

$L_s=1,22 \cdot 10^{-3}$ Гн; $L_r=1,22 \cdot 10^{-3}$ Гн; $L_m=4,47 \cdot 10^{-2}$ Гн; $R_s=0,0825$ Ом; $R_r=0,107$ Ом; $U_m=310,5$ В; $p_0=2$.

Результати розрахунків процесів пуску привідної системи з муфтою сталої жорсткості, виконаних за нульових початкових умов (13), подано на рис. 2. Отримані графічні залежності свідчать про суттєвий вплив жорсткості та коефіцієнта затушення муфти на навантаження пружної ланки.

На рис. 3 наведено залежності максимального моменту сил пружності муфти в усталеному режимі коливань привідної системи, збудених періодичним навантаженням на виконавчий орган. Коефіцієнт затушення був прийнятим $\mu=5$. Отримані результати показують, що у дорезонансному режимі коливань зменшення динамічних навантажень можна досягти за рахунок збільшення жорсткості муфти, а в зарезонансному режимі – за рахунок зменшення жорсткості пружного елемента.

Приклади часових залежностей моменту сил пружності муфти, отримані при $c = 8$ кН·м/рад (рис. 4, а) та при $c_1 = 10$ кН·м/рад; $c_2 = 4$ кН·м/рад (рис. 4, б), показують, що за рахунок застосування керованої муфти досягається суттєве зменшення динамічних навантажень.

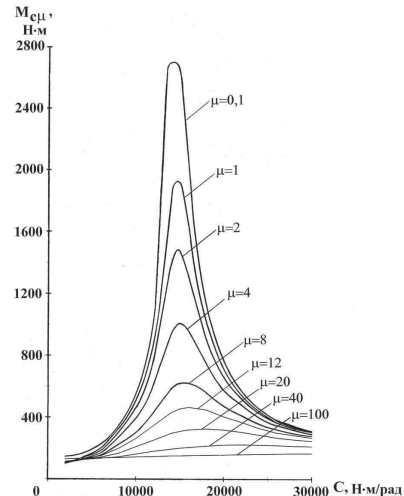


Рис. 2. Залежності максимальних значень моменту сил пружності від жорсткості муфти при перехідних режимах роботи пружної муфти при різних коефіцієнтах затушення

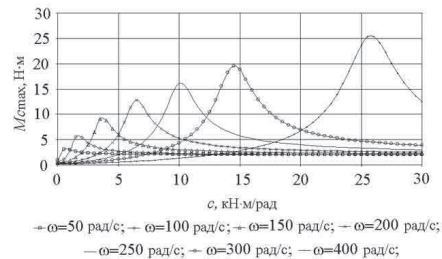


Рис. 3. Розрахункові криві максимального моменту пружної муфти

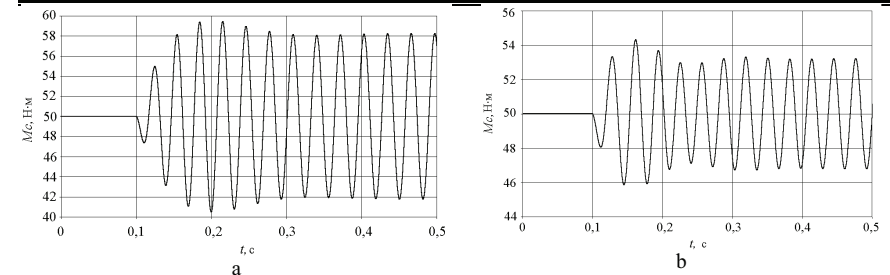


Рис. 4. Розрахункові криві моменту у пружній муфті сталої жорсткості (а) і пружної муфти з регульованою жорсткістю (б)

Побудована математична модель дає можливість оцінювати ефективність роботи та здійснювати обґрунтований вибір характеристик керованих віброзахисних пристроїв.

Література

1. Вейц В.Л., Вербовой П.Ф., Кочура А.Е. и др. Динамика управляемого электро-механического привода с асинхронными двигателями. – К.: Наук. думка, 1988. – 272 с.
2. Харченко Е. В. Динамические процессы буровых установок. – Львов: Світ, 1991. – 176 с.
3. Цехович Л. И. О динамике электропривода постоянного тока с упругой связью// Электротехническое. 1968. №6. – С. 28-31.
4. Чабан В. И. Основы теории переходных процессов электромашиных систем. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1980. – 200 с.

УДК 681. 817. 061. 6

Доц. І.Р. Кенс, к.т.н.; С.С. Мергель, к.т.н.;
О.Г. Алещенко – УкрДЛТУ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-АКУСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕРЕВИНИ

Наведено методики та результат експериментального визначення фізико-акустичних параметрів основних промислових деревинних порід України. Подано рекомендації щодо оптимального використання деревини спецпризначення.

