ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1969
Seria: BUDOWNICTWO z. 25 Nr kol. 264

Zygfryd Jamicki

TŁUMIENIE DRGAŃ W WALCOWYCH SPRĘŻYNACH ŚRUBOWYCH Z PRĘTÓW OKRĄGŁYCH

Stosowanie wibroizolacji przy posadowieniu ciężkich fundamentów pod młoty matrycowe pozwala na zmniejszenie siły zakłócającej, rozprzestrzeniającej się w podłożu gruntowym na inne obiekty budowlane. Warunki eksploatacji młotów wymagają odpowiednio szybkiego wytłumienia drgań bloku fundamentowego. Osiągnąć to można poprzez stosowanie, oprócz amortyzatorów sprężynowych, dodatkowych amortyzatorów gumowych.

Wielkość tłumienia drgań w amortyzatorach sprężynowych, a ściślej w śrubowych sprężynach walcowych wykonanych z prętów okrągłych, jest przedmiotem niniejszego referatu.

Analityczny opis ruchu drgającego młota-posadowionego poprzez filc na bloku fundamentowym, który z kolei spoczywa poprzez amortyzatory sprężynowe lub sprężynowo-gumowe w żelbetowej skrzyni fundamentowej - przeprowadza się zwykle dla układu dyskretnego, przyjmując do obliczeń model Voigta. W nawiązaniu do przyjętego modelu matematycznego, u podstaw którego tkwi szereg założeń i uproszczeń, określa się odpowiednie cechy materiałowe. Logarytmiczny dekrement tłumienia drgań jako jedna z cech materiałowych sprężyn, został określony w oparciu o badania, przeprowadzone przez autora na obiektach naturalnych.

Badania przeprowadzono dla dwóch typów sprężyn:

a) średnica drutu d = 30 mm
średnica zwoju sprężyny między osiami drutów D = 140 mm

wysokość nie obciążonej sprężyny H_o = 231 mm
moduł sprężystości poprzecznej G = 8300 kG/mm^2
ilość zwojów pracujących i = 4,5

b) średnica drutu d = 25 mm
średnica zwoju sprężyny między osiami drutów D = 160 mm
wysokość nie obciążonej sprężyny H_o = 267 mm
moduł sprężystości poprzecznej G = 8300 kG/mm^2
ilość zwojów pracujących i = 4,5.

Celem uchwycenia ewentualnego wpływu zmęczenia względnie wibropełzania - badania przeprowadzono ogółem w ilości 40 szt. sprężyn.

Dla każdego typu przyjęto 10 szt. sprężyn nowych oraz 10 szt. sprężyn starych, które co najmniej przez okres 2 lat pracowały pod fundamentami młotów, dla których proces "starzenia" przebiegał w warunkach normalnej eksploatacji.

Badania dynamiczne poprzedzono określeniem charakterystyki pracy każdej sprężyny.

Jako stanowisko badawcze wykorzystano istniejący, żelbetowy fundament pod przetwornicę kopalnianej maszyny wyciągowej. Poszczególne sprężyny obciążano ciężarami od 383 do 3452 kG zaś początkowe wychylenia drgających mas wynosiły około 5, 10 i 15 mm. Zanikające drgania własne rejestrowano tastografem w skali 1:1, dla którego stałym punktem odniesienia był nieruchomy fundament. Kolejne amplitudy drgań tłumionych A_o, A_1, ..., A_k, A_{k+1} odczytywano z wibrogramów przy pomocy lupy o dokładności 0,1 mm.

Dla układu dyskretnego o jednym stopniu swobody równanie różniczkowe drgań dla modelu Voigta ma postać:

$$\ddot{x} + 2h\,\dot{x} + \omega_o^2\,x = 0 \qquad (1)$$

którego całkę stanowi funkcja

$$x(t) = A_o \cdot e^{-ht} \cdot \cos\omega t \qquad (2)$$

gdzie:

A_o - amplituda drgań tłumionych dla t = 0,

k - sztywność idealizowanej sprężyny,

c - współczynnik tłumienia,

h - miara tłumienia wiskotycznego,

m - drgająca masa układu.

$$\omega_o^2 = \frac{k}{m}, \quad h = \frac{c}{2m}, \quad \omega^2 = \omega_o^2 - h^2$$

Dekrement tłumienia drgań wyraża się wzorem

$$\Delta = h \cdot T = \ln \frac{A_{k+1}}{A_k} \tag{3}$$

Korzystając z idei rozwiązania, podanej przez Kryłowa i Bogolubowa dla słabo nieliniowej charakterystyki (patrz: H. Kauderer - Nichtlineare mechanik, Springer-Verlag, 1958), autor referatu podaje przybliżony wzór na miarę tłumienia wiskotycznego:

$$h_k = \frac{\omega}{\pi} \frac{A_k^2 - A_{k-1}^2}{(A_k + A_{k+1})^2} \tag{4}$$

Symbol "k" oznacza, że wartość h_k dotyczy k-tej amplitudy drgań. Linearyzację wartości h_k przeprowadzono metodą najmniejszych kwadratów. Otrzymano końcowy wzór:

$$h = \frac{\omega}{\pi} \frac{A_o^2 - A_{k+1}^2}{\sum_k X_k^2} \tag{5}$$

gdzie

$$X_k = A_k + A_{k+1}$$

Dla występującego w sprężynach tłumienia, znacznie mniejszego od krytycznego, proponuje się przyjęcie

$$\omega \simeq \omega_o \quad \text{oraz} \quad T \simeq T_o \tag{6}$$

Uzyskane, poszczególne, wartości logarytmicznego dekrementu tłumienia ($\Delta = h \cdot T_o$), potraktowano w dalszym ciągu jako losowo wybrane wielkości statystyczne. Reprezentatywny charakter badanej wielkości (Δ) analizowano w oparciu o test Dixona (patrz: W. Volk - Statystyka stosowana dla inżynierów. Wyd. Nauk.-Techn. W-wa, 1965) mającego zastosowanie dla przypadku gdy nie posiadamy oszacowania odchylenia standartowego. Jako poziom prawdopodobieństwa przyjęto $\alpha = 0{,}05$. Z kolei przy pomocy testu t obliczono prawdopodobną wartość średnią oraz ustalono przedziały ufności. Stwierdzono, że logarytmiczny dekrement tłumienia Δ zmienia się wraz z częstotliwością oraz amplitudą drgań własnych.

Dla każdego z badanych typów sprężyn istnieje tzw. częstotliwość znamienna, przy której logarytmiczny dekrement tłumienia Δ osiąga wartości ekstremalne kilkakrotnie większe niż poza tzw. przedziałem znamiennym.

Wymiary geometryczne sprężyn również rzutują na przebieg zmienności Δ. Nie spostrzeżono wyraźnego wpływu zmęczenia sprężyn na wielkość logarytmicznego dekrementu tłumienia.

W referacie ilustrowane będą uzyskane przez autora wyniki jak również podane będą wnioski końcowe.