

теризуються розгалуженою сіткою заповідників (123,6 тис. га), національних природних парків (115,5 тис. га), регіональних ландшафтних парків (73 тис. га), пам'яток природи (59,8 тис. га) тощо. Особливо малий відсоток лісів спецпризначення в деяких об'єктах лісовпорядкування можна пояснити різними причинами. Основними є природна обмеженість лісових площ в деяких регіонах, наявність великих міст та промислових об'єктів, спрямованість ведення лісового господарства на користування деревними ресурсами лісу.

У табл. 5 подано згруповані в класи частку площ лісів, що виконують переважно водоохоронні функції в розрізі об'єднань.

**Табл. 5. Групування лісів, що виконують переважно водоохоронні функції**

| -σ               |   | +σ             |   | +2σ          |    | +4σ        |    |
|------------------|---|----------------|---|--------------|----|------------|----|
| ДЛГО             | % | ДЛГО           | % | ДЛГО         | %  | ДЛГО       | %  |
| Дніпропетровське | 0 | Кіровоградське | 4 | Закарпатське | 11 | Полтавське | 26 |
| Донецьке         | 0 | Волинське      | 4 |              |    |            |    |
| Запорізьке       | 0 | Чернігівське   | 5 |              |    |            |    |
| Кримське         | 0 | Прикарпатське  | 5 |              |    |            |    |
| Луганське        | 0 | Київське       | 5 |              |    |            |    |
| Миколаївське     | 0 | Чернівецьке    | 6 |              |    |            |    |
| Одеське          | 0 | Черкаське      | 7 |              |    |            |    |
| Тернопільське    | 0 | Харківське     | 8 |              |    |            |    |
| Херсонське       | 0 | Сумське        | 9 |              |    |            |    |
| Львівське        | 1 |                |   |              |    |            |    |
| Хмельницьке      | 2 |                |   |              |    |            |    |
| Рівненське       | 2 |                |   |              |    |            |    |
| Вінницьке        | 2 |                |   |              |    |            |    |
| Житомирське      | 3 |                |   |              |    |            |    |

Ліси, що виконують переважно водоохоронні функції, становлять лише 4,4 % від площі лісового фонду України. Характерним є той факт, що такі категорії повністю відсутні в Степовій частині.

Решту регіонів характеризуються збільшенням частки водоохоронних лісів в лісовому фонді області пропорційно до зростання щільності та потужності гідрологічної сітки. Відповідно і зростає вага таких регіонів в загальній площі водоохоронних лісів.

Частка лісів спеціального цільового та водоохоронного призначення є не достатньо вагомою в лісовому фонді більшості державних лісгосподарських об'єднань. Пересічена місцевість, густа гідрологічна сітка, неоптимальна лісистість, зниження рівня ґрунтових вод та інші чинники вказують на перспективу збільшення площі лісів I групи за рахунок створення насаджень з пріоритетним використанням їх водоохоронних та захисних властивостей.

Висновки. Аналіз розрахунків вказує на комплексне використання земель лісового фонду України і водночас на потенційний резерв у користуванні корисними властивостями лісу. Наявність широкого спектру категорій захисності створює об'єктивні умови для різнопланового використання природних ресурсів та поліфункціональності лісу.

Невнормована екологічна ситуація вимагає прийняття рішень, внаслідок яких частка I групи лісів зростала б за рахунок розширення площі лісів,

що виконують переважно водоохоронні та захисні функції. На даний час їх частки діаметрально протилежні за величиною серед виділених категорій захисності. Коливання частки площ деяких груп категорій захисності від середньостатистичної величини в межах об'єкта становить понад 2-3 і навіть 4 стандартні відхилення.

Структура категорій захисності в межах I групи лісів вказує на використання таких корисних властивостей лісу як середовищевірні, рекреаційні, екологічні тощо.

