

діаметров от пороков. Установлено расчетное сопротивление древесины с трещинами на изгиб.

Лесоматериалы, предел прочности, трещины, строительные конструкции.

УДК674.047

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ КАПА

В.С.Коваль, кандидат технічних наук

Проведені експериментальні дослідження процесу сушіння деревини капа різних порід. Розроблено режими сушіння, що дозволяють зменшити тривалість та енергетичні витрати процесу. Показано, що оптимальним режимом сушіння деревини капа є осцилюючий режим з НВЧ нагріванням та конвекційним охолодженням.

Деревина капа, модель процесу, поле вологості, режим сушіння, техніко – економічна оцінка.

Кап – це доброякісне утворення на стовбурі у вигляді каплеподібного наросту. Обробляється складно через особливості текстури, він міцний, має високу щільність, добре шліфується та полірується. Цінується через свою красу. Використовується в промисловості у вигляді шпону, а також для виробництва дрібних виробів типу шкатулок, жіночих прикрас, оздоблення ручок ножів, лож рушниць, а також цінується різьбярами деревини за неповторну текстуру.

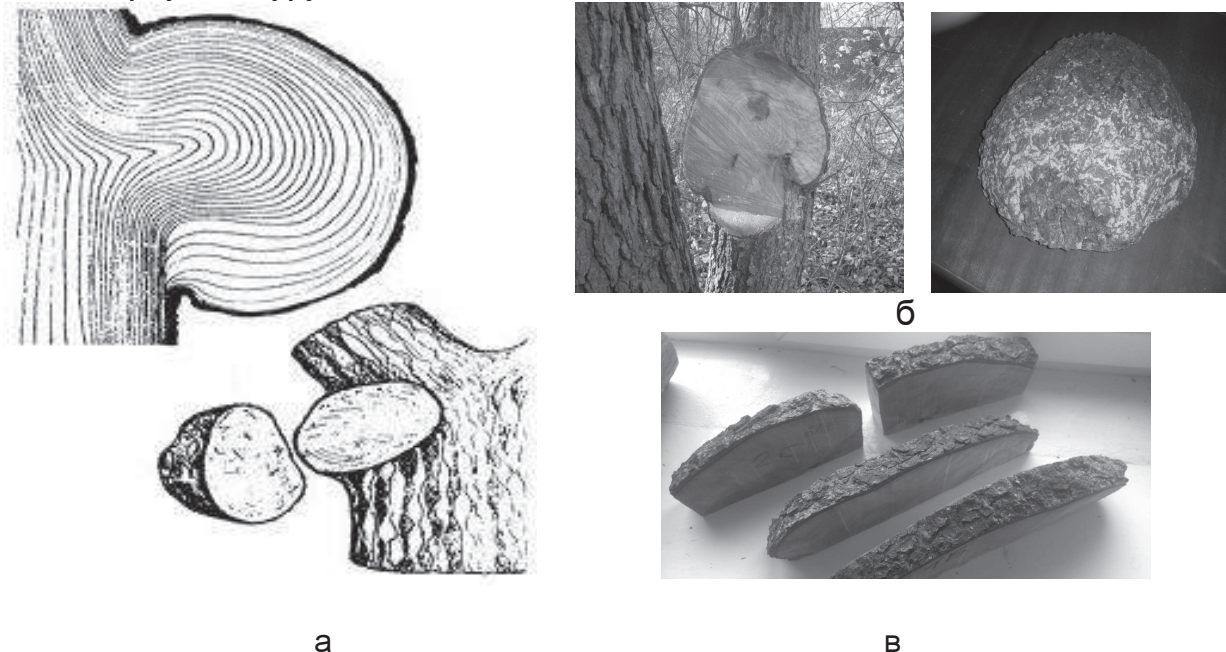


Рис.1. Схематична текстура капа (а), зразок капа вільхи (б) та заготовки для ручок ножів (в)

Для сушіння капів використовується декілька способів: атмосферне сушіння при помірних температурах з тривалістю 0,5 -1 рік, проварювання в олії з терміном сушіння 6-8 год, проварювання в розчині солі і домішками тирси. Ці способи придатні для невеликих зразків капів, або вирізаних з них заготовок. При цьому слід враховувати породу деревини. Заготовки з берези та вільхи при сушінні майже не дають тріщин. Капи з деревини граба, бука, ясена, клена та плодових дерев схильні до розтріскування.

