

7. Прогнозується, що низький вміст воскових речовин у стеблах ріпаку позитивно вплине на ступінь взаємозв'язку подрібнених частинок із в'язким, тобто адгезія збільшиться.

8. Наявність високопористої внутрішньої паренхімної тканин у стеблах ріпаку робить можливим його використання для виготовлення теплоізоляційних деревиннокомпозиційних матеріалів.

### **Список літератури**

1. Торгашов В.И. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур. / Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий // Химия растительного сырья. – Минск. – 2009. – №4.

*Проанализированы компонентный состав, строение и свойства растительного сырья на основе стеблей рапса, пшенично-ржаной соломы с точки зрения перспективности их использования в производстве стружечных плит и других древеснокомпозиционных материалов.*

***Древеснокомпозиционные материалы, стружечные плиты, растительное сырье, химический состав, структура, пшенично-ржаная солома, стебли рапса.***

*The chemical composition, structure and properties of plant based raw materials such as stalks of rape, wheat and rye straw have been analysed from the viewpoint of their future use in the manufacture of particle boards and other wood-based composite materials.*

***Wood-based composite materials, particle board, plant based raw materials, chemical composition, structure, wheat and rye straw, stalks of rape.***

УДК 674.047

## **ВОЛОГОПРОВІДНІСТЬ ДЕРЕВИНИ ВЗДОВЖ ВОЛОКОН**

***В.С. Коваль, кандидат технічних наук***

***Т.В. Коваль, кандидат фізико-математичних наук***

*Проведені експериментальні дослідження коефіцієнтів вологопровідності деревини сосни, бука і дуба вздовж волокон. Виявлені основні фактори, що впливають на коефіцієнт волог провідності вздовж волокон.*

© В.С. Коваль, Т.В. Коваль, 2013

***Деревина, фізичні характеристики, анатомічна будова, механізм переносу вологи, коефіцієнт вологопровідності, повздовжній рух вологи,***

Одна з найважливіших фізичних характеристик деревини, що дає можливість розраховувати процеси сушіння та зволоження деревини – коефіцієнт вологопровідності деревини. На даний час основну увагу було приділено визначенню коефіцієнтів вологопровідності деревини поперек волокон, так як ними, як правило, визначається тривалість виробничих процесів сушіння деревини, а визначення коефіцієнтів вологопровідності деревини вздовж волокон, крім чисто наукового інтересу, диктується необхідністю вирішення деяких спеціальних задач, пов'язаних з дослідженням процесів сушіння торцевої зони пиломатеріалів, впливу поздовжнього току вологи на тривалість сушіння коротких заготовок та інш.

На основі попередніх досліджень [1] середній коефіцієнт вологопровідності деревини вздовж волокон можливо визначити з співвідношення  $a_{\text{поз}} = 15a_{\text{танг}}$ . Однак, воно не дає можливість оцінити вплив на коефіцієнт вологопровідності деревини вздовж волокон таких важливих факторів як вологість, щільність, температура деревини. Тому **метою даного дослідження** було визначення коефіцієнтів вологопровідності вздовж волокон та оцінка впливу на його величину основних факторів.

*Методика досліджень.* Основними методами визначення коефіцієнтів волого провідності є метод стаціонарного та нестаціонарного току вологи, метод дослідного сушіння та контактного зволоження зразків.

Перші два методи дають можливість отримувати значення коефіцієнтів залежно від вологості деревини, в останніх - середні значення коефіцієнта волого провідності в певному діапазоні вологості.

Одним з самих простих і надійних методів визначення коефіцієнтів волого провідності є метод стаціонарного току вологи [2,3,4].

Суть цього методу наступна. Зразок деревини у вигляді циліндра з ізолюваною бічною поверхнею закріплюється на стаканчику, заповненому водою, поміщується в герметичний посуд в якому підтримується задана температура та відносна вологість повітря. Наявність постійної різниці пружності водяної пари на протилежних поверхнях зразка приводить до встановлення току вологи у зразку. При досягненні постійної кількості вологи, що проходить через зразок (стаціонарний стан), зразок розрізують на

шари перпендикулярні потоку вологи та визначають їх вологість. За цими даними будують криву розподілення вологи за довжиною зразка, графічне диференціювання котрої дає змогу визначити коефіцієнт вологопровідності в різних перетинах зразка за рівнянням:

$$\frac{dM}{dz} = -a' F \frac{du}{dx},$$

де  $\frac{dM}{dz}$  – швидкість току вологи через зразок;  $\frac{du}{dx}$  – градієнт вологості;

F – площа перетину зразка.