## Література

1. Генсірук С.А., Боднар В.С. Лісові ресурси України, їх охорона і використання. – К.: Наук. думка, 1973. – 526 с.
2. Генсірук С.А. Ліси України. – К.: Наук. думка, 1992. – 408 с.
3. Дейнека А.М. Динаміка та тенденції розвитку лісового господарства Львівщини// Наук. вісник УкрДЛТУ: Лісівничі дослідження в Україні. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.4. – С. 9-17.
4. Короткий довідник лісового фонду України (за матеріалами обліку лісів станом на 01.01.2002). – Ірпінь: ВО "Укрдержліспроєкт", 2003. – 149 с.
5. Синицын С.Г. Рациональное лесопользование. – М.: Агропромиздат, 1987. – 333 с.
6. Синицын С.Г. Методология анализа динамики лесопользования// Лесное хозяйство. – 1978, № 7. – С. 55-59.
7. Середін В.І., Парпан В.І. Ліс – база відпочинку. – Ужгород: Карпати, 1988. – 107 с.
8. Статистичний щорічник України за 2000 рік/ За ред. О.Г. Осауленка. – Держкомстат України. – К.: Техніка, 2001. – 598 с.
9. Юхновський В.Ю. Лісоагратні ландшафти рівнинної України: оптимізація, нормативи, екологічні аспекти. – К.: Інститут аграрної економіки, 2003. – 273 с.
10. Forest in Poland. Warszawa: The State Forests information Center, 2000. – P. 48.

УДК 681.817.061.6

Ст. наук. співроб. С.С. Мергель,  
канд. техн. наук – УкрДЛТУ

## ВИЗНАЧЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРЕВИНИ ЯЛИЦІ БІЛОЇ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ТА ВПЛИВ ДОВЖИНИ НА ПОШИРЕННЯ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ

Встановлено, що деревина ялиці білої європейської за своїми акустичними характеристиками цілком придатна для виробництва високоякісної резонансної дощечки. Експериментально визначено, що значення акустичної константи деревини ялиці білої європейської становить 12,1, а за визначенням комплексної акустичної константи її середнє значення дорівнює 771. Доведено, що зміна впливу довжини зразків деревини на швидкість поширення звукових коливань, модуля пружності та акустичної константи незначні, а такі показники як основна резонансна частота і логарифмічний декремент затухань звукових коливань змінюються істотно.

Senior scientific employee S.S. Merhel – USUFWT

## Determination of acoustic characteristics of European white fir wood and influence of length on the acoustic vibration spreading

It's determined that European white fir wood by its acoustic characteristics is completely suitable for making of high quality sounding board. It's experimentally determined that the value of European white fir wood acoustic constant is 12.1, and by determination of complex acoustic constant its mean value is 771. It's proved that change of influence of length wood samples on the speed of acoustic vibration spreading, resilience mo-

dule and acoustic constant are small, and such indices as main resonant frequency and logarithmic attenuation decrement of acoustic vibration change greatly.

### 1. Вступ

Ялиця біла європейська росте в гірських районах Центральної й Північної Європи. Вона зустрічається у Польщі й далі на південь до Карпат. Якість деревини хвойних порід визначається умовами росту, особливо на високогір'ях Карпат. Таким чином, кращою буде деревина, зрубана з північних, а не з південних районів Карпат. Однак ця умова не завжди відповідає цим вимогам, тому що не тільки висота місцевості н.р.м., а й повнота насаджень значно впливає на якість деревини. Завдяки цим умовам на різних висотах н.р.м. заготовляють різні за якістю лісоматеріали.