Одним із об'єктивних показників кваліметрії деревини спеціального призначення є її фізико-акустичні параметри. Для визначення цих параметрів експериментальним шляхом можна застосувати імпульсний або резонансний метод. Обидва методи відносяться до методів неруйнівного контролю, що дозволяє проводити дефектоскопію і кваліметрію деревини спеціального призначення без втрат і відходів.

За основний інтегральний показник фізико-акустичних параметрів деревини прийнято акустичну константу, на величину якої значною мірою впливає модуль пружності E та густина деревини ρ . Залежність акустичної константи A від величин E та ρ є нелінійною [1]:

$$A = \frac{c}{\rho} = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}, \text{ м}^4/(\text{кг} \cdot \text{с}) \quad (1)$$

де c – швидкість звуку в деревині, м/с.

Деякі автори [2-4] додатково враховують в'язкість деревини через логарифмічний декремент поглинання:

$$K = \frac{\pi}{\delta} \cdot A, \quad (2)$$

де K – акустична константа з врахуванням в'язкості; δ – логарифмічний декремент поглинання, Hn^* .

Таким чином, для визначення акустичної константи необхідно експериментальним шляхом визначити як швидкості розповсюдження звуку в деревині, так і ступені поглинання звукових коливань. Найпростіший спосіб визначення швидкості розповсюдження звуку в деревині є імпульсний метод. Згідно з ним на дослідний взірець подається тестовий нормований ударний імпульс і заміряється час проходження звукової хвилі між двома п'єзоелектричними давачами S_1, S_2 (рис. 1).

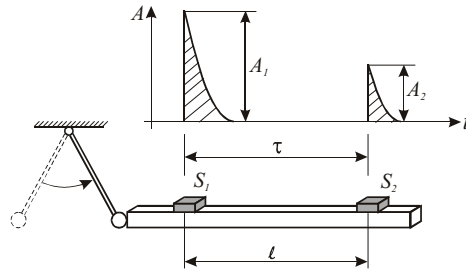


Рис. 1. Принципова схема імпульсного методу визначення швидкості звуку в деревині

Швидкість звуку і декремент поглинання при цьому визначаються за співвідношеннями:

$$C = \frac{l}{\tau}, \quad \delta = \ln \frac{A_1}{A_2}, \quad (3,4)$$

де l – відстань між давачами, м; τ – час проходження звукового імпульсу, с; A_1 і A_2 – амплітуди сигналів давачів, м.

Імпульсний метод дозволяє безпосередньо визначити фізико-акустичні параметри деревини без врахування масштаб-час фактору. Але його практична реалізація можлива тільки при застосуванні високочутливих давачів і високоточних осцилографів для фіксації електричних тестових імпульсів.

Резонансний метод, хоча і дозволяє визначити фізико-акустичні параметри деревини опосередковано, але при цьому необхідно враховувати масштабний фактор.

Експериментальне визначення фізико-акустичних параметрів деревини резонансним методом дещо простіше в реалізації. При цьому акустичні параметри визначаються опосередковано, на підставі резонансної частоти, певних геометричних розмірів, оскільки резонанс частоти залежить не тільки від фізичних властивостей деревини, але й від масштабного фактору [1].

На рис. 2 наведено схему експериментального визначення резонансної частоти. Звукові коливання в еталонному взірці 1 збуджуються за допомогою електромагнітного збудника спеціальної конструкції (2), характеристика якого в діапа-

зоні частот 300...4000 Гц практично лінійна. На цей збудник подаються електричні звукові коливання різних частот із звукового електричного генератора (3) з постійною амплітудою. Збудник перетворює електричні коливання у механічні і передає ці коливання еталонному взірцеві. Конструктивно збудник виконано як поляризований електромагнітний електромеханічний перетворювач. На протилежному кінці взірця розміщено звуковий сенсор (4), який перетворює звукові механічні коливання в електричний сигнал. Як сенсор використано ідентичний із збудником електромеханічний зворотний перетворювач. Амплітуда механічних коливань у взірці фіксується на різних частотах за допомогою електронного осцилографа.

