

## AKUSTYCZNE WŁAŚCIWOŚCI DREWNA ŚWIERKOWEGO ZMODYFIKOWANEGO POLIMETAKRYLANEM METYLU

*Alojzy Wójtowicz*

Instytut Technologii Drzewnictwa SGGW-AR w Warszawie

### WPROWADZENIE

W badaniach układów drewno-polimer syntetyczny mało uwagi poświęcono dotychczas zagadnieniem akustyki tych materiałów, a wcale, o ile autorowi wiadomo, nie zajmowano się rezonansowymi właściwościami drewna świerkowego modyfikowanego związkami poliwinylowymi.

Wysoką jakość rezonansową odznacza się drewno świerkowe pozyskane ze strony drzew, wyrosłych w pierwoborach górskich, na dobrych, osłoniętych od wiatru siedliskach [6]. Zasoby takiego rezonansowego drewna świerkowego w Europie stale maleją. Uzasadnia to celowość podejmowania badań, które mogłyby bezpośrednio lub pośrednio przyczynić się do rozszerzenia bazy surowcowej materiałów rezonansowych.

Obok twardzicy i skrętu włókien — za jedną z podstawowych wad drewna rezonansowego uważana jest żywiczność [6]. Ten fakt miał istotne, inspirujące znaczenie przy określaniu zakresu niniejszej pracy (m. in. zbadanie wpływu zawartości substancji ekstraktywnych na akustyczne właściwości drewna) jak również przy ustalaniu metody badania drewna zmodyfikowanego (obróbka metakrylanem metylu drewna uprzednio wyekstrahowanego).

Związki winylowe były już (z pozytywnym skutkiem) stosowane w badaniach nad ulepszaniem drewna przeznaczonego do wyrobu instrumentów lutniczych [5]. Ale celem tej obróbki ulepszającej była hydrofobizacja i stabilizacja wymiarów. Tym bardziej interesujące wydało się zbadanie wpływu obróbki drewna związkiem winylowym spolimeryzowanym *in situ* w drewnie na rezonansowe właściwości układu drewno-polimer syntetyczny.

Jako kryterium oceny rezonansowych właściwości badanego układu przyjęto stałą muzyczną oraz logarytmiczny dekrement tłumienia. Stałą muzyczną obliczano na podstawie pomiaru prędkości rozchodzenia się w

badanym materiale (wzdłuż włókien) wysokoczęstotliwościowej fali ultradźwiękowej. Zgodnie z przyjętym założeniem praca ma charakter porównawczy dlatego też pominięto w obliczeniach współczynnik Poissona. Logarytmiczny dekrement tłumienia określono w oparciu o pomiar czasu zaniku drgań w badanym materiale.

Drewno świerkowe o średniej gęstości  $470 \text{ kg/m}^3$  przewodzi dźwięk z prędkością ok.  $4800 \text{ m/s}$  [6]. Obliczona w oparciu o tę wartość stała masywna  $K$  wynosi 1020, a oporność akustyczna ( $Z = C \cdot \sigma$ )  $225 \text{ 13,0 kPa} \cdot \text{s}$ . Parametry akustyczne polimetakrylanu metylu o gęstości  $1180 \text{ kg/m}^3$  wynoszą odpowiednio:  $C$  —  $2730 \text{ m/s}$   $K$  — 232 oraz  $Z$  —  $332 \text{ 140}$  [1]. Na podstawie analizy powyższych wartości można *a priori* wydedukować, iż drewno poddane obróbce polimetakrylanu metylu winno odznaczać się — co jest w zasadzie niekorzystne — niższą wartością  $K$ , niż drewno naturalne, oraz niższą wartością  $\delta$  — co jest z kolei korzystne. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, iż część spolimeryzowanego *in situ* metakrylanu może być chemicznie związana z podłożem lignocelulozowym (heteropolimer) w związku z czym nowo powstały układ może mieć właściwości akustyczne różne od pośrednich pomiędzy drewnem i polimetakrylanem metylu. Mając to na uwadze postanowiono zbadać drewno zawierające homo- i heteropolimer oraz drewno zawierające jedynie heteropolimer (polimer zaszczipiony).

