

РЕЗОНАНСНІ КОЛИВАННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ГВИНТОВИМ ШНЕКОМ ІЗ СЕПАРАЦІЄЮ

В.З. Гудь, канд. техн. наук, доц.,

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

Набагато складнішими у дослідженні є резонансні коливання гвинтового шнеку, який переміщає зернову суміш. Відомо [1], що резонансні процеси характеризуються значним ростом амплітуди. Це призводить з одного боку до зростання амплітуди поперечних коливань шнекового гвинта, а відтак до зростання динамічних напружень у ньому, а з іншого – до зростання інтенсивності перемішування зернової суміші. Останнє сприяє покращенню процесу сепарації. Таким чином, щодо резонансного процесу транспортування зернової маси із сепарацією треба підходити комплексно.

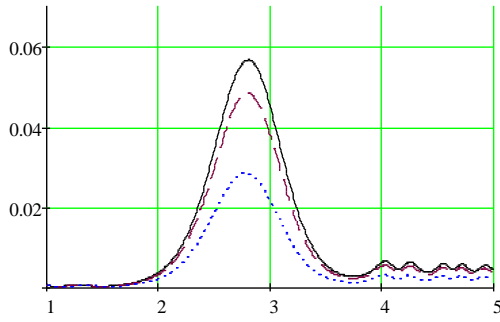
Що стосується математичного про процесу описання вказаного явища, то відомо [2], що основні параметри, які його описують залежать від різниці фаз власних та вимушених коливань $-\theta(t) = \psi(t) - \gamma(t)$. Резонансні співвідношення (для випадку головного резонансу), набувають вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} &= \frac{-\varepsilon}{(\rho_{10} + \rho)\omega\pi} \beta \frac{\sqrt{\pi}\Gamma(s+1)}{\Gamma\left(\frac{2s+1}{2}+1\right)} a^{2s+1} + \frac{1}{\rho_{10} + \rho} 2 \frac{k\rho_{10}}{l} \frac{\pi^2}{l} V I_{12} \omega a \\ &+ \frac{1}{2\pi\omega} \int_0^{2\pi} \left[\bar{h} \sin \gamma d\gamma - \frac{\bar{h}}{\rho_{10} + \rho} V \cos \gamma \right] \sin(\theta + \gamma) d\gamma \\ \frac{d\theta}{dt} &= \omega - p + \frac{3\varepsilon\alpha_1}{32(\rho_{10} + \rho)\omega\pi a} a^2 + \frac{1}{(\rho_{10} + \rho)} \frac{k\rho_{10}}{l} \left\{ \omega^2 + V^2 \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 + \Omega^2 \right\} I_{11} + \\ &+ \frac{1}{2\pi\omega a} \int_0^{2\pi} \left[\bar{h} \sin \gamma d\gamma - \frac{\bar{h}}{\rho_{10} + \rho} V \cos \gamma \right] \cos(\theta + \gamma) d\gamma \end{aligned} \quad (1)$$

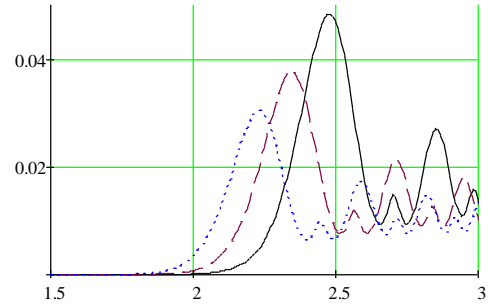
Після нескладних перетворень залежності (1) трансформуються до вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} &= \frac{-\varepsilon}{(\rho_{10} + \rho)\omega\pi} \beta \frac{\sqrt{\pi}\Gamma(s+1)}{\Gamma\left(\frac{2s+1}{2}+1\right)} a^{2s+1} + \frac{1}{\rho_{10} + \rho} 2 \frac{k\rho_{10}}{l} \frac{\pi^2}{l} V I_{12} \omega a + \\ &+ \frac{\bar{h}}{2\omega} \cos \theta - \frac{\bar{h}}{2(\rho_{10} + \rho)\omega} V \sin \theta, \\ -\frac{1}{2\omega a} \frac{d\theta}{dt} &= \omega - p + \frac{3\varepsilon\alpha_1}{32(\rho_{10} + \rho)\omega\pi a} a^2 + \frac{1}{(\rho_{10} + \rho)} \frac{k\rho_{10}}{l} \left\{ \omega^2 + V^2 \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 + \Omega^2 \right\} I_{11} + \\ &- \frac{\bar{h}}{2\omega a} \sin \theta - \frac{\bar{h}}{2(\rho_{10} + \rho)\omega a} V \cos \theta \end{aligned} \quad (2)$$

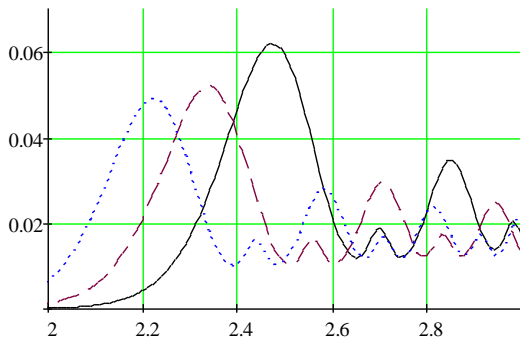
Відповідно до диференціальних рівнянь (2) на рисунку 1 представлено зміну в часі амплітуди коливань при переході через резонанс.