Деревина ялиці білої європейської нагадує деревину ялини звичайної за її однорідним білим кольором, але дещо меншим блиском. Вона не має смоляних ходів, її деревина прямоволокониста із дрібними річними приростами, й щільністю у сухому стані  $480 \text{ кг/м}^3$  [1]. Основні фізико-механічні характеристики ялиці білої європейської близькі до деревини ялини звичайної. Деревина ялиці білої європейської, як і ялини звичайної, є високоякісним резонансним пиломатеріалом для виробництва резонаторів дерев'яних музичних інструментів. На відміну від ялиці білої європейської, деревина ялиці гімалайської має щільність у сухому стані  $430 \text{ кг/м}^3$  [1]. В ялиці сибірської відсутні смоляні ходи, але в ній є смоляні клітини, які виділяють смолу. Характерно, що ялиця сибірська легша за інші породи ялиці, а щільність її у сухому стані  $360 \text{ кг/м}^3$  [1]. З ялиці сибірської також виробляють резонансні пиломатеріали. Ялиця Семенова росте в горах Середньої Азії. Деревина ялиці Семенова без смоляних ходів, але в ній є смоляні клітини. Щільність її у сухому стані така ж, як в ялиці сибірської –  $360 \text{ кг/м}^3$  [1]. Вона добре піддається сушінню, її також використовують для виробництва резонансних пиломатеріалів. Ялиця кавказька росте в горах Західного Кавказу. Деревина ялиці кавказької без смоляних ходів, однорідного білого кольору, щільність її у сухому стані  $380 \text{ кг/м}^3$  [1]. Використовують ялицю кавказьку для виробництва резонансних пиломатеріалів. Оцінюючи різні породи деревини ялиці, можна стверджувати, що вона за своїми фізико-механічними характеристиками не гірша за резонансну деревину ялини звичайної, яка цілком придатна для виробництва високоякісних резонансних пиломатеріалів.

### 2. Постановка завдання та методичні засади

Однією з важливих акустичних характеристик деревини, яка найбільш вагомо впливає на якість звучання дерев'яних музичних інструментів, є акустична константа  $A$  у  $\text{м}^4/(\text{кг} \cdot \text{с})$  [2, 3], яка визначається модулем пружності  $E$  у  $\text{ГПа}$  та її щільністю  $\rho$  у  $\text{кг/м}^3$  або, враховуючи, що вираз  $E = \rho c^2$  прийме значення швидкості поширення звуку у деревині  $c$  у  $\text{м/с}$ , тоді акустичну константу  $A$  визначимо за формулою:

$$A = \frac{c}{\rho} = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}. \quad (1)$$

Серед інших методів вимірювання параметрів, необхідних для визначення акустичної константи, є резонансний метод. Суть цього методу полягає в тому, що, якщо на одному кінці зразка деревини деякої довжини  $l$  збудити звукові коливання, то в ньому виникнуть звукові хвилі. При цьому на частотах, на яких довжина зразка деревини  $l$  кратна півхвилі ( $l = k\lambda/2$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots$ ), на протилежному кінці зразка спостерігатиметься максимальна амплітуда коливань, тобто виникнення резонансних явищ. Вздовж зразка деревини утворюються стоячі звукові хвилі з пучностями на його кінцях.

Резонансна частота  $f_{\text{рез}}$ , при якій настає перший резонанс, відповідає основній резонансній частоті деревини (основному тону), а вищі резонансні частоти  $f_k$  ( $k = 2, 3, \dots$ ) – обертонам.

Швидкість поширення звуку у деревині  $c$ , яка необхідна для визначення акустичної константи, визначають через одну з резонансних частот  $f_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ), виміряну як частоту  $f_k$  на якій досягається максимальна амплітуда коливань на протилежному кінці зразка, та довжину зразка  $l$  за формулою:

$$c = 2l f_k / k. \quad (2)$$

Найчастіше  $c$  визначають за основною резонансною частотою  $f_{\text{рез}}$ :

$$c = 2l f_{\text{рез}}. \quad (3)$$

Однак, висока інтенсивність випромінювання звуку деревиною забезпечується не тільки пружністю й в'язкістю, але й здатністю матеріалу поглинати енергію звукових коливань [2, 3]. У результаті поглинання енергії збуджені звукові коливання у деревині з часом згасають.

Втрати енергії у деревині внаслідок поглинання оцінюють коефіцієнтом втрат  $\eta$ , який наближено можна визначити по ширині резонансної кривої, знятої на одній з резонансних частот деревини, за формулою:

$$\eta = \frac{\Delta f}{f_{\text{рез}}}, \quad (4)$$

де:  $f_{\text{рез}}$  – резонансна частота деревини (найчастіше – це основна, тобто перша резонансна частота);  $\Delta f$  – ширина смуги частот, визначена по резонансній кривій на рівні  $1/\sqrt{2}$ , відрахованої від максимального значення.

