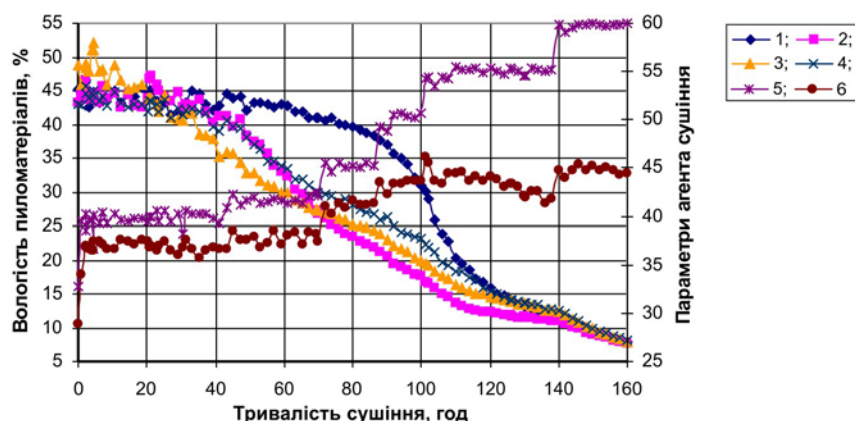


Рис. 3. Кінетика сушіння у різних точках штабеля (дослід 3.1):
1, 2, 3, 4 – криві сушіння у точках вимірювання; 5 – температура агента сушіння, °C; 6 – температура змоченого термометра, °C

На початку процесу складається враження, що видалення вологи з деревини не відбувається. Однак це не так, оскільки вологість деревини вимірювали в центрі сортиментів. На початку процесу сушіння центральні шари пиломатеріалів понижених товщин не висихають. Після переходу центральними шарами вологості 35 % (середня вологість за перетином приблизно 30 %), спостерігається незначне зниження вологості деревини центральних шарів, а нижче вологості 30 % (середня вологість за перетином приблизно 25 %) відбувається стрімкий її спад, що свідчить про висихання не тільки поверхневих, а й центральних шарів деревини.

Процес сушіння у виробничих умовах в багатьох випадках ведуть за середньоарифметичною вологістю всіх зразків або за вологістю зразка, який має найбільшу вологість. Цей факт враховували під час аналізу протоколів спостережень. Оскільки на тривалість сушіння деревини впливає величина початкової і кінцевої вологості, то процеси сушіння було проаналізовано в діапазоні вологостей $W_{\text{п}} \approx 40\%$ і $W_{\text{к}} \approx 8\%$. Для цього криві сушіння, побудовані згідно з вологістю пиломатеріалів, за якою вели процес, зводили до однакової початкової вологості шляхом зміщення їх по осі абсцис.

Аналіз експериментальних даних засвідчив, що тривалість процесу сушіння пиломатеріалів товщиною 8 мм за досліджуваних режимів сушіння від початкової вологості $W_{\text{п}} \approx 40\%$ до кінцевої $W_{\text{к}} \approx 8\%$ різна, а саме: за першого режиму сушіння – $\tau_{\text{с}} \approx 132$ год; за другого режиму сушіння – $\tau_{\text{с}} \approx 120$ год; за третього режиму сушіння – $\tau_{\text{с}} \approx 127$ год. Отже, параметри агента сушіння мають значний вплив на тривалість процесу. Наприклад, процес сушіння за режиму № 3 триваліший, ніж за режиму № 2, оскільки рівноважну вологість деревини за вищої температури підтримували більшою, ніж за нижчої, що і стало причиною затягування процесу сушіння.