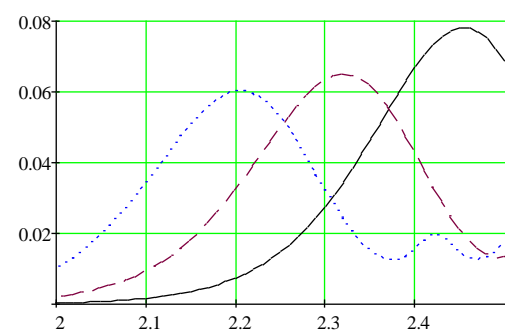
а) $\rho_{10} = 20$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 8$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 0$; $k = 0$; $V = 10$; ----- $k = 0,15$; ————— $k = 0,2$.



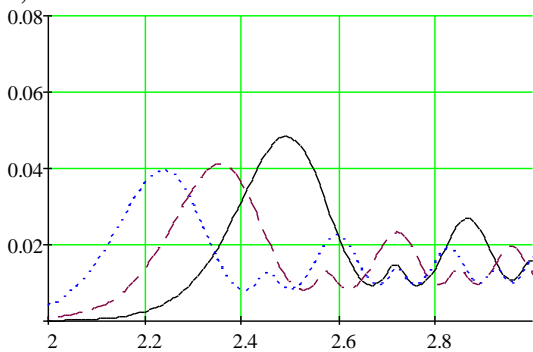
б) $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 0$; $k = 0$; $\rho_{10} = 30$ кг/м; ----- $\rho_{10} = 25$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,1$; ————— $\rho_{10} = 15$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,15$.



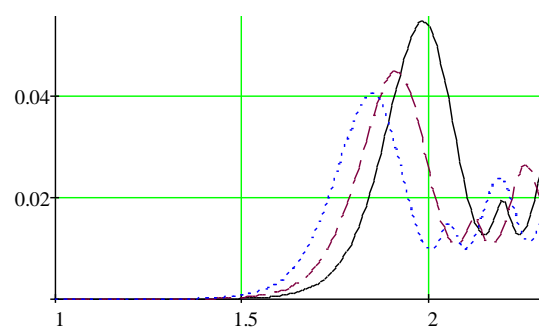
в) $\rho_{10} = 30$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 8$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 0$; $k = 0$; ----- $\rho_{10} = 25$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,1$; ————— $\rho_{10} = 15$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,15$.



г) $\rho_{10} = 20$ кг/м; $\rho = 25$ кг/м; $l = 8$ м; $\Omega = 25$ с⁻¹; $V = 0$; $k = 0$; ----- $\rho_{10} = 20$ кг/м; $\rho = 25$ кг/м; $l = 8$ м; $\Omega = 25$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,1$; ————— $\rho_{10} = 15$ кг/м; $\rho = 25$ кг/м; $l = 8$ м; $\Omega = 25$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,15$.



д) $\rho_{10} = 20$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 0$; $k = 0$; ----- $\rho_{10} = 20$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 7,5$; $k = 0,1$; ————— $\rho_{10} = 20$ кг/м; $\rho = 15$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,15$.



е) $\rho_{10} = 30$ кг/м; $\rho = 30$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 0$; $k = 0$; ----- $\rho_{10} = 30$ кг/м; $\rho = 30$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 7,5$; $k = 0,1$; ————— $\rho_{10} = 30$ кг/м; $\rho = 30$ кг/м; $l = 6$ м; $\Omega = 20$ с⁻¹; $V = 10$; $k = 0,1$.

Рисунок 1 - Зміна амплітуди згинних коливань системи шнековий гвинт – зернова суміш при переході через головний резонанс із урахуванням процесу сепарації

Отримані результати, які стосуються транспортування зернової суміші із одночасною її сепарацією показують:

- вплив початкового значення амплітуди коливань та величини періодичного збурення на амплітуду проходження через резонанс незначний;
- резонансна частота із зростанням кутової швидкості обертання шнеку зменшується і одночасно амплітуда проходження через резонанс зростає;
- процес сепарації зернової суміші супроводжується одночасним зростанням амплітуди проходження через резонанс, до для більш інтенсивної сепарації вона є більшою.

Список літератури

1. Митропольский Ю. А., Мосеенков Б. И. Асимптотические решения уравнений в частных производных. Киев : Вища школа, 1976. 592 с.
2. Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. Москва : Наука, 1974. 501 с.