**Результати досліджень** з визначення коефіцієнтів волого провідності деревини вздовж волокон проводились на зразках деревини трьох порід – сосни, бука і дуба при температурах 20,50,70°C.

Зразки циліндричної форми діаметром 45-50 мм, довжиною 100 мм виточували з заготовок, що були висушені в атмосферних умовах. На бічну поверхню зразків наносили багатошарове покриття з шеллака, станіоля, гуми. Підготовлені таким чином зразки розміщували в ексікаторі з сірчаною кислотою, в якому повітря перемішувалось за допомогою вентилятора, розміщеного в ексікаторі. В кожній серії дослідів спостереження вели за 10 зразками деревини певної породи, тому наведені в таблиці величини коефіцієнтів вологопровідності є середні значенні з десяти вимірів, при цьому точність отриманих даних знаходиться в межах 2-4%.

Отримані величини коефіцієнтів вологопровідності деревини вздовж волокон та їх залежність від вологості і температури порівняно з аналогічними відомими даними в напрямку поперек волокон. Характер зміни коефіцієнтів вологопровідності залежно від перелічених факторів визначається формою зв'язку вологи з матеріалом та механізмом переносу вологи в ньому.

Відомо, що волога в деревині переміщується двома системами - макро-і мікрокапілярів [5]. Аналіз будови деревини дає можливість передбачити, що в поздовжньому напрямку волога переміщується, головним чином, системою макрокапілярів і, в основному, у вигляді пари. Це вносить особливості в закономірності руху вологи в деревині в поздовжньому напрямку, а значить і впливу факторів на коефіцієнт вологопровідності.

За результатами експериментів, проведених при різних температурах, побудовані залежності коефіцієнта волого провідності вздовж волокон від вологості (рис. 1).

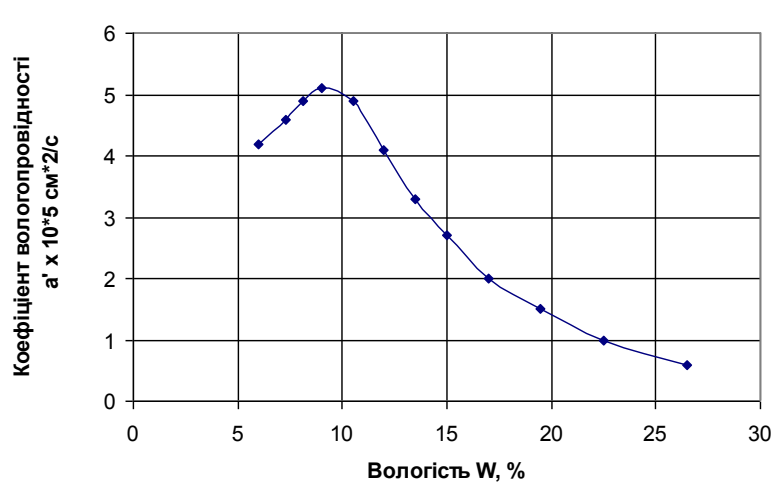


Рис. 1. Залежність коефіцієнта волого провідності вздовж волокон від вологості деревини (сосна, ядро, базова густина  $340 \text{ кг/м}^3$ , температура  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

З рис. 1 видно, що із збільшенням вологості деревини до 9-10% коефіцієнт вологопровідності незначно зростає за рахунок підвищення вологопереносу за другою системою вологопровідних шляхів при збільшенні розмірів макрокапілярів та міжміцелярних проміжків. Але, так як процес, в основному, визначається ефективністю першої системи вологопровідних шляхів (системи макрокапілярів), то незважаючи на збільшення потоку води другою системою при підвищенні вологості деревини, ефективність першої системи вологопровідних шляхів знижується, що можна пояснити зменшенням діаметра отвору (пори) в з'єднаннях судин і клітин. В кінцевому результаті це призводить до зниження коефіцієнта волого провідності в поздовжньому напрямку при збільшенні вологості деревини.