Враховуючи особливості сушіння пиломатеріалів у штабелі для розрахунку тривалості процесу, на кожному ступені режиму сушіння запропоновано застосувати формулу:

$$\tau_{1...n} = c_{\tau} \cdot \frac{78 \cdot S_1^{1,87}}{a' \cdot 10^6} \cdot \bar{C} \cdot A_p \cdot \lg \left(\frac{W_{\text{п}} - W_{\text{р}}}{W_{\text{к}} - W_{\text{р}}} \right), \text{ год}, \quad (1)$$

де: c_{τ} – коефіцієнт, який враховує вплив товщини та ширини пиломатеріалу (для пиломатеріалів понижених товщин $c_{\tau} = 1$); a' – коефіцієнт вологопровідності деревини, $\text{см}^2/\text{с}$; $\bar{C}$ – середній коефіцієнт сповільнення процесу сушіння в штабелі; A_p – коефіцієнт, який враховує реверсивність циркуляції агента сушіння в штабелі, для реверсивної $A_p = 1$, для нереверсивної – $A_p = 1,1$; $W_{\text{п}}$, $W_{\text{к}}$, $W_{\text{р}}$ – відповідно початкова, кінцева і рівноважна вологість пиломатеріалів на кожному із ступенів режиму сушіння.

Аналіз експериментальних даних показав, що середній коефіцієнт сповільнення процесу сушіння пиломатеріалів понижених товщин за цих умов дослідження можна зобразити у вигляді графіка $\bar{C} = f \left(\frac{78 \cdot S_1^{1,87}}{a' \cdot 10^6} \right)$ (рис. 4).

Розрахувавши тривалість сушіння за фактичними та заданими параметрами агента оброблення (дослід 2.1), побудовано експериментальну та теоретичні криві сушіння (рис. 5).

Як видно з графіків кінетики сушіння, експериментальна тривалість процесу та тривалість, визначена за формулою (1), відрізняються за фактичних параметрів агента сушіння не більше ніж на 19 %, а за заданих – не більше ніж на 5 %. Отже, цю формулу можна використовувати для розрахунку тривалості сушіння пиломатеріалів понижених товщин у промислових конвективних сушильних камерах періодичної дії.

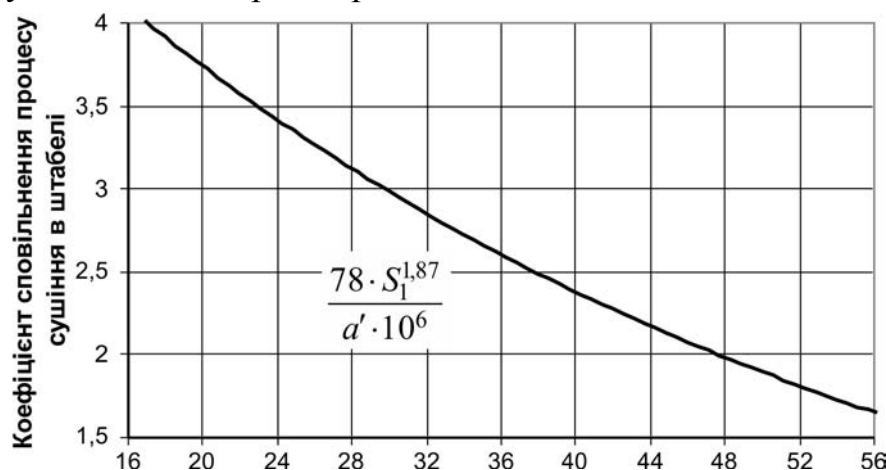


Рис. 4. Залежність середнього коефіцієнта сповільнення процесу сушіння в штабелі $\bar{C}$ від середнього значення $78 \cdot S_1^{1,87} / (a' \cdot 10^6)$ для пиломатеріалів товщиною 8 мм (швидкість циркуляції агента сушіння штабелем 2 м/с)

