

УДК 621.876

Р. Рогатинський, І. Гевко, А. Дячун

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## ВПЛИВ ІМПУЛЬСНИХ СИЛ НА КРУТИЛЬНІ КОЛИВАННЯ ШНЕКА

Шнек обертається навколо осі, здійснюючи крутильні та згинальні коливання. В багатьох випадках останні спричиняють короткотривалу періодичну дію на крутильні коливання. Математичною моделлю крутильних коливань шнека для вказаної дії зовнішньої миттєвих сил є диференціальне рівняння:

$$I \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} - \frac{\partial}{\partial x} \left( GJ \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = Q \left( \theta, \frac{\partial \theta}{\partial t}, \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \sum_{i=1}^n Q_i \left( \theta, \frac{\partial \theta}{\partial x}, \frac{\partial \theta}{\partial t} \right) \cdot \sum_{j=1}^{\infty} \delta(\tau - t_i) + j\tau, \quad (1)$$

де  $\delta(\tau - t_i)$  - функція Дірака, яка діє періодично із періодом  $\tau$  у моменти часу  $t_i$ ;

$Q_i \left( \theta, \frac{\partial \theta}{\partial x}, \frac{\partial \theta}{\partial t} \right)$  - функція, яка характеризує інтенсивність дії імпульсних сил у вказані моменти часу.

Розв'язком диференціального рівняння є функції:

$$a_{\text{покр.}} = a - \frac{\mu}{\omega_\theta} \left\{ \frac{\nu}{\pi} \sum_{i=1}^n F_{i0}^s \sigma(\tau - t_i) + \frac{\nu}{2\pi} \sum_{i=1}^n \sum_n \frac{-F_{in}^{ss} \cos \psi + F_{in}^{sc} \sin \psi}{n\omega_\theta} + \right. \\ \left. + \frac{\nu}{2\pi} \sum_{i=1}^n \sum_n \left( \frac{F_{in}^{ss}}{\omega_\theta^2 - \nu^2} [n\omega_\theta \sin \psi \cos k\nu - t_i - 2k\nu \cos \psi \sin k\nu - t_i] + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{F_{in}^{ss}}{\omega_\theta^2 - \nu^2} [2n\omega_\theta \cos \psi \cos k\nu - t_i + 2k\nu \sin \psi \sin k\nu - t_i] \right) + \right. \\ \left. + \sum_n \frac{-F_n^{sc} \cos \psi + F_n^{cs} \sin \psi}{n\omega_\theta} \right\}; \quad (2)$$

$$\psi_{\text{покр.}} = \omega t - \frac{\varepsilon}{a\omega_\theta} \left\{ \frac{\nu}{\pi} \sum_{i=1}^n F_{ki0}^c \sigma(\tau - t_i) + \frac{\nu}{2\pi} \sum_{i=1}^n \sum_n \frac{-F_{in}^{cc} \cos \psi_k + F_{in}^{cs} \sin \psi_k}{n\omega_\theta} + \right. \\ \left. + \frac{\nu}{2\pi} \sum_{i=1}^n \sum_n \left( \frac{F_{in}^{cs}}{\omega_\theta^2 - \nu^2} [n\omega_\theta \sin \psi \cos k\nu - t_i - 2k\nu \cos \psi \sin k\nu - t_i] + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{F_{in}^{cs}}{\omega_\theta^2 - \nu^2} [n\omega_\theta \cos \psi_k \cos k\nu - t_i + 2k\nu \sin \psi \sin k\nu - t_i] \right) + \right. \\ \left. + \sum_n \frac{-F_n^{ss} \cos \psi_k + F_n^{ss} \sin \psi_k}{n\omega_\theta} \right\}, \quad (3)$$

де  $\sigma(\tau - t_i)$  - періодична функція, яка є сумою ряду  $\sum_j \frac{\sin j\nu(\tau - t_i)}{j}$ .