Аналогічно змінюється коефіцієнт вологопровідності в напрямку поперек волокон залежно від вологості, з тією лише різницею, що за різкої різниці ефективності першої та другої систем вологопровідних шляхів в поздовжньому напрямку мінливість коефіцієнта вологопровідності вздовж волокон значно вище, ніж поперек волокон. Переміщення максимуму кривих коефіцієнтів вологопровідності в бік меншої вологості в досліді з поздовжнім током води свідчить про переважне перенесення води в пароподібному стані в діапазоні вологості від 10% до вологості межі гігроскопічності.

Математична обробка кривих залежності коефіцієнта волого-провідності вздовж волокон від вологості матеріалу показує, що криві відповідають рівнянню типу  $a_{\text{позд}} = b \exp cW$ , де  $b$  і  $c$  – постійні коефіцієнти.

### 1. Коефіцієнти вологопровідності деревини вздовж волокон.

Порода деревини	Воло -гість W, %		Температура 20°C				Воло -гість W, %		Температура 50°C				Температура 70°C			
	а' <sub>танг</sub> <sup>10</sup> 6	а' <sub>позд</sub> <sup>10</sup> 5	а' <sub>позд</sub> 5	а' <sub>танг</sub> 6	а' <sub>позд</sub> <sup>10</sup> 5	а' <sub>танг</sub> <sup>10</sup> 6	а' <sub>позд</sub> <sup>10</sup> 5	а' <sub>танг</sub> <sup>10</sup> 6	а' <sub>позд</sub> <sup>10</sup> 5	а' <sub>танг</sub> <sup>10</sup> 6	а' <sub>позд</sub> <sup>10</sup> 5	а' <sub>танг</sub> <sup>10</sup> 6	а' <sub>позд</sub> <sup>10</sup> 5	а' <sub>танг</sub> <sup>10</sup> 6	а' <sub>позд</sub> <sup>10</sup> 5	а' <sub>танг</sub> <sup>10</sup> 6
Сосна (ядро), базова густина 340 кг/м <sup>3</sup>	10	3,36	5,30	15,7	10	8,3	30,0	36,1	10	15	95	64	15	19	51	26,8
	15	4,30	2,75	6,4	15	10,4	15,9	15,2	15	19	51	26,8	19	51	51	26,8
	20	5,40	1,95	3,6	20	12,1	8,6	7,1	20	24	27,5	11,4	24	24	17	7,1
	25	4,98	1,20	2,4	25	12,1	4,7	3,9	24	24	17	7,1	24	24	17	7,1
	30	3,86	0,46	1,2	28	11,4	3,3	2,9	24	-	-	-	-	-	-	-
Бук	10	1,26	2,60	20,6	10	3,48	14,5	42	10	7,1	46	65	7,1	46	46	65
базова густина 495 кг/м <sup>3</sup>	15	1,44	1,30	9,1	15	3,96	7,2	18,2	15	8,1	23	28,4	8,1	23	23	28,4
	20	1,73	0,72	4,1	20	4,75	4,0	8,4	20	9,7	13	13,5	9,7	13	13	13,5
	25	1,80	0,38	2,1	25	4,90	2,2	4,5	24	10,1	7,9	7,8	10,1	7,9	7,9	7,8
	30	1,80	0,22	1,2	28	4,90	1,5	3,1	24	-	-	-	-	-	-	-
Дуб	10	0,36	1,15	31,6	10	1,0	6,6	66	10	1,76	19,5	110	1,76	19,5	19,5	110
базова густина 650 кг/м <sup>3</sup>	15	0,43	0,62	14,6	15	1,1	3,5	30,6	15	2,1	10,5	50	2,1	10,5	10,5	50
	20	0,49	0,38	6,7	20	1,3	1,9	14,6	20	2,37	5,0	23,6	2,37	5,0	5,0	23,6
	25	0,50	0,18	3,6	25	1,3	1,05	8,0	24	2,48	3,4	13,7	2,48	3,4	3,4	13,7
	30	0,48	0,10	2,1	28	1,4	0,73	5,4	24	-	-	-	-	-	-	-

При збільшенні температури деревини коефіцієнт вологопровідності вздовж волокон різко зростає, що пояснюється зростанням коефіцієнту дифузії пари та зменшенням в'язкості рідини. На рис. 2 зображені графіки залежності коефіцієнта вологопровідності деревини вздовж волокон від температури для трьох порід при вологості деревини 10%.