Логарифмічний декремент затухань звукових коливань  $d$  у  $\text{Нн}$  визначали із співвідношення:

$$d = \pi \cdot \eta. \quad (5)$$

Визначення питомого акустичного опору  $\xi \cdot 10^6$  у  $\text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$  має практичне значення для якісної оцінки акустичних властивостей деревини, який визначають за формулою:

$$\xi = \rho \cdot c. \quad (6)$$

Для комплексної оцінки акустичних властивостей деревини, зокрема, впливу її пружності та в'язкості на якість звучання дерев'яних музичних

інструментів доцільніше використовувати комплексну акустичну константу  $K$  у  $\text{м}^4/(\text{кг} \cdot \text{с})$ , яку в [3] запропоновано визначати як відношення акустичної константи  $A$  до коефіцієнта втрат енергії  $\eta$ :

$$K = \frac{A}{\eta} = \frac{c}{\rho \cdot \eta}. \quad (7)$$

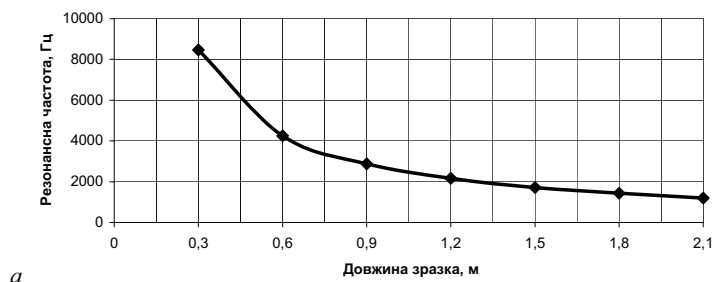
Пористість  $\Pi$ , % і вологість  $W$ , % деревини визначають за відомою стандартною методикою, описаною у [2].

### 3. Результати досліджень акустичних характеристик деревини ялиці

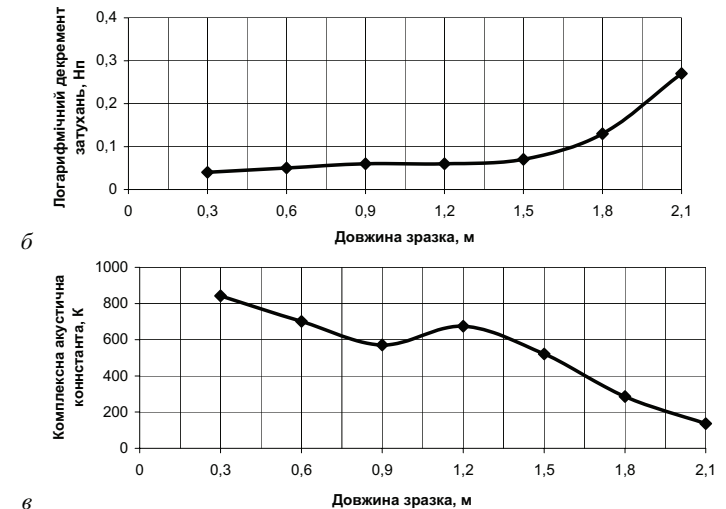
Для визначення акустичної константи  $A$ , коефіцієнта втрат енергії  $\eta$ , питомого акустичного опору  $\xi$  та, відповідно, комплексної акустичної константи  $K$  було експериментально визначено швидкість поширення звуку  $c$  у висушених зразках деревини ялиці та знято їх резонансні криві на резонансній частоті за допомогою методу електронної діагностики акустичних властивостей деревини [2]. Зразки деревини ялиці завдовжки 2100 мм та поперечним перетином 20×20 мм були вирізані вздовж волокон із модельних дерев Дрогобицького ДЛГ. Результати вимірювань швидкості звуку  $c$  та параметрів резонансної кривої  $f_{\text{рез}}$  і  $\Delta f$ , а також розрахунку на їх підставі акустичної константи  $A$ , коефіцієнта втрат енергії  $\eta$  питомого акустичного опору  $\xi$  та комплексної акустичної константи  $K$  подано в табл. 1 і показані графічно на рис. 1.

