

SZACOWANIE FUNKCJI RELAKSACJI DREWNA WZDŁUŻ I W POPRZEK WŁÓKIEN

Kamil PAWLIK
 Politechnika Opolska, Opole

1. Wstęp

Celem pracy jest identyfikacja odmiennych właściwości reologicznych drewna w kierunku równoległym i prostopadłym do włókien. Badanie wspomnianych właściwości w kierunku równoległym do włókien nie przysparza najczęściej kłopotów. Inaczej jest w przypadku kierunku prostopadłego. Wynika to z braku możliwości pozyskania odpowiedniej próbki, a także bardzo małej wytrzymałości drewna. Rozwiązaniem tego problemu jest badanie prętów warstwowych, w których naprzemian ułożone warstwy mają różną orientację włókien (np. sklejka drewniana).

W celu identyfikacji poszukiwanych parametrów reologicznych przedstawiony zostanie model lepkosprężystego pręta warstwowego, który umożliwia wyznaczenie funkcji relaksacji poszczególnych warstw drewna. Przedstawione zostaną także wyniki badań eksperymentalnych pełzania drewna (sklejki drewnianej) przy stałym momencie zginającym.

2. Model lepkosprężystego pręta warstwowego

Analizując odkształcenia lepkosprężystego pręta warstwowego przy różnym układzie warstw (różne momenty bezwładności), możliwe jest zbudowanie układu równań [1]:

$$\begin{cases} (J_1^V E_1(t) + J_2^V E_2(t)) * du_V(t) = \int_s \hat{M} \cdot M_1 ds \\ (J_1^H E_1(t) + J_2^H E_2(t)) * du_H(t) = \int_s \hat{M} \cdot M_1 ds \end{cases} \quad (1)$$

Rozwiązanie powyższego układu równań spłotowych można uzyskać wykorzystując transformację Laplace'a i są nimi funkcje relaksacji:

$$E_1(t) = \frac{Z}{J_1^V J_2^H - J_1^H J_2^V} (J_2^H f(t) - J_2^V g(t)), \quad (2)$$

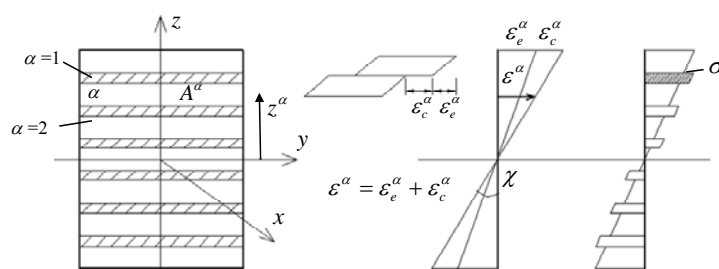
$$E_2(t) = \frac{Z}{J_1^V J_2^H - J_1^H J_2^V} (J_1^V g(t) - J_1^H f(t)). \quad (3)$$

Występujące w (2) i (3) funkcje $f(t)$ i $g(t)$ wyznaczamy z relacji:

$$\bar{f}(p)p^2\bar{u}_V(p)=1 \text{ i } \bar{g}(p)p^2\bar{u}_H(p)=1, \quad (4)$$

gdzie $u_V(t)$ i $u_H(t)$ są krzywymi pełzania wyznaczonymi z eksperymentu.

Wывód, z którego wynika układ równań (1) przedstawiony został w pracy [2].

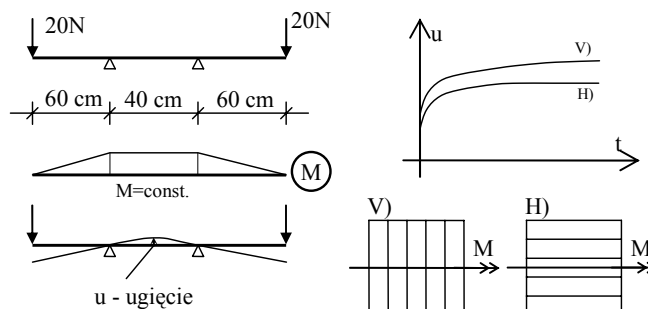


Rys. 1 Model zginanego pręta warstwowego

Fig. 1 Model of bending layered bar

3. Badania eksperymentalne

Obliczenie funkcji relaksacji poszczególnych warstw przy wykorzystaniu układu (1) jest możliwe, gdy posiadamy wyniki badań tego samego materiału lecz przy różnym ich układzie (różne momenty bezwładności). W tym celu przeprowadzone zostały badania drewna polegające na mierzeniu przyrostów ugięć belek drewnianych przy stałym momencie przęsłowym. Schemat badania pokazano na rysunku 2.