Мета дослідження – розробка способу та режимів сушіння деревини капа, що дає можливість оптимізувати термін сушіння та енергетичні витрати.

Матеріали та методика досліджень. Будова капа показує, що при його відокремленні від стовбура утворюється торцева поверхня з поздовжнім потоком вологи. За умови наявності кори при сушінні кап приймає форму, так званого, напівобмеженого тіла. Тоді розподіл поля вологості за об'ємом матеріалу в процесі сушіння, залежно від параметрів оточуючого середовища, можливо розглядати, використовуючи диференційне рівняння вологопровідності [1].

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a' \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

за початкових та граничних умов:

$$u = u_{\text{поч}}, \text{ при } \tau = 0; \quad a' \left[\frac{\partial u}{\partial x} \right]_{x=x_{\text{ноє}}} = \beta (u_{\text{ноє}} - u_p)$$

Для врахування поздовжнього напрямку потоку вологи рішення рівняння вологопровідності у вигляді напівобмеженого приймає вигляд [2]:

$$K = \text{erf} \left(\frac{z}{2\sqrt{a'\tau}} \right),$$

де a' - коефіцієнт вологопровідності вздовж волокон; z – відстань від торця до місця виміру.

Як видно з наведеної залежності інтенсивність переміщення вологи не залежить від форми поперечного перерізу сортименту, а є функцією квадрату відстані від торця, коефіцієнту вологопровідності деревини вздовж волокон та тривалості процесу сушіння.

На основі наведеного рівняння нами побудована номограма з визначення безрозмірної вологості залежно від відстані до торця та коефіцієнта вологопровідності деревини вздовж волокон для певного моменту часу (рис. 2).

Для аналізу процесу сушіння торцевої зони пиломатеріалів були проведені розрахунки полів вологості деревини, які показали, при наближенні до осі сортименту градієнт поля вологості збільшується та вздовж осі сортименту приймає максимальні значення. Збільшення градієнту вологості в поздовжньому напрямку призводить до збільшення перепаду вологості між поверхневою зоною і середньою гігроскопічною вологістю торцевої зони пиломатеріалу. Як видно з рис.3 максимальні перепади вологості відповідають пиломатеріалам необмеженої товщини.

Відомо, що величина внутрішніх напружень може бути оцінена за величиною перепаду вологості між центральною і поверхневою зоною, та чим більший цей перепад, тим більші напруження в поверхневій зоні. Зростання перепадів вологості із збільшенням товщини пиломатеріалів призводить до росту напружень в поверхневій зоні торця, а отже і небезпеки поверхневого розтріскування деревини.

