

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 630*81 Проф. І.С. Вінтонів, канд. біол. наук; доц. І.М. Сопушинський,
канд. с.-г. наук; ст. викл. Р.В. Вінтонів – НЛТУ України, м. Львів

ГУСТИНА ТА ЩІЛЬНІСТЬ ДЕРЕВИНИ

Проаналізовано особливості використання термінів щільність та густина в контексті капілярно-пористої структури деревини. Розглянуто сутність і значення різних видів щільності деревини як колоїдно-капілярно-пористого матеріалу. Наведено типи пористості деревини та особливості їх визначення. Зроблено висновки щодо доцільності використання різних видів щільності деревини під час її кваліметрії.

Ключові слова: деревина, деревинна речовина, щільність, густина.

У ксилемі стовбурів деревних рослин клітинні оболонки сформовані у водному середовищі з тканин, які виконують, запасну та провідну функції. Об'єм біосинтезованих тканин складається із гомогенних (homos – однорідний) волокон [7, 8] целюлози, геміцелюлози, склеєних (сцементованих) лігніном, і мікропор, заповнених гомогенною гігроскопічною зв'язаною вологою. Внутрішні порожнини клітин деревини заповнені гомогенною вільною водою. Масу біосинтезованих гомогенних волокон називають деревинною речовиною [2, 8-13].

Деревину відносять до капілярно-пористих гетерогенних (heterohepīs –різнорідний) матеріалів [1-5]. Складниками її є маса деревинної речовини, води і повітря. Повітря не враховують – його маса в об'ємі пористої деревини не значна. Для обґрунтування фізичного змісту щільності та густини гетерогенної деревини за базисні параметри доцільно брати базисний об'єм стиглої деревини і масу деревинної речовини в ньому. У процесі висихання деревини зменшується базисний об'єм, а маса деревинної речовини постійна (*const*) як у базисному стані, так і в абсолютно сухому стані.

Базисний об'єм деревини живого дерева складається з об'єму деревинної речовини, об'єму мікро- та макропор, заповнених водою та повітрям. Якщо прийняти об'єм стиглої деревини за базис, в якому мікро- та макропори займають значну частку об'єму, то базисна пористість (Π_0 , %) становить:

$$\Pi_0 = \frac{V_{\text{сн.}} - V_{\text{д.р.}}}{V_{\text{сн.}}},$$

де: $V_{\text{сн.}}$ – об'єм стиглої деревини при абсолютній вологості $W \geq 30$ %, см^3 ; $V_{\text{д.р.}}$ – об'єм деревинної речовини в пористій структурі клітинної оболонки, см^3 .

Пориста структура клітинних оболонок характеризується щільністю, а не густиною, оскільки складається з об'ємної маси (густини) деревинної речовини та об'ємної маси (густини) гігроскопічної вологи, яка заповнює її мікропори. Об'єм стиглої пористої деревини – це структурована деревинна речо-

вина, вода і повітря. Визначальними для характеристики щільності стиглої деревини є маса води і маса структурованої деревинної речовини.

Густину гомогенної води визначаємо за формулою

$$\rho = \frac{m}{V},$$

де: ρ – густина гомогенної води, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$; m – маса гомогенної води, г ; V – об'єм гомогенної води, см^3 .

Густина дистильованої води при 4°C становить $1\text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ [1, 3, 4]. Вона зазвичай зменшується із зростанням температури внаслідок теплового розширення і збільшується у разі підвищення тиску. Для більшості гомогенних речовин під час переходу з рідкого у твердий стан густина зазвичай зростає, за винятком води. Густину біосинтезованої гомогенної деревинної речовини визначаємо за формулою

$$\rho_{d.p.} = \frac{m_{d.p.}}{V_{d.p.}},$$

де: $\rho_{d.p.}$ – густина деревинної речовини, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$; $m_{d.p.}$ – маса деревинної речовини (маса сухої деревини), г ; $V_{d.p.}$ – об'єм деревинної речовини, см^3 .

Густина деревинної речовини, визначеної у воді, становить $1,53 - 1,54\text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$, а у гелії – $1,44-1,46\text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ [2, 9-11]. У міжнародній практиці цей показник густини деревинної речовини приймають за $1,5\text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$ [13]. Деревина – неоднорідна речовина. Щільність неоднорідної речовини (структурованої пористої деревини) визначають відношенням маси до об'єму, коли об'єм досягає фіксованої точки [1, 3-5]. За фіксовану точку визначення об'єму доцільно приймати базисний об'єм деревини в живому дереві.

Визначення густини двох речовин (деревини, води) за стандартних умов називають відносною густиною. Для рідких і твердих речовин її визначають відповідно до густини дистильованої води за температури 4°C . Цей показник характеризує коефіцієнт заповнення об'єму деревини абсолютною густиною деревинної речовини.