#### METODYKA

Do badań \* użyto drewna świerkowego, sezonowanego 4 lata w ogrzewanym pomieszczeniu i poddanego ekstrakcji mieszaniną alkoholowo-benzenową (1:2), a następnie ponownie sezonowanego (14 dni) w celu wyrównania wilgotności i naprężeń wewnętrznych. Próbkę miały wymiar  $20 \times 20 \times 300 \text{ mm}$  (ostatni wymiar wzdłuż włókien). Jako kryterium „analogii” przyjęto gęstość i słoistość; gęstość drewna użytego do badań wynosiła  $440 \pm 20 \text{ kg/m}^3$ , zaś szerokość słoików  $1,7 \pm 0,5 \text{ mm}$ . Do doświadczeń użyto drewna wyekstrahowanego, powietrzno-suchego ( $w = 10 \pm 2\%$ ).

Użyty do obróbki drewna, techniczny metakrylan metylu, przed impregnacją wyklócano z  $10\%$  wodnym roztworem wodorotlenku sodowego w celu usunięcia inhibitora i osuszono za pomocą bezwodnego siarczanu sodowego. Do tak przygotowanego monomeru dodawano nadtlenu benzoilu w ilości  $1\%$  (licząc na monomer).

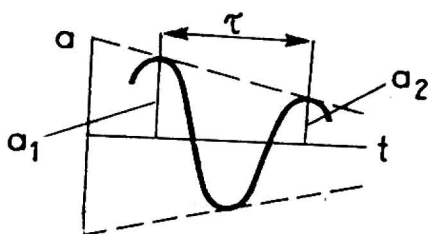
---

\* W doświadczeniach brali udział: mgr inż. U. Batusiewicz i mgr inż. J. Trojanowski. Badania akustyczne właściwości zostały wykonane w Laboratorium Akustyki PWSM w Warszawie według metody opracowanej w tym laboratorium.

Próbki drewna poddawano obróbce chemicznej w specjalnej aparaturze szklanej, w atmosferze azotu, przy zastosowaniu próżni. Wraz ze wzrostem zawartości impregnatu w drewnie rośnie jego gęstość, a to pociąga za sobą spadek wartości  $K$  — sterowano tak procesem, aby zawartość monomeru, a następnie polimeru w zaimpregnowanym drewnie była stosunkowo niska (obciążenie polimerem rzędu 15<sup>0</sup>/o).

Próbki nasycone metakrylanem metylu poddawano krótkotrwałej obróbce fotochemicznej, a następnie termicznej — według określonego reżimu (temperatura, czas). Próbki ogrzewano tak długo, aż przestały wydzielać woń charakterystyczną dla metakrylanu metylu, a ich masa przestała się zmieniać. Jednocześnie, w identycznych warunkach, naświetlano i grzewano bliźniacze (wycięte z tej samej beleczki) próbki drewna nie impregnowanego. Tak prowadzone „ślepe próby” miały wykazać, czy sama obróbka fizyczna nie ma wpływu na akustyczne właściwości badanego materiału. Próby te wykazały, że wpływ obróbki fizycznej, takiej jak zastosowano w badaniach w celu zainicjowania procesu polimeryzacji i zestalenia wprowadzonego do drewna związku winylowego, na akustyczne właściwości materiału jest nieistotny i można go pominąć w analizie wyników.

Część próbek zawierających polimetakrylan metylu poddawano ekstrakcji w celu usunięcia „homopolimeru” i określenia stopnia zaszczepienia. Proces ekstrakcji prowadzono nieprzerwanie w czasie 72 godzin, w specjalnie do tego celu wykonanych aparatach typu Soxhleta (rys. 1)



rys. 1. Drgania tłumione

$a_1, a_2$  — dwa kolejne maksymalne wychylenia w jedną stronę (sąsiednie amplitudy),  
 $\tau$  — czas, w którym odbywa się jedno kompletne drgnięcie (okres drgań)