Табл. 1. Залежність фізико-акустичних параметрів від структурних напрямків у деревині листяних порід як анізотропному матеріалі

№ п/п	Порода, висота і раді- ус стовбура*	W _{вс} , %	Щільність, (ρ, кг/м ³)	Пористість сухої деревини (Π, %)	Резонансна час- тота, (f ₀ , Гц)		Швидкість по- ширення звуку, (с, м/с)		Динамічний мо- дуль пружності, (Е·10 ⁸ , Па)		Акустична кон- станта, (А, м ⁴ /кг·с)	
					λ	f _r	c _t	c _r	E _t	E _r	A _t	A _r
1. Верба												
1	111*	13,4 0	492 448	71	2390 2390	—	1147 1147	—	6,5 5,9	—	2,3 2,6	—
2	112	13,0 0	494 456	70	2680 2680	—	1286 1286	—	8,2 7,3	—	2,6 2,8	—
3	121	13,6 0	502 464	70	2835 2835	—	1361 1361	—	9,3 8,6	—	2,7 2,9	—
4	122	13,4 0	504 465	70	2825 2825	—	1356 1356	—	9,3 8,5	—	2,7 2,9	—
5	131	13,7 0	521 482	68	2915 2915	—	1399 1399	—	10,2 9,4	—	2,8 2,9	—
6	132	12,9 0	499 464	70	3070 3070	—	1474 1474	—	10,8 10,1	—	2,9 3,2	—
2. Вільха												
1	111	11,1 0	469 437	69	3100 3100	3175 3175	1488 1488	1524 1524	10,4 9,7	11,0 10,1	3,2 3,4	3,2 3,5
3. Клен гостролистий												
1	111	12,5 0	590 551	64	2610 2610	2640 2640	1253 1253	1267 1267	9,3 8,6	9,5 8,8	2,1 2,3	2,1 2,3
2	112	12,3 0	561 523	66	2745 2745	2842 2842	1318 1318	1364 1364	9,7 9,1	10,4 9,7	2,3 2,5	2,4 2,6
4. Клен-явір												
1	111	11,3 0	625 587	62	3165 3165	3190 3190	1519 1519	1531 1531	14,4 13,5	14,6 13,8	2,4 2,6	2,4 2,6
5. Горіх чорний												
1	111	9,8 0	599 569	63	3005 3005	3230 3230	1442 1442	1550 1550	12,5 11,8	14,4 13,7	2,4 2,5	2,6 2,7
6. Бук												
1	111	34,4 29,1	841 819	56	2705 3015	2825 3135	1298 1447	1356 1505	14,1 17,1	15,5 18,5	1,5 1,8	1,6 1,8
2	111	11,5 0	709 673	56	3315 3315	3420 3420	1591 1591	1642 1642	17,9 17,0	19,1 18,1	2,2 2,4	2,3 2,4
7. Бальза												
1	111	9,6 0	206 193	87	2760 2745	2790 2730	1325 1318	1339 1310	3,6 3,3	3,7 3,3	6,4 6,8	6,5 6,8

Примітка: *, 111* – 1 – номер стовбура; 1 – висота стовбура; 1 – радіус стовбура

* - Нп - непер; відношення двох фізичних величин, натуральний логарифм якого дорівнює одиниці

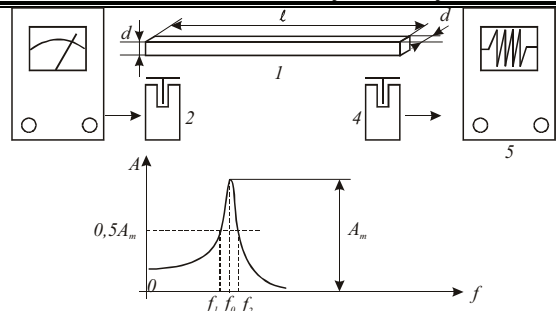


Рис. 2. Схема експериментального визначення резонансної частоти

Отримана експериментальним шляхом залежність амплітуди механічних коливань від частоти дозволяє на підставі відомих співвідношень [3] визначити швидкість звуку та коефіцієнт поглинання в деревині за співвідношеннями:

$$C = 2f_0\ell, \quad \delta = \frac{\pi(f_2 - f_1)}{\sqrt{3} \cdot f_0}, \quad (5,6)$$

де: ℓ – довжина взірця; f_0 – частота резонансу; f_1, f_2 – частоти половинних амплітуд.

Вперше експериментально доведено, що бук і горіх поряд з їхнім високим модулем пружності ($E \cdot 10^8 = 18,1$ і $E \cdot 10^8 = 13,7$ – відповідно) мають високу експлуатаційну гігроскопічність (табл. 1).

Дані табл. 1 в графічному вигляді подано на рис. 1, 2.