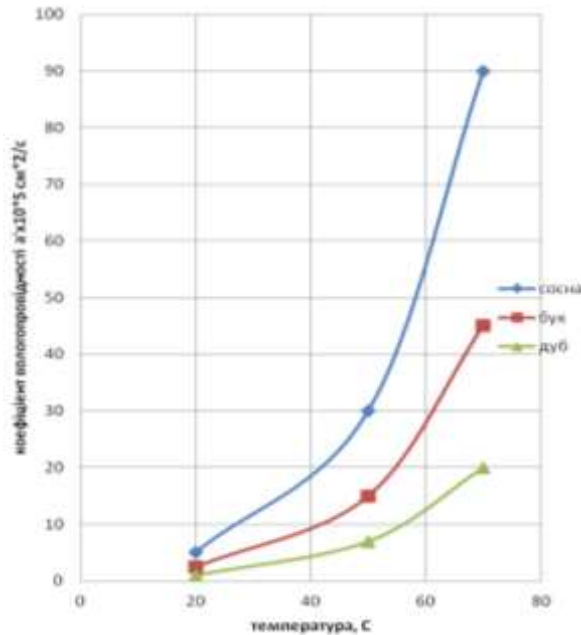


Рис. 2. Залежність коефіцієнта вологопровідності вздовж волокон від температури.

Зображені криві описуються рівнянням:

$$a'_{\text{позд}} = bT^{18}$$

В результаті математичної обробки експериментального матеріалу отримані рівняння з визначення коефіцієнтів вологопровідності вздовж волокон деревини бука, ядра сосни і дуба залежно від температури і вологості матеріалу

$$a'_{\text{позд}} = 0,345 \cdot 10^{-48} T^{18} \exp(-0,122W)$$

$$a'_{\text{позд}} = 0,694 \cdot 10^{-48} T^{18} \exp(-0,122W)$$

$$a'_{\text{позд}} = 0,153 \cdot 10^{-48} T^{18} \exp(-0,122W)$$

Коефіцієнти вологопровідності вздовж волокон отримані нами, а також коефіцієнти вологопровідності в тангенціальному напрямку наведені в таблиці, з даних якої видно, що із зниженням вологості деревини та з підвищенням температури відношення  $\frac{a'_{\text{позд}}}{a'_{\text{танг}}}$

збільшується. При цьому у деревини дуба це співвідношення більше, ніж у деревини сосни і бука, що можливо пояснити впливом судин на збільшення коефіцієнта волого провідності деревини дуба

вздовж волокон, так як цей анатомічний елемент найбільш розвинений в деревині дуба.

Для практичного застосування за наведеними рівняннями побудовані номограми (рис. 3), які дозволяють врахувати коефіцієнти вологопровідності вздовж волокон деревини бука дуба і сосни певної щільності залежно від вологості та температури деревини.