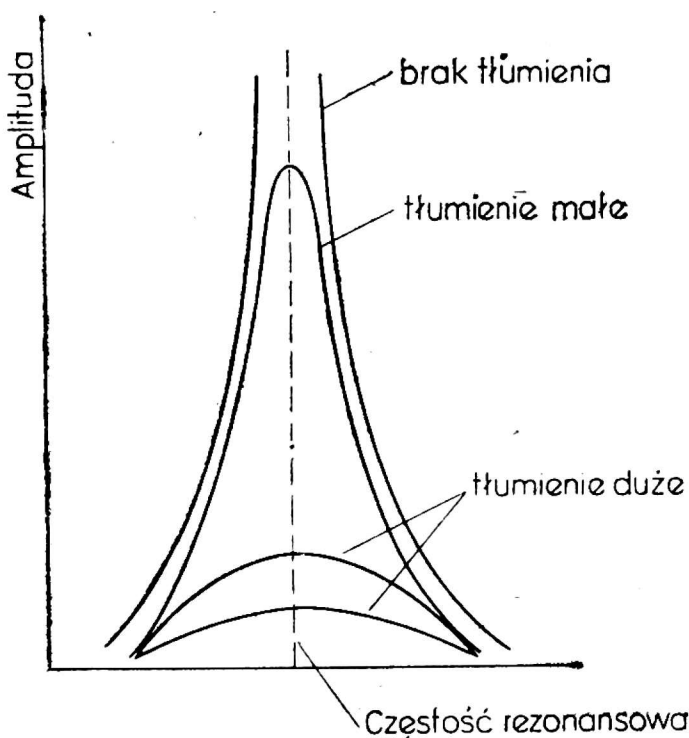
umożliwiających — co było niezbędne przy badaniach drewna metodami nieniszczącymi — ekstrakcję całych (nierozdrobnionych) próbek.

Całkowite obciążenie drewna polimerem obliczano w procentach w stosunku do masy próbki suchej (przed impregnacją). Masę polimeru zaszczepionego na drewnie określano metodą konwencjonalną, opartą na założeniu, iż ekstrakcji benzenem ulega cały homopolimer, a nie ulega polimer zaszczepiony. Stopień szczepienia polimeru wyrażano w procentach w stosunku do masy próbki suchej.

Prędkość rozchodzenia się dźwięku w drewnie (w kierunku wzdłużnym) mierzono metodą nieniszczącą [4], a mianowicie techniką ultradźwiękową, przy użyciu betonoskopu produkcji krajowej (typ BJ-8R-M66). Do czoł badanej próbki dociskano głowice emitera i odbiornika. Emiter wysyłał ultradźwięki (160 pulsów na sekundę) o częstotliwości 40 kHz. Drogę jaką przebywały ultradźwięki od emitera do odbiornika stanowiła długość próbki ( $l$ ). Czas ( $t$ ) przepływu ultradźwięków przez próbkę mierzony był elektronicznie; odczytów dokonywano z ekranu oscyloskopu wyskalowanego w sekundach prędkość rozchodzenia się dźwięków obliczano według wzoru:

$$C = \frac{l}{t} \text{ (m/s).}$$

Logarytmiczny dekrement tłumienia określano na podstawie pomiaru czasu zaniku drgań w badanym materiale [1-3]. Próbki spoczywały swo-

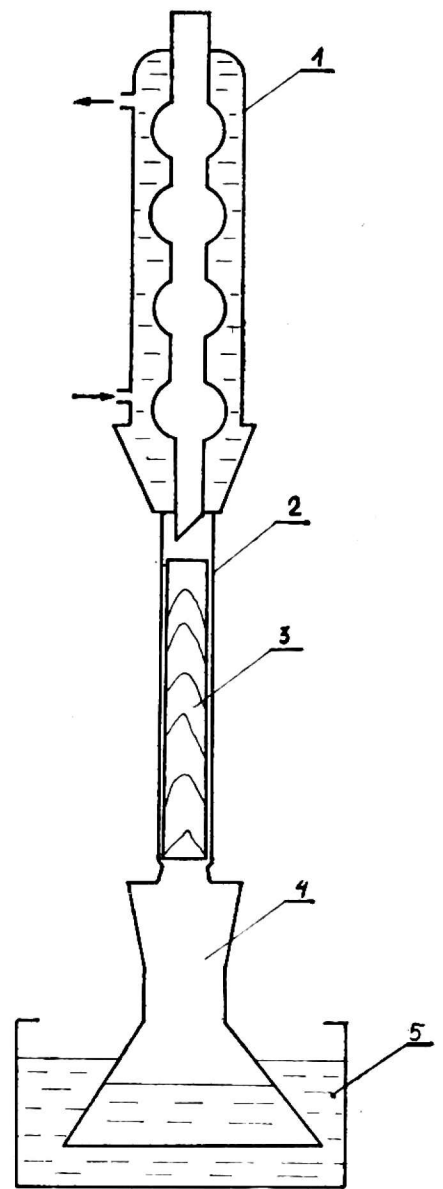


Rys. 2. Wpływ tłumienia na wartość amplitudy

bodnie na 2 cienkich podporach (brzeszczoty piłek do metali) umieszczonych w odległości 0,224 l od czoła próbki, tj. w węzłach pierwszego rezonansu\*.