Густину тканин, яка визначає її міцність, зовнішній вигляд та інші властивості, що характеризують вміст волокнистого матеріалу в одиниці об'єму, називають абсолютною густиною. Для пористих тіл розрізняють істинну густину без урахування внутрішніх пор (густина деревної речовини) і умовну, яку визначають відношенням маси деревинної речовини до його загального об'єму [1, 3, 4]. У літературі з деревинознавства відношення маси деревинної речовини у живому дереві до його загального об'єму називали умовною густиною ($\rho_{\text{ум.}} = m / V_{\text{max}}$) [9]. Поняття умовної густини для деревини неточне, тому що цей показник характеризує базисну щільність [2, 10, 11]. Фізичний зміст базисної щільності розкриває вміст фітомаси в базисному об'ємі живого дерева. У деревинознавчій літературі [2, 11, 12] зміну щільності деревини за абсолютної вологості від межі насичення клітинних стінок до абсолютно сухого стану характеризують показником парціальна щільність, проте фізичний зміст якої відображає відносна щільність.

У загальному об'ємі стиглої деревини деревинна речовина займає частку об'єму, в якій мікропори заповнені гігроскопічною вологою ($W_{\text{с.н.}}$). Загальний об'єм стиглої деревини складається з мікропор клітинних оболонок і макропор внутрішніх порожнин клітин. Враховуючи частку густини деревинної речовини в об'ємі деревини живих дерев і відносну густину деревинної речовини, базисну пористість визначаємо за формулою

$$P_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{\text{д.р.}}}\right) \times 100\%.$$

В об'ємі свіжозрубаної деревини є частка відносної густини структурованої деревинної речовини. Структуровані клітинні оболонки насичені гігроскопічною вологою. У процесі усихання фізичний колоїдно-капілярно-пористий стан деревини переходить у капілярно -пористий.

Під час визначення показників щільності деревини, які враховуються у технологічних процесах – від заготівлі й до кінцевої реалізації деревинної сировини – приймають базисну щільність, що характеризується відношенням фітомаси стиглої деревини (маса абсолютно сухої деревини) до її базисного об'єму в свіжозрубаному стані, а саме:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_{\text{с.н.}}},$$

де: ρ_0 – базисна щільність деревини, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$; m_0 – фіто маса деревини (маса деревини в абсолютно сухому стані), г; $V_{\text{с.н.}}$ – максимальний об'єм деревини за абсолютної вологості $W \geq 30\%$, см^3 . Під час заготівлі деревинної сировини визначають щільність свіжозрубаної деревини, в одиниці об'єму якої враховують масу деревинної речовини і масу води, а саме:

$$\rho_{\text{с.з.с.}} = \frac{m_{\text{д.р.}} + m_{\text{е}}}{V_{\text{max}}},$$

де: $\rho_{\text{с.з.с.}}$ – щільність свіжозрубаної деревини, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$; $m_{\text{д.р.}}$ – маса деревинної речовини (фітомаса), г; $m_{\text{е}}$ – маса води, г; V_{max} – об'єм деревини з вологістю у свіжозрубаному стані ($W \geq 30\%$), см^3 .

Сезонні зміни вологості у стовбурах живих дерев істотно впливають на масу одиниці об'єму заготовленої деревинної сировини, що необхідно враховувати під час її кваліметрії. За величиною базисної щільності та вмістом абсолютної вологості в свіжозрубаній деревині визначають фітомасу деревинної речовини в об'ємі заготовленої деревинної сировини.

Базисна щільність деревини у технологічних процесах оброблення (сушіння, модифікації) трансформується у парціальну щільність ($\rho_{\text{парц.}}$), яка змінюється від свіжозрубаного стану до абсолютно сухого, що пов'язано із зменшенням макро- і мікропор в об'ємі деревини у процесі усихання:

$$\rho_{\text{парц.}} = \frac{m_0}{V_{0\% \leq W \leq 30\%}},$$

де $V_{0\% \leq W \leq 30\%}$ – об'єм деревини за вологості від межі насичення клітинних оболонок до абсолютно сухого стану, см^3 . Парціальна щільність відображає градієнт об'єму деревини внаслідок зміни гігроскопічної вологості від межі насичення клітинних оболонок до абсолютно сухого стану за постійної маси (const) деревинної речовини [6, 12].

Урівноважена гігроскопічна вологість в деревині становить 12 % за умови її зберігання у середовищі за температури 20°C і відносної вологості повітря $65^{\pm 5}\%$ [2, 10, 14]. Цю величину називають нормалізованою вологістю деревини. Щільність за нормалізованою вологістю – це відношення маси зразка за вологості 12 % до його об'єму за тієї ж вологості ($\rho_{12} = m_{12} / V_{12}$).

