

Для регулювання температури у камері застосовують системи з позиційним регулюванням, з пропорційним або пропорційно-інтегральним регулюванням, з позиційним регулюванням із завданням базового рівня параметра.

З метою економії електроенергії у сучасних сушильних камерах передбачають регулювання швидкості циркуляції агента сушіння за допомогою частотних перетворювачів.

Враховуючи наведені вище вимоги до систем автоматичного керування сушильними камерами автором розроблено та реалізовано САК, функціональна схема якої представлена на рисунку.

Блок управління сушильною камерою типу БУК-0101 призначений для вимірювання температури та вологості повітря у процесі сушіння деревини, а також для комутації шести давачів вологості деревини для подальшого вимірювання за допомогою портативного вологоміра. У блоці передбачено зв'язок із персональним комп'ютером (ПК) через інтерфейс RS232 або RS485.

Вихід блока є триканальним і реалізується трьома групами контактів реле потужністю 220 Вт, що забезпечують двопозиційне регулювання температури і вологості повітря. Блок працює у комплекті з двома термоперетворювачами опору градування 100П (один – "сухий", другий – "змочений") (табл.).

УДК. 674. 047.

Інж. З.П. Копинець – УкрДЛТУ

## РАЦІОНАЛЬНА СТРУКТУРА РЕЖИМІВ СУШІННЯ ТОНКИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Проведено аналіз різних режимів сушіння тонких сортиментів і обґрунтовано раціональну структуру режимів сушіння тонких пиломатеріалів.

*Z.P. Kopynets – USUFWT*

### The rational structure of thin lumber drying

Different regimes of thin blanks have been analyzed and the rational structure regimes of drying have been recommended.

Зростаючий дефіцит деревинних і енергетичних ресурсів в Україні ставить завдання раціонального їх використання та розробки нових енерго- і матеріалоощадних технологій виготовлення дерев'яних виробів.

Тенденція використання для виготовлення лицьових шарів високоякісних дверних полотен, віконних блоків, паркетних дощок і щитів сортиментів товщиною від 4-х до 8 мм, яка нещодавно з'явилася на ряді підприємств України, вимагає розробки технології сушіння пиломатеріалів таких товщин, які б після обробки по товщині забезпечували вихід заготовок саме таких товщин. У минулому тонкі дощечки здебільшого використовувалися в тарному та олівцевому виробництвах. Товщина таких сортиментів (далі дощечки) становить до 13 мм, а довжина до 1 м. Низькі вимоги до такої продукції тягли за собою і невисокі вимоги до якості сушіння.

У тарному та олівцевому виробництвах для сушіння дощечок застосовують конвеєрні сушильні установки з конвективним підведенням тепла [1]. Для

сушіння тонких заготовок в олівцевому виробництві у конвеєрній сушильній установці рекомендується підтримувати температуру повітря в межах 140-150 °С, швидкість повітря по матеріалу 2.5 м/с і відносну його вологість 10-15 %; для тонких заготовок тарного виробництва рекомендується режим сушіння з температурою повітря 180-200 °С і швидкістю агента сушіння 2.5-3.0 м/с.

Дошки висувували у парових лісосушильних установках безперервної дії при температурі 110-120 °С, а також в газових сушильних камерах, де як сушильний агент використовувались топкові гази, при температурі більше 150 °С. Для сушіння пиляних дощочок рекомендується використовувати сушильні камери безперервної дії довжиною від 8 до 16 м [2].

Призначені для сушіння пиломатеріалів сушильні камери також застосовують для сушіння тарних дощочок. Враховуючи підвищену інтенсивність тепломасообміну при сушінні тонких тарних дощочок потрібно використовувати сушильні установки з підвищеними термоаеродинамічними параметрами. Та більшість режимів камерного сушіння деревини розроблені для пиломатеріалів товщиною від 16 мм [3, 4, 6]. Ці режими є двох-, трьох- і багатоступеневими.

Для пиломатеріалів товщиною 13-16 мм рекомендуються [4] такі режими (табл. 1).