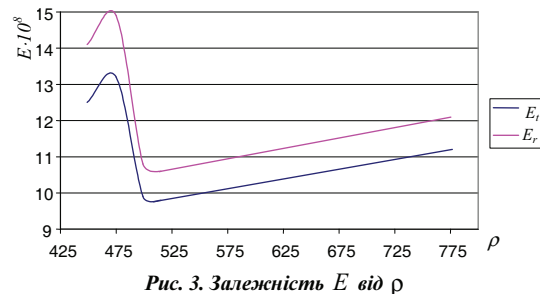
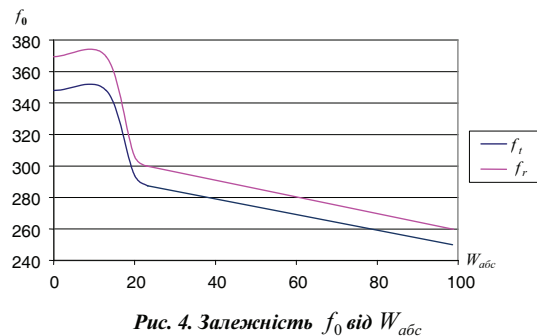


Рис. 3. Залежність E від ρ

Рис. 4. Залежність f_0 від $W_{абс}$

В табл. 2 наводяться залежності для деяких хвойних порід

Табл. 2. Залежність фізико-акустичних параметрів від структурних напрямків в деревині хвойних порід, як анізотропному матеріалі

№ п/п	Порода, висота і радіус ствоура*	W _{абс} , %	Щільність, (ρ, кг/м³)	Пористість сухої деревини (Π, %)	Резонансна частота, (f ₀ , Гц)		Швидкість поширення звуку, (с, м/с)		Динамічний модуль пруж- ності, (Е·10 ⁸ , Па)		Акустична константа, (А, м⁴/кг·с)	
					χ [†]	f _r	c _t	c _r	E _t	E _r	A _t	A _r
8. Ялина												
1	111*	13,1 0	475 449	71	3480 3480	3695 3695	1670 1670	1774 1774	13,2 12,5	14,9 14,1	3,5 3,7	3,7 3,9
2	112	12,7 0	420 394	74	3470 3470	3640 3640	1666 1666	1747 1747	11,7 10,9	12,8 12,0	3,9 4,2	4,2 4,4
3	113	12,9 0	410 383	74	3465 3465	3672 3672	1663 1663	1763 1763	11,3 10,6	12,7 11,9	4,1 4,3	4,3 4,6
4	121	12,9 0	410 383	74	3385 3385	3540 3540	1625 1625	1669 1669	12,1 11,3	13,2 12,4	3,5 3,8	3,7 3,9
5	122	12,9 0	422 394	74	3380 3380	3550 3550	1622 1622	1704 1704	11,1 10,4	12,2 11,4	3,8 4,1	4,0 4,3
6	123	12,5 0	385 368	75	3430 3430	3600 3600	1646 1646	1728 1728	10,4 10,0	11,5 11,0	4,3 4,5	4,5 4,7
7	131	12,7 0	456 426	72	3655 3655	3730 3730	1754 1754	1790 1790	14,0 13,1	14,6 13,6	3,8 4,1	3,9 4,2
8	132	12,7 0	421 394	74	3400 3400	3570 3570	1632 1632	1714 1714	11,2 10,5	12,4 11,6	3,9 4,1	4,1 4,3
9	133	12,7 0	367 345	77	3280 3280	3380 3380	1574 1574	1622 1622	9,1 8,5	10,0 9,1	4,3 4,6	4,4 4,7
Залежність f ₀ від W _{абс}												
1	111	99 78	775 697	71	2500 2610	2600 2730	1200 1253	1248 1310	11,2 10,9	12,1 12,0	1,6 1,8	1,6 1,9
2	111	63 49	640 598	71	2710 2745	2815 2865	1301 1318	1351 1375	10,8 10,4	11,7 11,3	2,0 2,2	2,1 2,3
3	111	39 33	550 536	71	2855 2865	2985 3020	1370 1375	1433 1449	10,3 10,1	11,2 11,1	2,5 2,6	2,6 2,7
4	111	25 20	515 499	71	2870 2940	2995 3060	1378 1411	1438 1469	9,8 9,9	10,6 10,8	2,7 2,8	2,8 2,9
5	111	13 0	475 449	71	3480 3480	3695 3695	1670 1670	1774 1774	13,2 12,5	14,9 14,1	3,5 3,7	3,7 3,9

Примітка: *, 111* – 1 – номер стовбура; 1 – висота стовбура; 1 – радіус стовбура

Література

1. Федюков В.И. Научные основы всеобщего обеспечения качества и сертификации лесоматериалов спецназначения. Автореф. дис. д.т.н. – М.: – 1998.
2. Emil Rajcan. Application of Acoustics to some problems of material science related to the making of musical instruments/ ACUSTICA-acta Vol.84 (1998) p.122-128.
3. Y. Boding, B.A. Yayne. Mechanics of wood and wood composites. WNR. 7/29. New York.
4. Мергель С.С. Поліпшення акустичних характеристик резонансної деревини/ Дис. на здоб. наук. ступ. к.т.н. – Львів: УкрДЛТУ, 1994. – 155 с.