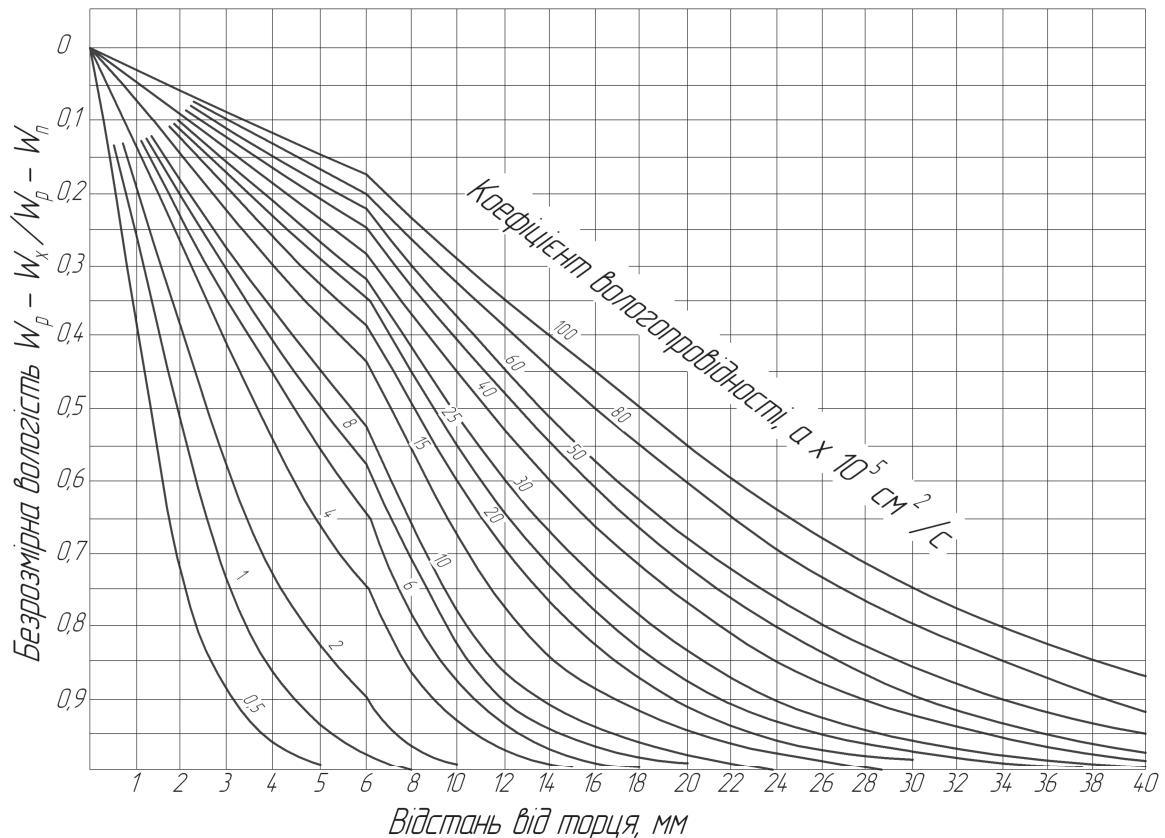


Рис.2. Номограма з розрахунку поля вологості в поздовжньому напрямку сортименту ($\tau= 4$ доби)

За результатами дослідного сушіння, цілісність деревини у торця зберігається тільки тоді, коли режимні параметри середовища знаходяться в області ступеня насиченості сушильного агента близької до одиниці, що робить процес конвекційного сушіння масивного капа занадто тривалим.

Для спеціальних виробів ручок ножів, лож рушниць та інш. доцільно вирізати заготовки, сушіння яких значно спрощується порівняно з масивними капами. Між тим, кожний переріз заготовки являє собою торцеву поверхню, на якій в процесі сушіння виникають тріщини, що спонукає застосовувати м'які режими сушіння.

Для подальшого дослідження нами були вибрані осцилюючі режими сушіння, які дозволяють прискорити процес конвекційного сушіння та зменшити енергетичні витрати. Особливості цього способу є те, що теплова енергія передається матеріалу періодично. Сушіння проводиться циклами, що включають дві стадії - нагрівання та охолодження. На стадії

нагрівання здійснюється передача теплової енергії матеріалу і забезпечується максимально можлива, з точки зору розвитку напружень, швидкість видалення вологи з деревини. На стадії охолодження подача теплової енергії припиняється, а процес сушіння продовжується за рахунок тепла акумульованого деревиною. При цьому інтенсифікується внутрішнє перенесення вологи - волога з центральної зони матеріалу переноситься до поверхні, зволожуючи її. В результаті суттєво зменшуються внутрішні напруження. Цикли повторюються, поки матеріал не досягне кінцевої вологості.