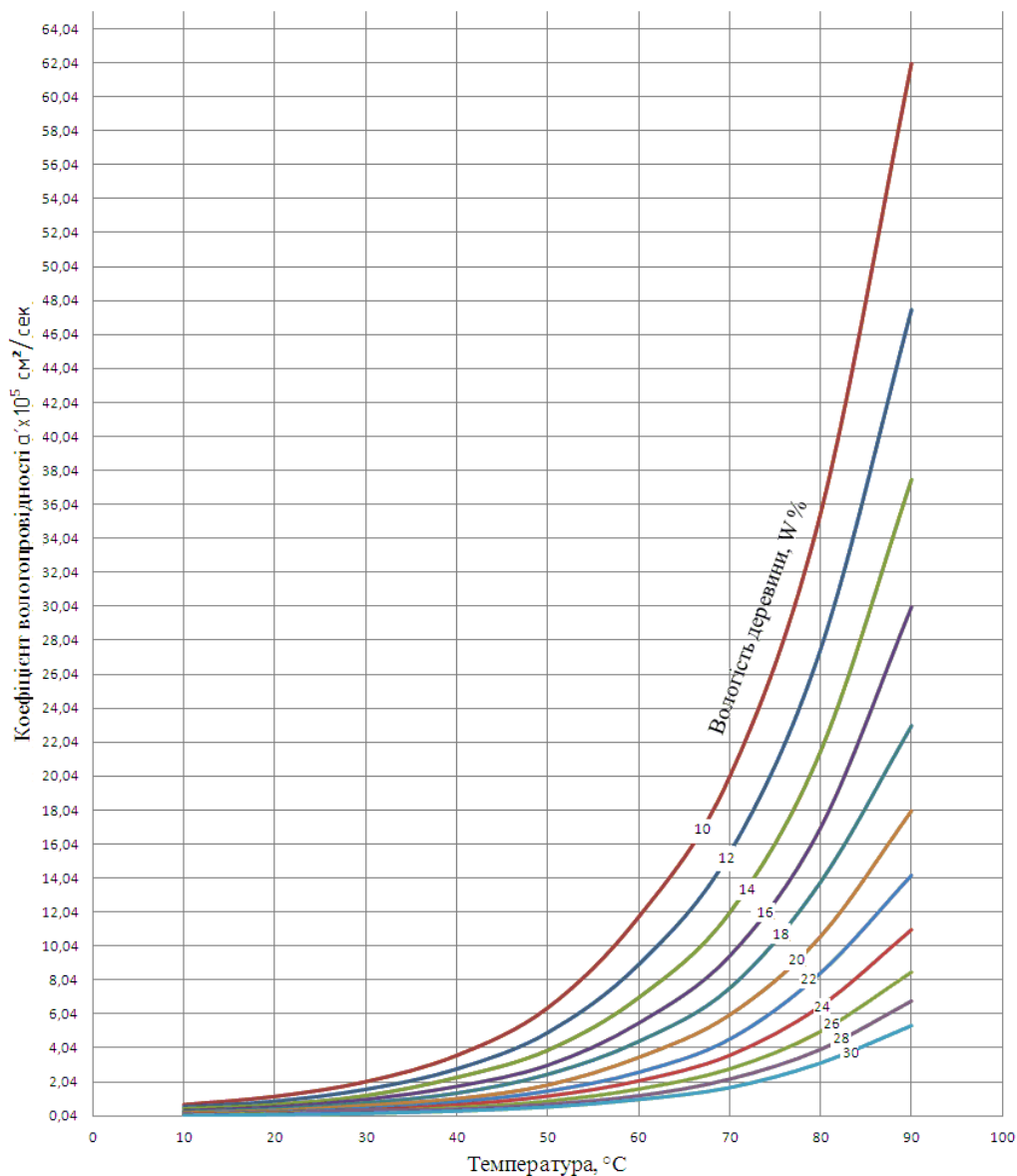


Рис. 3. Номограма значень коефіцієнта вологопровідності деревини дуба вздовж волокон (ядро, базова густина  $650 \text{ кг/м}^3$ ).

Наведені рівняння та номограми отримані для досліджуваної щільності, яка може значно відрізнятись від середньої щільності деревини даної породи. З метою приведення отриманих результатів до середньої щільності деревини даної породи введена залежність коефіцієнту волого провідності від щільності деревини.

Для даних порід ця залежність має вигляд:

- для деревини ядра  $a'_{\text{позд}} = c\rho^{-2,35}$ ;
- для деревини заболоні  $a'_{\text{позд}} = b\rho^{-2,55}$ .