У світовій практиці використовують показник – експлуатаційна щільність, яку визначають відношенням маси в абсолютно сухому стані до об'єму за експлуатаційної вологості 12-15 % ($\rho_e = m_0 / V_{12...15\%}$) [2, 8]. Щільність деревини в абсолютно сухому стані визначають як відношення маси деревини до її об'єму за вологості $W_{\text{абс.}} = 0\%$ ($\rho_0 = m_0 / V_0$). Відомо [5], що щільність клітинних оболонок і щільність деревинної речовини вирізняються приблизно на 10 %. Навіть в абсолютно сухій деревині залишаються тонкі капіляри. Об'єм мікропор у сухій деревині становить приблизно 3,4 % [2, 5]. Пористість абсолютно сухої деревини визначають за формулою

$$P_0 = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{\text{д.р.}}} \right) \times 100\%,$$

де: P_0 – пористість деревини в абсолютно сухому стані, %; ρ_0 – щільність деревини в абсолютно сухому стані, $\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$.

Зростання внутрішніх напружень у деревині в процесі усування затримує частину макро- і мікропор (недопущена деформація усування). Об'єм мікропор у абсолютно сухій деревині буде більший ніж 3,4 %.

Висновки. Дані аналізу понять щільності та густини капілярно-пористої деревини дають змогу зробити такі висновки:

1. Сстигла деревина у свіжозрубаному стані характеризується фізичною величиною – щільністю, а не густиною, оскільки біосинтезований об'єм деревини сформований із частки відносної густини деревинної речовини (const), мікропор, заповнених гігроскопічною вологою, і макропор, заповнених вільною водою і повітрям.
2. Деревина від повного насичення клітинних оболонок гігроскопічною вологою і до абсолютно сухого стану зменшується за об'ємом і характеризується щільністю. У клітинній оболонці сухої деревини субмікро- та макропори заповнені повітрям.
3. Базисна щільність характеризує біологічну продуктивність деревостанів за фітомасою деревинної речовини у стовбурах живих дерев та розкриває закономірності впливу лісорослинних умов на формування фітомаси ксилеми біологічних видів.
4. Базисну щільність як інтегральний показник якості доцільно використовувати у кваліметрії деревинної сировини лісгосподарського та деревообробувального комплексів.

Література

1. Большая Советская Энциклопедия. – У 30-ти т. – М. : Изд-во "Наука", 1969-1978. – Т. 25. – 864 с.
2. Вінтонів І.С. Деревинознавство : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Вид-во "Апріорі", 2007. – 312 с.
3. Гороновский И.Т. Краткий справочник по химии / И.Т. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч / под ред. А.Т. Пилипенко. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1987. – 829 с.
4. Измерение массы, объема и плотности / С.И. Гаузнер, С.С. Кивилис, А.П. Осокина, А.Н. Павловский. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 623 с.
5. Полубояринов О.И. Плотность древесины : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / О.И. Полубояринов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1976. – 159 с.
6. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1975. – 400 с.
7. Сопушинський І.М. Класифікація та оцінка якості декоративної деревини: клена-явора (*Acer pseudoplatanus* L.), бука (*Fagus sylvatica* L.) та ясена (*Fraxinus excelsior* L.) / І.М. Сопушинський // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.2. – С. 106-111.
8. Справочное руководство по древесине / Лаборатория лесных продуктов США : пер. с англ. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1979. – 544 с.
9. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник [для студ. ВУЗов] / Б.Н. Уголев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1975. – 384 с.
10. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение : учебник [для уч. сред. проф.-техн. образов.] / Б.Н. Уголев. – Изд. 2-ое, [стер.]. – М. : Изд. центр "Академия", 2006. – 272 с.
11. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник [для студ. ВУЗов] / Б.Н. Уголев. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1986. – 368 с.
12. Чудинов Б.С. Вода в древесине / Б.С. Чудинов. – Новосибирск : Изд-во "Наука", 1984. – 270 с.
13. Kollmann F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe: Anatomie u. Pathologie, Chemie, Physik, Elastizität u. Festigkeit / F. Kollmann. – [2., neubearb. u. erw. Aufl. 1951, Repr.] – Berlin : Verlag Springer Verlag, 1982. – Band 1. – 1050 s.
14. Normen für Holz: DIN-Taschenbuch 31. – [8^{te} Aufl.]. – Berlin : Verlag Beuth Verlag GmbH, 2009. – 604 s.

Винтонів І.С., Сопушинський І.Н., Винтонів Р.В. Плотность древесины

Проанализированы особенности использования термина плотность в контексте капиллярно-пористой древесины. Раскрыта сущность и значение различных видов плотности древесины как коллоидно-капиллярно-пористого материала. Приведены виды пористости древесины и особенности их определения. Сделаны выводы о целесообразности использования различных видов плотности древесины при ее квалиметрии.

Ключевые слова: древесина, древесинное вещество, плотность.

Vintoniv I.S., Sopushynskyy I.M., Vintoniv R.V. Wood density

The features of the terms density in the context of capillary-porous wood are analyzed. The essence and value of different kinds of wood density as colloidal capillary-porous material are expressed. These types of wood porosity and their definitions are described. The conclusions on the expediency using different types of wood density by its qualimetry are given.

Keywords: wood, wood matter, density.