Резонансні крутильні коливання. Диференціальне рівняння за дії імпульсних сил:

$$\frac{d^2T}{dt^2} + \left(\frac{q\nu}{p}\right)^2 T = \mu \left( \bar{F} \left( T, \frac{dT}{dt}, \nu t \right) - \Delta T + \sum_{j=1}^n \bar{F}_j \left( T, \frac{dT}{dt}, \nu t \right) \cdot \sum_{i=1}^m \delta_{i-1} \left[ \tau_i + j\tau \right] \right), \quad (4)$$

$$\omega_\theta^2 = \left(\frac{q\nu}{p}\right)^2 + \mu\Delta. \quad (5)$$

Розв'язком диференціального рівняння є функції:

$$\frac{da}{dt} = -\mu \left( \frac{\beta a}{2} + \frac{a(\lambda + \gamma a^2)}{4\pi q} \left( \sin 2\varphi + \sin \left( 2\varphi + q \frac{\pi}{2} \right) \right) - \frac{\gamma a^3}{8\pi q} \left[ 1 + \epsilon \frac{1}{q} \sin 4\theta \right] \right), \quad (6)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\omega_\theta^2 - \left(\frac{q\nu}{2}\right)^2}{\omega_\theta} - \mu \left( \frac{4\lambda + 3\gamma a^2}{4\pi q} + \frac{\lambda + \gamma a^2}{2\pi q} \left( \cos 2\varphi + \cos \left( 2\varphi + q \frac{\pi}{2} \right) \right) + \frac{\gamma a^2}{8\pi q} \left[ 1 + \epsilon \frac{1}{q} \cos 4\theta \right] \right). \quad (7)$$

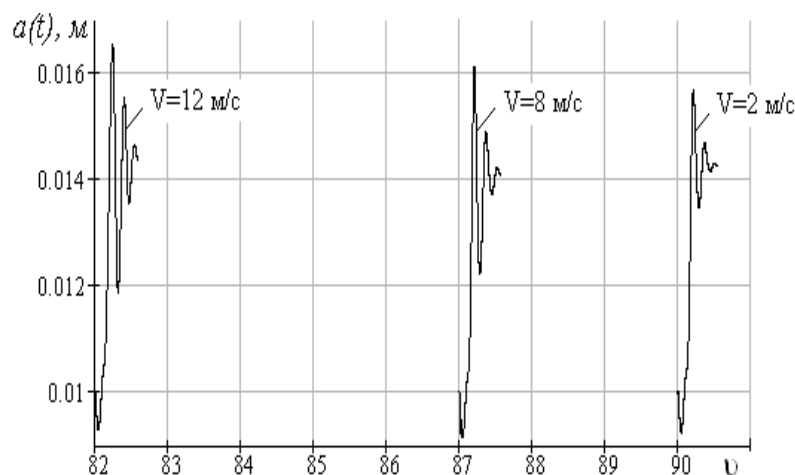


Рис. 1. АЧХ крутильних коливань шнека за різних значень параметру  $\omega_\theta$

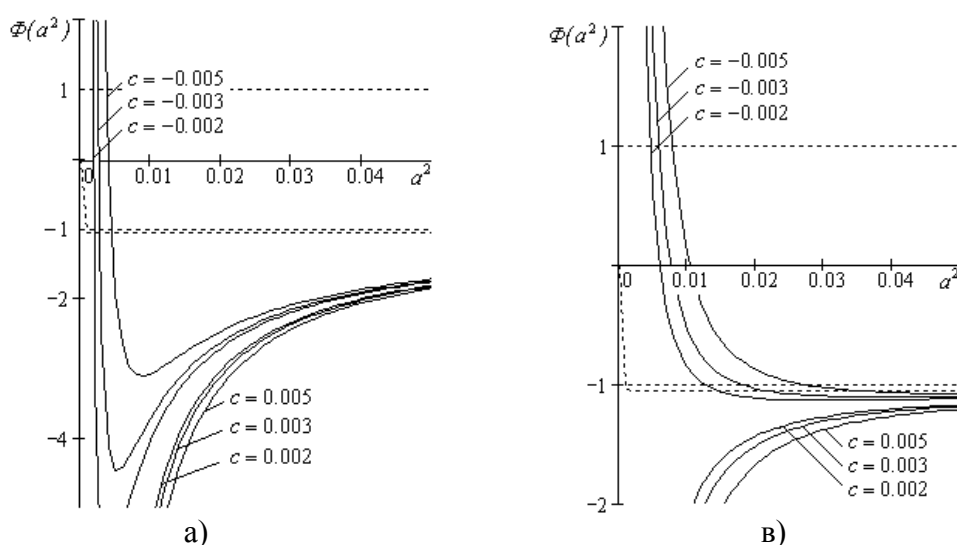


Рис. 2. Область стійких значень амплітуди крутильних коливань шнека за різних фіксованих  $c$ : а)  $\gamma > 0$ ,  $\nu = 2\omega_\theta + 1$ , б)  $\gamma > 0$ ,  $\nu = 2\omega_\theta - 1$