Відповідно до цих залежностей отримані узагальнені рівняння коефіцієнтів вологопровідності вздовж волокон досліджуваних порід:

- для деревини ядра та стиглої деревини:

$$a'_{\text{позд}} = 0,62 \cdot 10^{-42} T^{18} \rho^{-2,35} \exp(-0,122W);$$

- для деревини заболоні та заболонних порід:

$$a'_{\text{позд}} = 0,255 \cdot 10^{-41} T^{18} \rho^{-2,55} \exp(-0,122W).$$

### Висновки

Інтенсивність переміщення вологи в поздовжньому напрямку деревини визначається, в основному, ефективністю перенесення її системою макрокапілярів. В зв'язку з чим, на відміну від поперечного напрямку, виявлено значний вплив вологості деревини на коефіцієнт вологопровідності вздовж волокон.

Визначено співвідношення коефіцієнтів вологопровідності в поздовжньому та поперечному напрямках в діапазоні температур 20 -70 °С і вологості деревини від 10% до межі гігроскопічності.

### Список літератури

1. Кречетов И.В. Сушка древесины / И.В.Кречетов. – М.: Издание «Бриз», 1997. – 496 с.
2. Серговский П.С. Влагодпроводность древесины / П.С. Серговский // Деревообрабатывающая. пром-сть, 1955. – №2. – С. 5.
3. Арциховская Н.В. Исследование влагодпроводности древесины / Н.В. Арциховская // Тр.Института леса АН СССР. – 1953, т.IX. – С. 154–158.
4. Алпаткина Р.П. О влагодпроводности древесины главнейших отечественных пород / Р.П. Серговский // Деревообработ. пром-сть. – 1967. – № 9. – С. 12–14.
5. Stamm A. Bound water diffusion into wood in across the fiber directions/ A.Stamm // Forest Prod. J. – 1960. – Vol. X. – № 10. – P. 32–35.

*Проведены экспериментальные исследования коэффициентов влагодпроводности древесины сосны, бука и дуба вдоль волокон. Выявлены основные факторы, влияющие на коэффициент влагодпроводности вдоль волокон.*

***Древесина, физические характеристики, анатомическое строение, механизм переноса влаги, коэффициент влагодпроводности, продольный поток влаги.***

*Experimental study of hydraulic conductivity coefficient of pine, beech and oak wood along the grain. The main factors affecting the coefficient of hydraulic conductivity along the fibers.*



***Wood, physical characteristics, anatomy, mechanism of moisture transport, the coefficient of hydraulic conductivity, the longitudinal flow of moisture.***

УДК 674.09:674.093

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗКРОЮ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ З ВРАХУВАННЯМ РОЗМІРНО-ЯКІСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

***В.С. Коваль, кандидат технічних наук  
С.М. Мазурчук, здобувач***

*Проаналізовано попередні дослідження процесів розкрою пиломатеріалів на заготовки з урахуванням розмірно-якісної характеристики пиломатеріалів при їх скануванні. Показано можливість підвищення об'ємного і якісного виходу заготовок.*

***Специфікаційна пилопродукція, розпилювання, оптимізація, дефекти, пиломатеріал, заготовки, план-розкрою, корисний вихід***

Оптимізація технології розпилювання пиломатеріалів на заготовки є одним із дійових напрямів підвищення виходу заготовок і є передумовою раціонального використання деревини. Ефективність результатів розпилювання пиломатеріалів на заготовки залежить переважно від достовірності результатів опису пиломатеріалу за якістю, формою та розмірами. Збільшення виходу заготовок із пиломатеріалів при застосуванні оптимізованих схем розкрою від аналогічних даних, отриманих при виробничих розпилюваннях в окремих випадках може становити понад 10 %, що свідчить про актуальність реалізації технології розпилювання пиломатеріалів на заготовки, яка враховує розмірно-якісну характеристику.

Оптимізація технологічного процесу розкрою пиломатеріалів на заготовки ускладнюється наявністю вад деревини та нерівномірністю її фізико-механічних властивостей. На відміну від аналогічних задач, які вирішуються для розкрою плитних матеріалів, розкрій пиломатеріалів на заготовки характеризується значною складністю та певними труднощами, що виникають під час програмної реалізації математичного опису якості сировини.

Основний внесок у розроблення класичних методів лінійного, нелінійного та динамічного програмування для оптимізації плану

© В.С. Коваль, С.М. Мазурчук, 2013