**Табл. 1. Результати визначення акустичних параметрів деревини ялиці білої при вологості  $W = 11\%$ , пористості  $\Pi = 72\%$  та довжині зразків  $l = 2,1 \text{ м}$**

| $l$ ,<br>м | $f_{\text{рез}}$ ,<br>Гц | $\Delta f$ ,<br>Гц | $c$ ,<br>м/с | $\rho$ ,<br>кг/м <sup>3</sup> | $E$ ,<br>ГПа | $A$ ,<br>м <sup>4</sup> /(кг·с) | $K$ ,<br>м <sup>4</sup> /(кг·с) | $\eta$ | $\xi \cdot 10^6$ ,<br>кг/м <sup>2</sup> ·с | $d$ ,<br>Гц |
|------------|--------------------------|--------------------|--------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------|--------------------------------------------|-------------|
| 2,1        | 1200                     | 104                | 5040         | 431                           | 10,95        | 11,69                           | 136                             | 0,086  | 2,17                                       | 0,270       |
| 1,8        | 1430                     | 60                 | 5148         | 430                           | 11,55        | 11,97                           | 285                             | 0,042  | 2,21                                       | 0,132       |
| 1,5        | 1720                     | 40                 | 5160         | 430                           | 11,46        | 11,98                           | 521                             | 0,023  | 2,22                                       | 0,073       |
| 1,2        | 2165                     | 40                 | 5196         | 428                           | 11,56        | 12,14                           | 674                             | 0,018  | 2,22                                       | 0,058       |
| 0,9        | 2880                     | 60                 | 5184         | 432                           | 11,61        | 12,00                           | 571                             | 0,021  | 2,24                                       | 0,065       |
| 0,6        | 4250                     | 74                 | 5100         | 428                           | 11,13        | 11,92                           | 701                             | 0,017  | 2,18                                       | 0,054       |
| 0,3        | 8470                     | 115                | 5082         | 431                           | 11,13        | 11,79                           | 842                             | 0,014  | 2,19                                       | 0,043       |



а



б

**Рис. 1. Залежність акустичних характеристик деревини ялиці від довжини зразків:**  
а – резонансної частоти; б – логарифмічного декременту затухань;  
в – комплексної акустичної константи

### 4. Висновки

Отримані результати вимірювань дають змогу точніше оцінити акустичні властивості деревини ялиці білої європейської, а також порівняти їх із значеннями впливу на них довжини зразків. Це, у свою чергу, дасть змогу зробити висновок, що деревина ялиці різних порід за своїми акустичними параметрами відповідає вимогам резонансних пиломатеріалів.

Встановлено, що деревина ялиці білої європейської за своїми акустичними характеристиками не гірша за резонансну деревину ялини звичайної, яка цілком придатна для виробництва високоякісної резонансної дошки. Експериментально визначено, що значення акустичної константи деревини ялиці білої європейської становить  $12,1 \text{ м}^4/(\text{кг} \cdot \text{с})$ , а за оцінкою комплексної акустичної константи її середнє значення дорівнює  $771 \text{ м}^4/(\text{кг} \cdot \text{с})$ . Доведено, що зміна впливу довжини зразків деревини на швидкість поширення звукових коливань, модуля пружності та акустичної константи незначні, а такі показники як основна резонансна частота і логарифмічний декремент затухань звукових коливань змінюються істотно.

### Література

1. Воробьев Г.И. Древесные породы мира. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 352 с.
2. Карп Ю.С., Мергель С.С., Якубенко В.М. Електронна діагностика акустичних властивостей деревини для радіоелектронних акустичних систем та музичних інструментів. Вісник НУ "Львівська політехніка" № 477. Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів, 2003. – С. 228-231.
3. Федюков В.И. Научные основы всеобщего обеспечения качества и сертификации лесоматериалов спецназначения: Автореф. дисс.... доктора техн. наук. – М.: МПГУ, 1998. – 40 с.