Generator ze wzmacniaczem zasilął elektromagnes nadawczy wzbudzając drgania materiału przez działanie na pineskę stalową wbity w

\* Urządzenie pomiarowe było tak skonstruowane, że można było regulować rozstawę podpór, stosowanie do długości próbek.



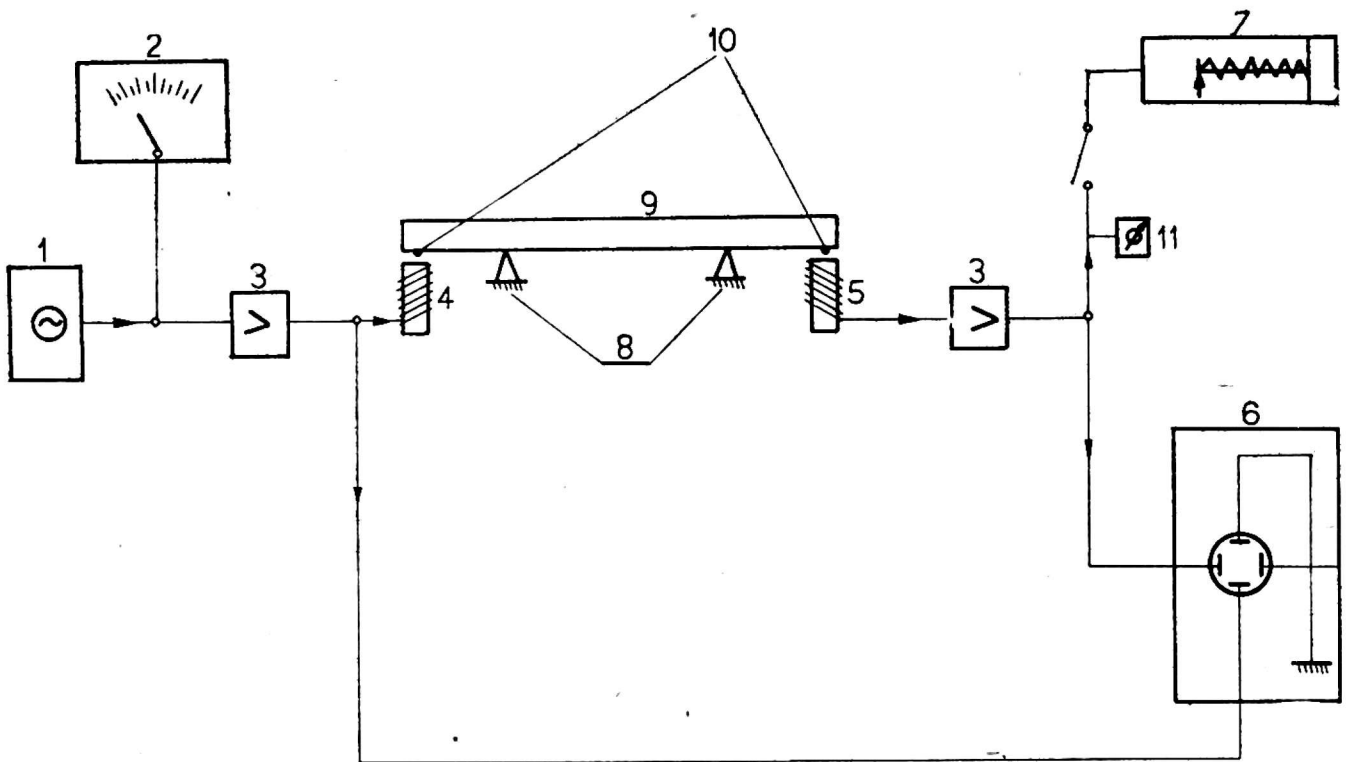
Rys. 3. Schemat aparatu ekstrakcyjnego  
 1 — chłodnica zwrotna, 2 — kolumna ekstrakcyjna,  
 3 — ekstrahowana próbka drewna, 4 — kolba z ben-  
 zenem, 5 — łaźnia wodna

drewno. Prąd wzbudzany przez drgania pineski odbiorczej w elektromagniesie odbiorczym przekazywany był przez wzmacniacz na oscyloskop i woltomierz. Oscyloskop służył do określania stosunku drgań rezonansowych materiału do drgań generatora wzbudzającego, natomiast woltomierz wskazywał wartości napięcia wejściowego. W momencie osiągnięcia rezonansu, wyłączano generator i za pomocą pisaka rejestrowano zanik drgań w badanej próbce. Odczyty z taśmy pisaka oraz z licznika częstotliwości służyły do obliczania logarytmicznego dekrementu tłumienia, według wzoru:

$$\delta = 0,115 \frac{B}{f \cdot \tau}$$

gdzie:

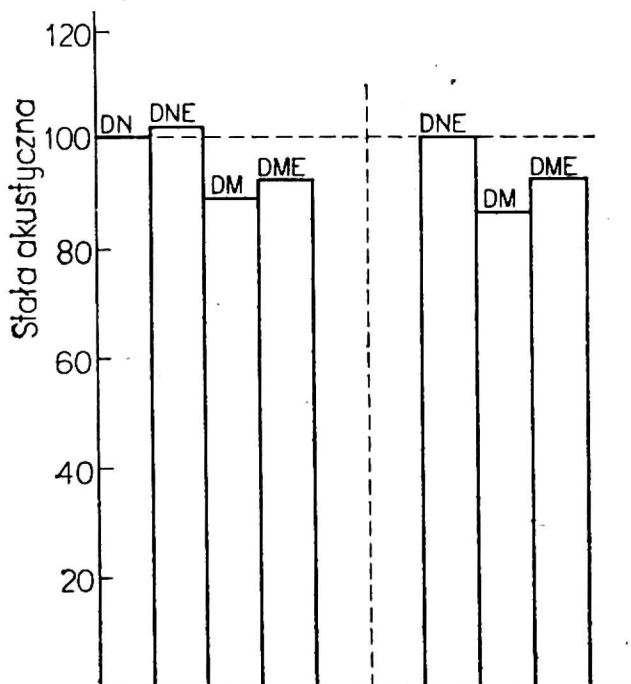
- $\delta$  — logarytmiczny dekrement tłumienia (liczba niemianowana),
- $f$  — częstość rezonansowa (w hercach),
- $\tau$  — czas tłumienia odpowiadający spadkowi naprężenia  $B$  (w sekundach).



Rys. 4. Schemat urządzenia do określania logarytmicznego dekrementu tłumienia  
 1 — generator wysokiej częstotliwości, 2 — licznik okresów, 3 — wzmacniacze,  
 4 — elektromagnes nadawczy, 5 — elektromagnes odbiorczy, 6 — oscyloskop, 7 —  
 pisak rejestrujący zanik drgań, 8 — podpory, 9 — badana próbka drewna, 10 —  
 pineski, 11 — woltomierz

#### WYNIKI BADAŃ.

Wyniki porównawczych badań akustycznych właściwości drewna świerkowego naturalnego, ekstrahowanego mieszaniną alkoholowo-benzenową, oraz ekstrahowanego i następnie poddanego obróbce metakrylanem



Rys. 5. Względne wskaźniki liczbowe stałej akustycznej  $K$  badanych materiałów

DN — drewno naturalne (nie ekstrahowane), DNE — drewno naturalne ekstrahowane, DM — drewno zmodyfikowane (nie ekstrahowane po impregnacji), DME — drewno zmodyfikowane ekstrahowane benzenem



Tabela 1

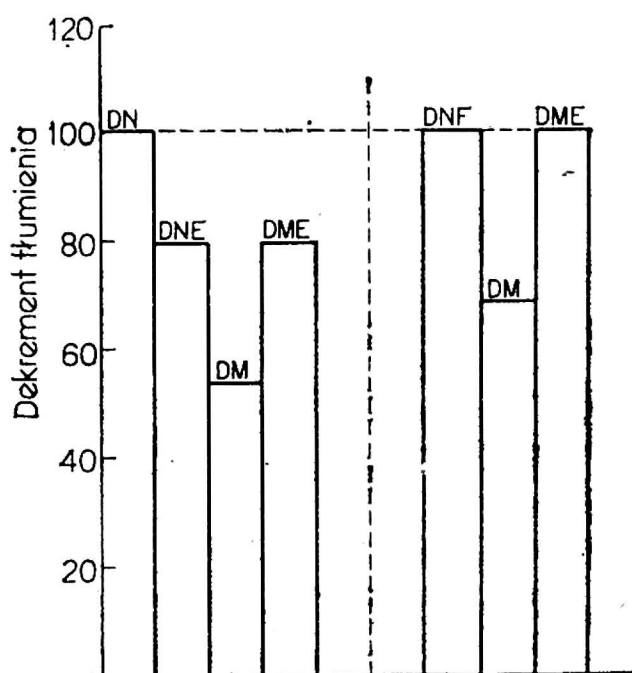
Srednie wartości \* stałej akustycznej  $K$  i logarytmicznego dekrementu tłumienia  $\delta$  naturalnego oraz poddanego chemicznej obróbce rezonansowego drewna świerkowego