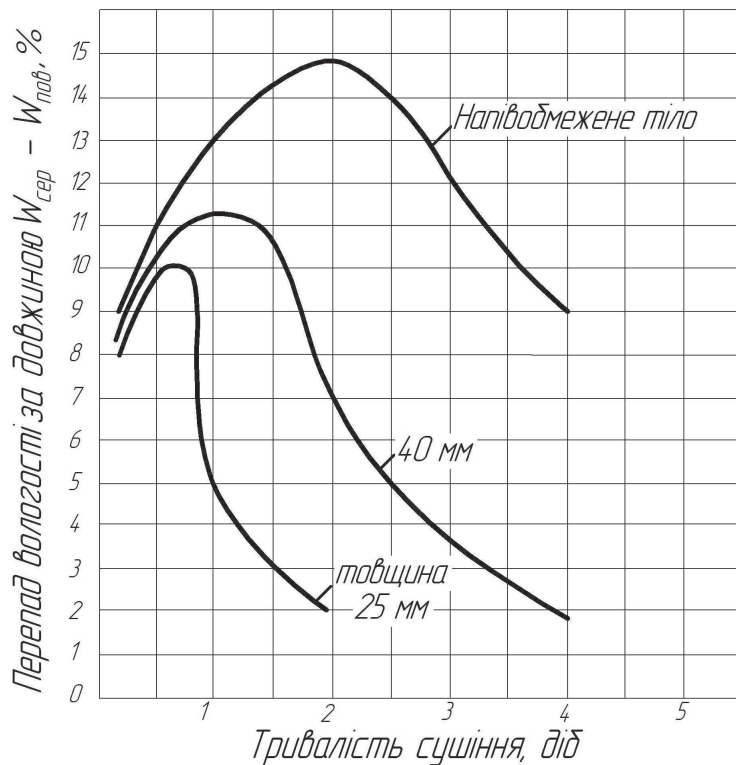


Рис. 3 Перепади вологості за довжиною сортиментів різної товщини в процесі сушіння

Враховуючи те, що стадія прогрівання для деревини твердих листяних порід повинна проходити в насиченому середовищі, запропоновано цю стадію проводити в полі токів НВЧ. Це значно скорочує термін прогрівання та запобігає сушінню поверхневих зон матеріалу.

Результати досліджень. У процесі розробки режимів сушіння капової деревини повинна бути визначена структура режимів. На стадії прогрівання режимними параметрами є температура сушильного агента і тривалість. На стадії охолодження – тривалість. Режимні параметри визначались так:

- температура сушильного агента. Максимальний рівень температури -75°C, встановлено виходячи з максимальної температури, що може бути досягнута при водяному теплоносії. Ця температура забезпечує повне збереження міцності деревини;

- тривалість стадії прогрівання. Найбезпечнішим для цілісності матеріалу є напруження розтягу, що виникають в гігроскопічній зоні на початку процесу сушіння. Тому стадію прогрівання, особливо для деревини твердих листяних порід та деревини капа, доцільно проводити при максимальній ступені насиченості середовища. При прогріванні деревини в полі НВЧ ступінь насиченості сушильного агента є нерегульованим параметром. Враховуючи, що передана енергія концентрується в центральній зоні сортименту прогрівання в полі НВЧ безпечно з точки зору появи торцевих тріщин. При конвекційному прогріванні глибина зони, в якій відбувається зміна вологості суттєво залежить від ступені насиченості сушильного агента. Зі зниженням ступеня насиченості глибина цієї зони зменшується, тому мінімальний ступінь насиченості агента обмежується величиною, встановленою стандартними режимами сушіння. Тривалість стадії конвекційного прогрівання визначається за відомими графіками залежно від товщини матеріалу [3]. Тривалість нагрівання зразків деревини капа в полі НВЧ енергії визначалась експериментально за температурою в центрі сортименту.

- тривалість стадії охолодження. Розрахунок тривалості проведено на основі рішень рівняння теплоперенесення [4] при граничних умовах 111 роду для поверхні пластини з урахуванням перенесення вологи за рахунок термовологопровідності. Розрахунки уточнюються експериментально за кривими сушіння заготовок. (рис.4).