**Табл. 1. Режими сушіння дуба і бука товщиною 13-16 мм**

| Вологість деревини, % | Дуб |            | Бук |            |
|-----------------------|-----|------------|-----|------------|
|                       | t   | $\Delta t$ | t   | $\Delta t$ |
| >40                   | 63  | 4          | 74  | 5          |
| 40-30                 | 67  | 5,5        | 77  | 6          |
| 30-20                 | 70  | 10         | 80  | 11         |
| 20-15                 | 73  | 13         | 83  | 15         |
| 15-10                 | 75  | 18         | 85  | 20         |
| <10                   | 78  | 23         | 87  | 26         |

А для сушіння олівцевих заготовок у конвективних сушильних камерах рекомендується [5] такий режим (табл. 2).

**Табл. 2. Режим сушіння олівцевих заготовок**

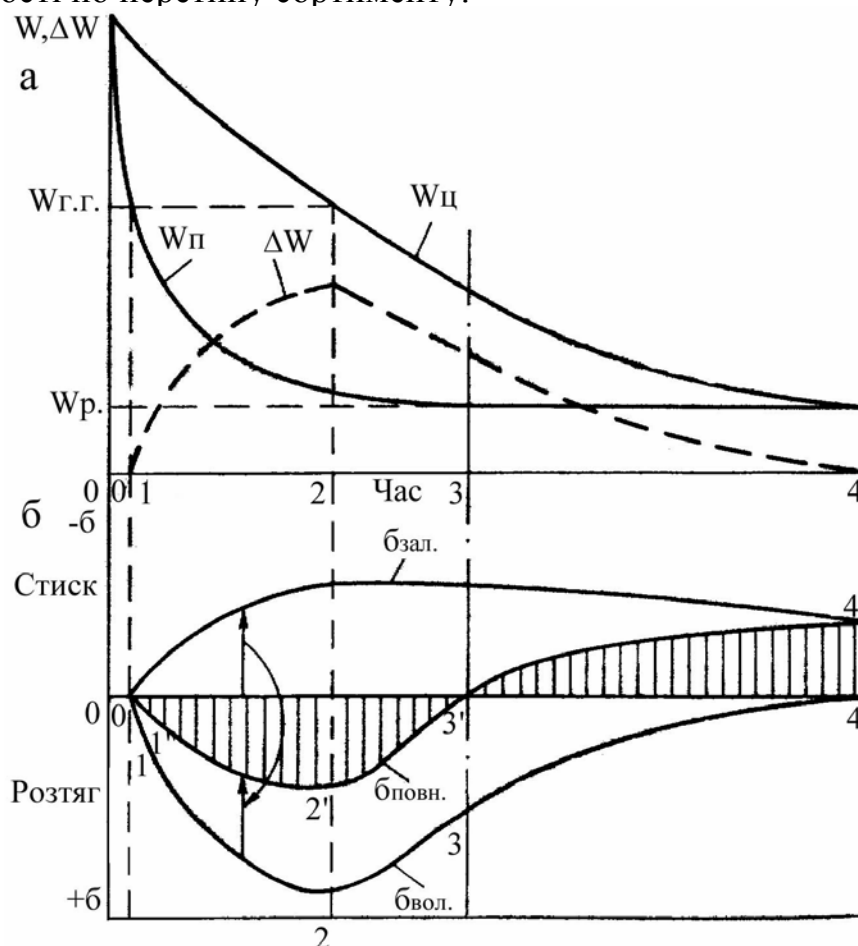
| W   | $t_c$ | $t_m$ | $\varphi$ |
|-----|-------|-------|-----------|
| >20 | 60    | 53    | 70        |
| 20  | 66    | 53    | 50        |
| 15  | 68    | 51    | 40        |
| <10 | 71    | 46    | 25        |

Сушіння тонких пиломатеріалів товщиною від 6 до 13 мм вивчено недостатньо, а режими, в основному, розроблені для тонких заготовок товщиною 13 мм і більше.

Застосування на деяких підприємствах України для сушіння тонких пиломатеріалів багатоступеневих режимів сушіння і низьких температур (на початку процесу сушіння 28 °С до кінця процесу температура підвищується до 50 °С) призводить до невиправдано тривалого процесу сушіння, хоча дає високу якість сушіння.

Дослідження показали, що тривалість процесу сушіння дубових і букових тонких пиломатеріалів (товщина 6...12 мм) при температурах від 60 до 95 °С становить приблизно від 4 до 40 годин. П.С. Серговський [6], обґрунтовуючи використання двоступеневих режимів для пиломатеріалів товщиною від 16 мм, посиляється на розвиток внутрішніх напружень у пиломатеріалах у процесі сушіння. А також стверджує, що використання двоступеневих режимів сушіння призводить до інтенсифікації процесу порівняно з використанням багатоступеневих режимів.