Rodzaj badanego materiału	Zawartość substancji ekstrakt. %	Całkowite obciążenie polimerem %	Zawartość homo-polimeru %	Wartości	
				$K$	$\delta$
Drewno naturalne nie ekstrahowane	1,1	—	—	1419	0,0279
Drewno naturalne ekstrahowane	—	—	—	1447	0,0220
Drewno zmodyfikowane nie ekstrahowane	—	15±2	5±1	1257	0,0149
Drewno zmodyfikowane ekstrahowane	—	10±1	—	1325	0,0220

\* Pomiary każdej cechy wykonano na 20 próbkach.

metylu przedstawiono syntetycznie w tabeli 1. Wyniki te zilustrowano graficznie za pomocą względnych wskaźników liczbowych (rys. 5 i 6).

Parametry akustyczne użytego do badań, naturalnego drewna świerkowego wynosiły średnio: stała akustyczna  $K$  — 1419, a logarytmiczny dekrement tłumienia  $\delta$  — 0,0279. Było to więc drewno o wysokiej jakości rezonansowej, a mimo tego, po ekstrakcji wartość stałej muzycznej nieco wzrosła (średnio o ok. 2%), natomiast — co jest znamienne — wydatnie (średnio o ok. 21%) zmniejszyła się wartość logarytmicznego dekretu tłumienia



Rys. 6. Względne liczbowe logarytmicznego dekrementu tłumienia badanych materiałów

mienia. Obie te zmiany należy uznać za korzystne przy ocenie rezonansowej jakości drewna.

W układzie: ekstrahowane drewno świerkowe-polimetakrylan metylu, w którym całkowite obciążenie polimerem(homo-oraz heteropolimer) wynosiło  $15 \pm 2\%$  w przeliczeniu na suchą masę drewna — wartość stałej muzycznej zmniejszyła się w sposób istotny — w porównaniu z drewnem naturalnym nie ekstrahowanym o  $11\%$ , a w porównaniu z drewnem ekstrahowanym o ok.  $13\%$ . Należy jednak podkreślić, iż wartość  $K$  nie zmniejsza się poniżej „progu akustyczności” (kryterium  $K > 1000$ ). Charakterystyczne natomiast jest to, że jednocześnie, bardzo wydatnie „poprawił się” logarytmiczny dekrement tłumienia; wartość  $\delta$  tego układu zmniejszyła się — w porównaniu z  $\delta$  drewna naturalnego nie ekstrahowanego średnio o ok.  $53\%$ , natomiast w porównaniu z  $\delta$  drewna ekstrahowanego o ok.  $32\%$ .

Wartość stałej muzycznej drewna zmodyfikowanego polimetakrylanem metylu poddanego ekstrakcji, a więc zawierającego jedynie heteropolimer, w ilości  $10 \pm 1\%$  w przeliczeniu na masę suchej substancji drzewnej, zmniejszyła się — w porównaniu z  $K$  drewna naturalnego nie ekstrahowanego średnio o ok.  $7\%$ , natomiast w porównaniu z  $K$  drewna ekstrahowanego o ponad  $8\%$ . Znamienne jest, że wartość logarytmicznego dekrementu tłumienia tego układu: drewno-heteropolimer, pozbawionego substancji „zalegających” wolne przestrzenie, niezwiązanych z podłożem lignocelulozowym, jest identyczna, jak wartość  $\delta$  drewna ekstrahowanego, pozbawionego żywicy i innych substancji naturalnych, zalegających wolne przestrzenie.

Obróbka drewna świerkowego metakrylanem metylu powoduje więc pogorszenie wskaźnika prędkości rozchodzenia się fal akustycznych wzdłuż włókien (w mniejszym zapewne stopniu w kierunku poprzecznym, ponieważ następuje homogenizacja tworzywa) oraz zdecydowaną poprawę wskaźników wewnętrznego tłumienia drgań, przy czym za tę korzystną zmianę wartości  $\delta$  odpowiedzialny jest homopolimer.