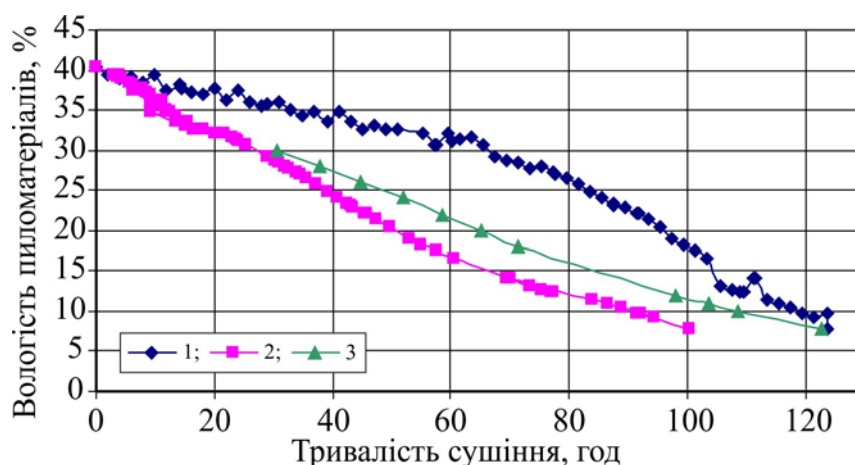


Рис. 5. Криві сушіння (дослід 2.1): 1 – експериментальна; 2 – теоретична за фактичних параметрів агента сушіння; 3 – теоретична за заданих параметрів агента сушіння

Билей П.В., Губер Ю.М., Копынец З.П. Исследование длительности процесса сушения пиломатериалов сниженных толщин многостепенными режимами в производственных условиях

Осуществлены экспериментальные исследования процесса конвективного сушения дубовых пиломатериалов сниженных толщин в производственных условиях. Проанализированы результаты и установлена длительность процессов сушения при разных режимах. Предложена формула, которая дает возможность с достаточной точностью определять длительность процесса в промышленных сушильных камерах.

Biley P.V., Huber Yu.M., Kopynets Z.P. Study duration of drying lumber thickness multistage humble modes of production conditions

Experimental investigation of convective drying of oak lumber humble thickness in production environments. The results and set the duration of the drying process under different regimes. A formula that allows with sufficient accuracy to determine the duration of the process in industrial drying chambers.

УДК 620.169:621.793 **Проф. В.М. Голубець, д-р техн. наук; доц. О.Б. Гасій, канд. техн. наук; доц. І.М. Гончар, канд. техн. наук; доц. В.І. Степанишин, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів**

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ТОВЩИНИ ЙОННО-ПЛАЗМОВИХ
КОНДЕНСАТІВ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ПРОЦЕСУ НАПИЛЕННЯ**

Наведено результати досліджень впливу технологічних параметрів процесу вакуумного йонно-плазмового напилення на товщину покрить. Встановлено, що такі параметри технологічних режимів напилення йонно-плазмових покриттів як струм дуги та кут падіння плазмового потоку істотно впливають на процес їх формування і, як наслідок, на їх товщину.

Ключові слова: електрофізичні методи, вакуумне йонно-плазмове напилення, товщина покриття, матеріал катоду, струм дуги, кут падіння плазмового потоку.

Електрофізичні методи нанесення зносостійких покриттів на різальний інструмент є ефективним засобом підвищення ресурсу його роботи. Широко відомі, зокрема, такі способи йонно-плазмового напилення у вакуумі як реактивне електронно-променеве напилення (РЕП), активоване реактивне напилення (ARE), які відзначаються забезпеченням низької пористості і рівноважної структури покриттів без попереднього очищення і підігріву з одержанням рівномірних покриттів на інструменті будь-якої конфігурації. У наш час найбільш інтенсивно розвивається метод конденсації речовини з плазмової фази в умовах йонного бомбардування (КІБ), який вигідно відрізняється від своїх попередників простотою і компактністю електронно-променевих випаровувачів, порівняно низькими енергозатратами, високим (до 90 %) рівнем іонізації парів металу та широкими можливостями одержання багатокомпонентних і багатошарових покриттів [1].

Метою нашого дослідження є вивчення впливу режимів напилення на формування йонно-плазмових покриттів оптимальної товщини.

Для одержання нітридних покриттів напилення здійснювали в середовищі азоту. Для порівняння товщини нікелевих йонно-плазмових покриттів залежно від умов їх одержання напилення здійснювали в середовищі аргону та у вакуумі з одночасним обертанням зразків. Результати експерименту наведено в табл. 1 та на рис. 1.