Повні внутрішні напруження, що діють у будь-якій точці перетину матеріалу при його сушінні можна розглядати як алгебраїчну суму вологісних і залишкових напружень, знаки яких протилежні протягом процесу сушіння [7]. Вологісні напруження виникають через пружні деформації внаслідок неоднорідного всихання різних шарів, вони зникають при вирівнюванні вологості по перетину сортименту. Залишкові напруження виникають через залишкові деформації розтягу, що розвиваються у поверхневих шарах сортименту. Залишкові напруження діють у деревині і після сушіння при вирівнюванні вологості по перетину сортименту.



**Рис. 1. Діаграма зміни вологості і напружень в процесі сушіння деревини:**  
 а – зміна вологості поверхневих зон  $W_{\text{п}}$ , внутрішньої зони  $W_{\text{ц}}$  і перепаду вологості  $\Delta W$ ; б – зміна вологісних  $\sigma_{\text{вол}}$ , залишкових  $\sigma_{\text{зал}}$  і повних  $\sigma_{\text{повн}}$  напружень в поверхневих зонах матеріалу [7]

Після переходу поверхневими шарами точки насичення волокна (момент 1), вологісні напруження пропорційні перепаду вологості, спочатку

зростають; коли центральний шар переходить точку насичення волокна, досягають максимуму (момент 2), а потім поступово зменшуються і до кінця процесу при вирівнюванні вологості по товщині прямують до нуля. На першому етапі процесу залишкові напруження, одночасно із збільшенням вологісних напружень, інтенсивно зростають. А після переходу центральним шаром точки насичення волокна (момент 2), залишкові деформації припиняють свій ріст і дещо зменшуються за рахунок всихання центральних шарів [4]. На деякому проміжному етапі (момент 3) процесу залишкові напруження стають рівними по величині вологісним напруженням, а повні напруження стають рівними нулю. Далі вологісні напруження стають меншими від залишкових, а повні напруження при цьому змінюють знак.

На початковій стадії процесу сушіння повні напруження мають знак вологісних напружень й швидко зростають через перепад вологості по товщині сортименту і в цей момент поверхневі шари інтенсивно випаровують вологу. Тому для запобігання появі поверхневих тріщин на даному етапі процесу сушіння необхідно підтримувати відносну вологість сушильного агента на такому рівні, щоб забезпечити достатньо малий градієнт вологості. У кінці процесу сушіння вологість поверхневих шарів наближається до рівноважної, а перепад вологості по товщині сортименту є порівняно малим. Повні напруження мають знак залишкових. Тому у кінцевій стадії процесу доцільно підтримувати низьку відносну вологість сушильного агента.

Перехід від першого етапу сушіння до другого відбувається при перехідній вологості, яка відповідає моменту зміни знаку повних напружень. Перехідна вологість залежить від температури матеріалу, розподілу у ньому початкової вологості, параметрів агента сушіння тощо. При рівномірному розподілі початкової вологості, параболічному розподілі її у процесі сушіння і у діапазоні температури 60...100 °C величина перехідної вологості становить приблизно 20...25 % [6].

**Висновок.** З огляду на малу тривалість процесу і значно меншій загрозі розтріскування тонких пиломатеріалів при їх сушінні, оптимально буде застосовувати двоступеневі режими з перехідною вологістю матеріалу – 20 %.

## Література

1. **Иванчинков А.С.** Исследование процесса и разработка конвейерных установок для сушки тонких заготовок специальных деревообрабатывающих производств. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. к.т.н. – К.: 1966. – 20 с.
2. **Кречетов И.В.** Сушка древесины топочными газами. – М-Л.: Гослесбумиздат, 1961.
3. **Билей П.В.** Сушка древесины твердых лиственных пород. (Издание второе) – М.: Экология, 2002. – 224 с.
4. **Кречетов И.В.** Сушка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 440 с.
5. **Захаржевский В.Г.** Сушка древесины. – М-Л.: Всесоюз. кооп. объединенное изд-во, 1941. – 68 с.
6. **Серговский П.С.** О рациональных режимах сушки пиломатериалов в высокотемпературных сушилках. Журн/ Деревообраб. пром-сть. – 1962, № 1. – С. 4-8, № 2. – С. 3-5.
7. **Уголев Б.Н.** Деформативность древесины и напряжения при сушке. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 176 с.