Nasycenie drewna świerkowego prowadzi do wydatnego zmniejszenia wartości  $\delta$  dlatego też modyfikowanie drewna na tej drodze można uznać za zabieg ulepszający w tym przypadku, gdy chodzi o materiał rezonansowy przeznaczony do produkcji takich elementów jak amplifikatory, które winny odznaczać się względnie niskimi wartościami logarytmicznego dekrementu tłumienia.

## WNIOSKI

1. Drewno świerkowe poddane obróbce chemicznej, zawierające stosunkowo mało polimetakrylanu metylu, ma nieco mniejszą niż drewno



naturalne wartość stałej muzycznej (pogorszenie) oraz zdecydowanie większą wartość logarytmicznego dekrementu tłumienia (wydatna poprawa). Obróbka polimetakrylanem metylu jest zabiegiem ulepszającym, gdy materiał rezonansowy jest przeznaczony do produkcji elementów, które winny odznaczać się niskimi wskaźnikami  $\delta$ .

2. Drewno, które zawiera substancje zalegające wolne przestrzenie, niezwiązane z podłożem lignocelulozowym, ma zdecydowanie niższą wartość logarytmicznego dekrementu tłumienia, niż drewno, które takich substancji nie zawiera.

#### LITERATURA

1. Filipczyński L., Pawłowski Z., Wehr J.: Ultradźwiękowe metody badań materiałów. WNT, Warszawa, 1963
2. Ghelmezin N., Beldie I.: On the characteristics of resonance spruce wood. Forest Research Institute, Bukareszt, 1964
3. Kaliski S.: Drgania i fale w ciałach stałych. PWN, Warszawa, 1966
4. Kollmann F.: Non-destructive testing of mechanical properties of wood and wood products. Fifth conference on wood technology, FAO, 20 V 1963
5. Krach H., Wójtowicz A.: Badania nad hydrofobizacją niektórych gatunków drewna liściastego. Fol. for. pol. ser. B, nr 4, 1962
6. Krzysik F.: Nauka o drewnie. PWN, Warszawa, 1974

*A. Войтович*

#### АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЕЛОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МЕТИЛО-ПОЛИМЕТАКРИЛАТОМ

##### Резюме

Резонансовая еловая древесина подвергалась экстракции алкоголо-бензеновой смесью, а затем пропитывалась метило-полиметакрилатом, который после введения в полимеризованную древесину в процессе свободного роданила. инициировал термо-химический процесс.

Музыкальную константу  $K$  исчисляли на основании измерения скорости расхождения в исследуемом материале высокочастотной ультразвуковой волны, а логарифмической декремент глушения — на основании измерения времени затухания вибрации.

Установлено, что еловая древесина модифицированная метило-полиметакрилатом характеризуется более низкой величиной музыкальной константы (ухудшение), а решительно более низкой величиной логарифмического декремента глушения (значительное улучшение). Исследования показали, что древесина содержащая вещества занимающие свободные пространства показывает более низкую величину логарифмического декремента глушения, чем древесина без

таких веществ, причем следует подчеркнуть, что величина логарифмического декремента глушения природной древесины подвергнутой экстракции и модифицированной древесины подвергнутой экстракции является идентичной.

*A. Wójtowicz*

ACUSTIC PROPERTIES OF SPRUCE WOOD MODIFIED  
WITH METHYLE POLYMETHACRYLATE

S u m m a r y

Resonant spruce wood was subjected to the extraction with the alcohol-benzene mixture and then to the treatment with methyle polymethacrylate, which upon introducing into polymerized wood in the free radical process initiated the thermo-chemical process.

The musical constant  $K$  was calculated on the basis of measurement of diffusion of the high-frequency ultrasound wave in the material tested, the logarithmic decrement of dumping — on the basis of the vibration fading time measurement.

It has been proved that the spruce wood modified with methyle polymethacrylate shows a lower value of the musical constant (worsening) and decidedly lower value of the logarithmic decrement of fading (considerable improvement). The investigations have proved that the wood-containing substances which fill free spaces show a lower value of the logarithmic fading decrement than that without such substances; it is to stress that the logarithmic fading decrement value of the natural wood subjected to the extraction and the modified wood subjected to the extraction are identical.