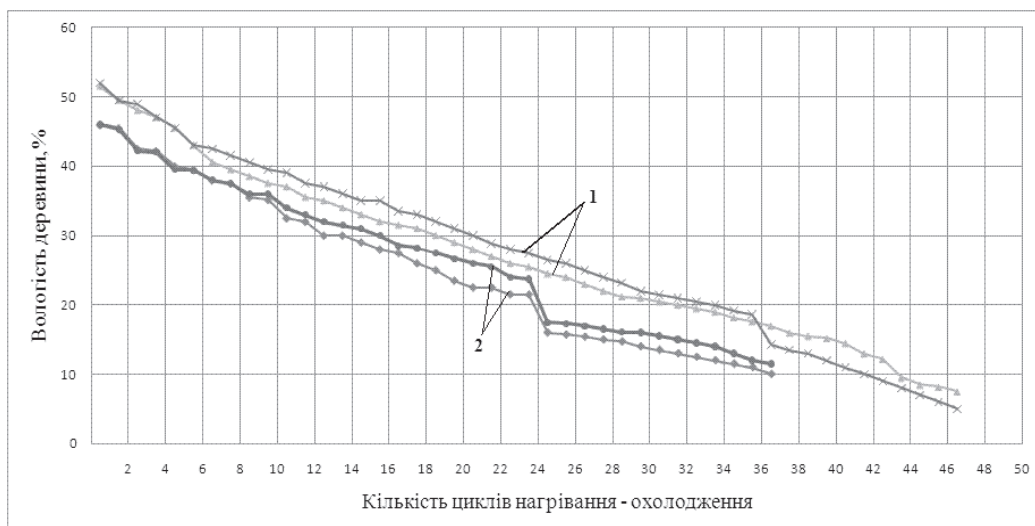


Рис.4. Криві сушіння заготовок деревини капа вільхи осцилюючими режимами:

1 – конвекційний процес; 2 – НВЧ конвекційний процес

За розробленою методикою розрахунку тривалості стадій нагрівання та охолодження визначені режимні параметри процесу сушіння заготовок деревини капа осцилюючими конвекційними та НВЧ конвекційними режимами.

Осцилюючі режими сушіння капових заготовок товщиною 40 мм

Конвекційний режим				НВЧ конвекційний режим			
Стадія режиму	Параметри режиму			Стадія режиму	Параметри режиму		
	t°C	Δt°C	τ, год		t°C	Δt°C	τ, год
Нагрівання	75	2	2	Нагрівання	75	Не контролюється	2 хв
Охолодження		2	2	Охолодження		2	2

Із двох наведених режимів сушіння необхідно віддати перевагу осцилюючому режиму «НВЧ конвекційний», при якому можливе скорочення терміну сушіння заготовок з деревини капа та досягається зниження енерговитрат на нагрівання деревини.

Висновки

1. Проведено аналіз фізичних явищ, що мають місце в процесі сушіння деревини осцилюючими режимами. Встановлена наявність руху вологи до поверхні в стадії «охолодження» під дією градієнта температури та її зволоження.

2. Розраховані параметри та складені осцилюючі режими конвекційного та НВЧ конвекційного процесу сушіння заготовок з деревини капа.

3. Застосування в стадії нагрівання НВЧ енергії дозволяє скоротити термін сушіння та витрату енергії.

Список літератури

1. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. - М.: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Серговский П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С.Серговский. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 400 с.
3. Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки древесины / Б.С.Чудинов. - М.: Наука, 1968. – 255 с.
4. Шубин Г. С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины / Г.С. Шубин. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 248 с.

Проведены экспериментальные исследования процесса сушки древесины капа разных пород. Разработаны режимы сушки, позволяющие сократить продолжительность и энергетические затраты процесса. Показано, что оптимальным режимом сушки каповой древесины является осциллирующий режим с СВЧ нагревом и конвективным охлаждением.

Древесина капа, модель процесса, поле влажности, режим сушки, технико-экономическая оценка.

Experimental study of drying wood burl different breeds. Developed modes of drying can reduce the duration and energy costs of the process. It is shown that the optimal mode of drying mode timber cap is oscillating mode with microwave heating and convective cooling.

Wood burl, process model, the field moisture regime of drying, technical economic evaluation.