

УДК 631.363

В.З. Гудь, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ШНЕКОВИМ ТРАНСПОРТЕРОМ ІЗ ОДНОЧАСНОЮ СЕПАРАЦІЄЮ

V. Hud, PhD

RESEARCH OF THE PROCESS OF TRANSPORTATION OF GRAIN MIXTURES BY SCREW TRANSPORT WITH SIMULTANEOUS SEPARATION

Досягти значної ефективності під час виконання різного роду технологічних процесів вдається не тільки найбільш сприятливою (оптимальною) послідовністю їх виконанням, але значною мірою одночасним поєднанням декількох процесів. Наприклад, транспортування кормів із одночасним змішуванням їх компонентів; транспортування посівного матеріалу із його обробкою мікроелементами; транспортування зернової суміші із її очищенням (сепарацією), сушінням. Характерною особливістю вказаних процесів є наступне: з одного боку використовується різного виду транспортери, а з іншого – сипке середовище (зерно, посівний матеріал, корм). Якщо на сьогодні динаміці різного роду транспортерів (стрічкових, гвинтових, скребкових) присвячена значна кількість робіт, то вплив сипкого середовища на динаміку системи транспортер – сипке середовище розглядався лише в окремих роботах [1].

У випадку, коли зернова суміш не подається на гвинт шнекового транспортера, диференціальне рівняння його згинальних коливань за своєю структурою аналогічне до диференціального рівняння згинальних пружного тіла яке обертається навколо нерухомої осі і має вигляд

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{EI}{\rho} \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} - \omega^2 u = \varepsilon f \left(u, \frac{\partial u}{\partial t}, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} \right) \quad (1)$$

де $u(x, t)$ - поперечне переміщення перерізу шнекового гвинта з координатою x в довільний момент часу t ; EI - жорсткість на згин шнеку (E, I відповідно модуль пружності матеріалу шнеку та момент інерції), ρ - стала (погонна маса шнеку),

$\varepsilon f \left(u, \frac{\partial u}{\partial t}, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} \right)$ - функція, яка описує нелінійно пружні, дисипативні та іншої

природи сили системи, ε - малий параметр, який вказує на їх малу величину у порівнянні із лінійною складовою відновлювальної сили. У випадку, коли вздовж шнекового гвинта переміщається зі сталою за величиною швидкістю зернова суміш, абсолютне прискорення w_s умовно виділеного в довільному місці елемента зернової суміші визначається залежністю

$$w_s = \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} V^2 + 2V \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t \partial x} \quad (2)$$

Доданки у вказаному виразі виражають відповідно відносну, переносну та коріолісову складову прискорень елемента зернової суміші.

Радіус кривини ρ його зігнутої нейтральної осі рівний $\rho = \left(\frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} \right)^{-1}$, так як розглядаються малі згинальні коливання гвинтового шнеку.

Якщо прийняти до уваги, що зернова суміш не впливає на модуль пружності матеріалу шнеку, а лише частково змінює його момент інерції, то диференціальне рівняння системи гвинт шнеку - зернова суміш набуває вигляду

$$\begin{aligned} & (\rho + \rho_1(x)) \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} + 2\rho_1(x)V \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t \partial x} + \rho_1(x)V^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + \\ & + E\bar{I}(x) \frac{\partial^4 u(x,t)}{\partial x^4} - (\rho + \rho_1(x))\Omega^2 u(x,t) = \varepsilon f \left(u, \frac{\partial u}{\partial t}, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

де $\bar{I}(x)$ - момент інерції гвинта шнеку разом із зерною сумішшю. Представлене рівняння (3) показує, що зернова суміш, яка переміщається вздовж шнека надає диференціальному рівнянню його руху якісно нової форми:

- за рахунок руху зернової суміші появились у ньому два нових доданки $\rho_1(x)V \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t \partial x}$ та $\rho_1(x)V^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2}$;

- за рахунок процесу сепарації погонна маса зернової суміші змінюється вздовж довжини сита.

Все це створює додаткові труднощі аналітичного дослідження впливу всієї множини параметрів на динаміку процесу. Останнє пов'язане із побудовою розв'язку отриманого рівняння. Адже дослідити вплив всього спектру чинників на динаміку розглядуваного процесу можна найбільш повно на базі аналітичного розв'язку (навіть наближеного).

Відзначимо, розв'язок диференціального рівняння визначається не тільки його виглядом, але й крайовими та початковими умовами. Очевидно що крайові умови визначаються способом кріплення гвинтового шнеку та передачею на нього руху від привідного двигуна. Останній для багатьох випадків збурює у шнеку коливання, тому крайові умови для диференціального рівняння (3) прийматимемо у вигляді

$$\begin{aligned} u(0,t) = \varepsilon k_1 \sin(pt + \theta), \quad \frac{\partial^2 u(0,t)}{\partial x^2} = 0, \\ u(l,t) = 0, \quad \frac{\partial^2 u(l,t)}{\partial x^2} = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

де k_1 , p , θ – сталі (відповідно амплітуда, частота та початкова фаза зовнішнього періодичного збурення, до того ж амплітуда періодичного збурення є малою величиною). Тут приймається що привідний пристрій (двигун) знаходиться на початку шнекового гвинта. Таким чином, задача про дослідження процесу транспортування з одночасною сепарацією зернової суміші звелась до побудови та дослідження розв'язку крайової задачі (3), (4).

Можна зробити висновок, що процес сепарації зернової суміші супроводжується одночасним зростанням амплітуди проходження через резонанс, і для більш інтенсивної сепарації вона є більшою.

Література:

1. Hevko I., Lyashuk O., Sokil I., Slobodian L., Hud V., Vovk Yu. Resonant oscillation of vertical working part of conveyer-loader. *Bulletin of the Karaganda University. «PHYSICS» series.* 2019. № 2(94). P. 73–82.