Rys. 2 Istota doświadczenia

Fig. 2 The essence of the experiment

Badane próbki miały wymiary 160cm×15mm×15mm i były wykonane ze sklejki, w której warstwy miały na przemian układ włókien równoległy i prostopadły do osi pęta (rys.3). Belki badane były w obu kierunkach, gdy warstwy są ustawione pionowo (V) oraz poziomo (H), (rys. 2). Do aproksymacji wyników badań przyjęto funkcję w formie:

$$u_\alpha(t) = u_\alpha^\infty H(t) - u_\alpha^1 e^{-\lambda_\alpha^1 t} - u_\alpha^2 e^{-\lambda_\alpha^2 t}, \quad \alpha = V, H. \quad (5)$$

Wartości poszczególnych parametrów równania (5) otrzymane z badań przedstawione są w tabeli 1.

Tablica 1. Wartości współczynników równania (5)

Układ warstw	u_{α}^{∞} [mm]	u_{α}^1 [mm]	λ_{α}^1 [1/h]	u_{α}^2 [mm]	λ_{α}^2 [1/h]
Pionowy (V)	6,238	0,288	0,243	0,460	0,00418
Poziomy (H)	8,295	0,439	0,260	0,769	0,00420



Rys. 3 Przekrój poprzeczny badanych próbek
Fig. 3 Cross section of samples

Funkcje $f(t)$ i $g(t)$ z równań (2) i (3) spełniające warunek (4) mają więc postać:

$$f(t) = 0,160 - 0,009e^{-0,256t} - 0,013e^{-0,0045t}, \quad (6)$$

$$g(t) = 0,121 - 0,008e^{-0,276t} - 0,012e^{-0,0046t}. \quad (7)$$

Obliczając momenty bezwładności poszczególnych warstw oraz wstawiając (6) i (7) do (2) i (3) funkcje relaksacji poszczególnych warstw przyjmą postaci:

$$\text{– zginanie w poprzek włókien – } E_1(t) = 2,940 + 0,853e^{-0,266t} + 1,552e^{-0,0045t}, \quad (8)$$

$$\text{– zginanie wzdłuż włókien – } E_2(t) = 42,694 + 1,699e^{-0,266t} + 1,998e^{-0,0045t}. \quad (9)$$

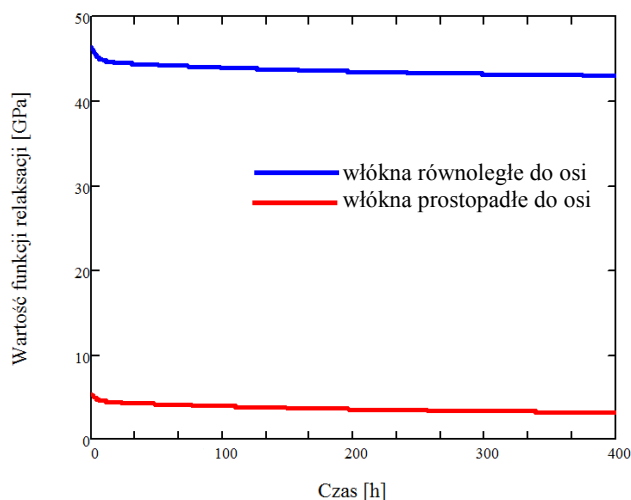
Wartości wykładników członów eksponentjalnych zbliżonych wartościami do siebie zostały uśrednione, co pozwoliło na zsumowanie ich, a co za tym idzie uproszczenie otrzymanych funkcji relaksacji.

4. Analiza wyników i wnioski

Na rysunku 4 przedstawione zostały wykresy otrzymanych funkcji relaksacji (8) i (9). Analizując wspomniany wykres można stwierdzić, że funkcja relaksacji drewna w kierunku równoległym do włókien przyjmują znacznie większe wartości. Obliczenie stosunków końcowych do początkowych wartości otrzymanych funkcji:

$$\frac{E_1(\infty)}{E_1(0_+)} = 1,82, \quad \frac{E_2(\infty)}{E_2(0_+)} = 1,09, \quad (10)$$

pozwała stwierdzić, iż właściwości reologiczne drewna w kierunku prostopadłym do włókien są zdecydowanie większe niż w kierunku równoległym.



Rys. 4 Wykresy funkcji relaksacji
Fig. 4 Graphs of relaxation functions

Można więc tu zauważyć analogię pomiędzy ortotropią właściwości reologicznych i sprężystych drewna.

Oznaczenia symboli

- u_i – ugięcie pręta,
- E^α – funkcje relaksacji warstwy α ,
- J^α – moment bezwładności warstwy α ,
- $\bar{y}(p)$ – transformacja Laplace'a funkcji $y(t)$.

Literatura

- [1] Kubik J.: Mechanika konstrukcji warstwowych, Wydawnictwo TiT, Opole, 1993,
- [2] Kubik J., Pawlik K.: Szacowanie właściwości reologicznych składników drewna, Matbud'2011, IV Konferencja Naukowo-Techniczna, Kraków, 2011

ESTIMATION OF THE RELAXATION FUNCTIONS OF WOOD IN LENGTH AND ACROSS FIBERS

Summary

The aim of the paper is the identification of the different rheological properties of wood in the parallel and perpendicular direction to the fibers. The model of a layered viscoelastic rod and results of test of creep wood have presented. This enabled the determination of wood relaxation function in both directions.