

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІБРОРІЄНТАЦІЇ

В статті запропонований ефективний методологічний підхід і загальний спрощений математичний опис технологічного процесу орієнтації деталей, що знаходяться на похилій площині при дії вібраційного і віброударного навантаження з метою.

В статье предложен эффективный методологический подход и общее упрощенное математическое описание технологического процесса ориентации деталей, находящихся на наклонной плоскости при действии вибрационной и виброударной нагрузки.

The considers an efficient methodological approach and overall simplified mathematical description the process of technological orientation for parts located on the inclined plane under the influence of vibration and vibro-impact load.

Ефект механізму виникнення явища самоорієнтації тіл [1,2], що знаходяться на похилій площині, під дією вібраційного і віброударного навантаження може бути описаний, якщо уточнити запис сил тертя [3]:

$$F = f(N + N_0), \quad (1)$$

де f – коефіцієнт тертя; N – нормальна сил реакцій похилої площини на тіло; N_0 – стала, що враховує силу молекулярного притягання двох тіл. Співвідношення N/N_0 – тим більше, чим деталь менше.

Розглянемо поведінку тіла, центр мас якого позначений точкою A (рис. 1). При ковзанні тіла в напрямку вісі x в центрі тяжіння C прикладена результуюча опорна реакція N і відповідно частина сили тертя fN . Друга частина сили тертя fN_0 прикладена в геометричному центрі опорної поверхні O , так як $N_0 = \text{const}$ в будь-якій точці дотикання двох тіл. При не співпадінні точок C і O на величину l при ковзанні тіла з'являється момент сил тертя, рівний $M_{mp} = fN_0 \sin \varphi$, який і обертає деталь. Тому тіло при ковзанні прагне зайняти таке

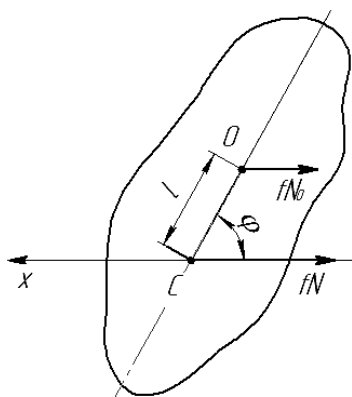


Рис. 1. Схема сил, що діє на тіло на похилій площині при вібраційному і віброударному навантаженні

положення, при якому центр тяжіння буде попереду геометричного центру опорної поверхні. Чим ближче центр тяжіння і геометричний центр опорної поверхні, тим ефект самоорієнтації проявляється менше.

При вібротранспортуванні в кожному періоді коливань похилої площини можуть бути етапи ковзання вперед (загальний час $\tau_в$), етапи ковзання назад (загальний час $\tau_н$) і етап спільного руху. Запишемо рівняння поворотного руху:

$$I\ddot{\varphi} + fN_0 l \sin \varphi = 0, \quad (2)$$

де I – момент інерції тіла, φ – кут повороту тіла.

Тоді за i -ий період T коливання похилої площини із рівняння (2) отримуємо:

$$\Delta\varphi_i = - \int_{\tau_в}^{\tau_н} \int_{\tau_с}^{\tau_с} \frac{fN_0 l \sin \varphi_i}{I} dx = \frac{fN_0 l}{I} (\tau_в^2 - \tau_н^2) \sin \varphi_i, \quad (3)$$

де φ_i – кут повороту на початку i -го періоду коливань. Зважаючи на малість величини $\Delta\varphi_i$ і відношення T/t , де t – час транспортування, тоді можна прийняти:

$$\frac{\Delta\varphi_i}{T} \approx \frac{d\varphi}{dt}, \quad (4)$$

що в свою чергу, дозволяє проінтегрувати (3) і отримати час t для повороту деталі від початкового кута φ_0 до φ :

$$dt = \frac{T}{\Delta\varphi_i} d\varphi \Rightarrow t = \int_{\varphi}^{\varphi_0} \frac{2TI}{fN_0l(\tau_s^2 - \tau_n^2) \sin \varphi} d\varphi = \frac{2TI}{fN_0l(\tau_s^2 - \tau_n^2)} \ln \left| \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} \right|. \quad (5)$$

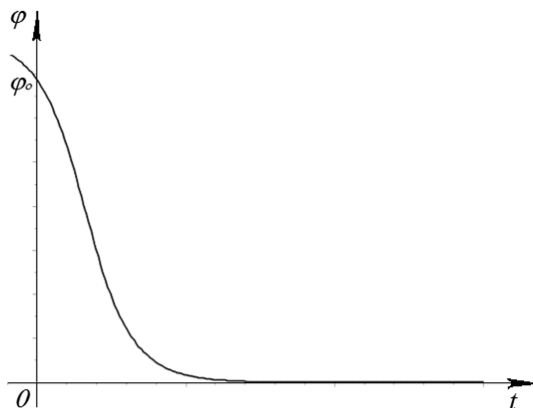


Рис. 2. Графік зміни відносного кута положення тіла на похилій площині при вібраційному і віброударному навантаженні

Із рівняння (5) отримуємо функцію відносного кута положення тіла на похилій площині при вібраційному і віброударному навантаженні:

$$\varphi = 2 \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\varphi_0}{2} \right) e^{-\left(\frac{fN_0l(\tau_s^2 - \tau_n^2)}{2TI} \right) t} \right]. \quad (6)$$

На основі функції (6) побудуємо графік зміни відносного кута положення тіла на похилій площині (рис. 2) в залежності від часу. Як видно із графіка (рис. 2) з часом відносний кут положення асимптотично змінюється від початкового кута φ_0 до кута $\varphi=0$, що пояснює ефект орієнтації тіла на похилій площині при вібраційному і віброударному навантаженні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вибрации в технике. Справочник в 6-ти т. /Ред. совет: В.Н.Челомей (пред.). - М. Машиностроение, 1981. - Т.4. Вибрационные процессы и машины /Под ред. Е.Е. Лавендела. - 1981. - 509 с.
2. Искович-Лотоцкий Р. Д. Математическое моделирование усилия на рабочем органе вибропресса с гидроимпульсным приводом / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Я. В. Иванчук, Я. П. Веселовский // Сборник трудов по материалам международного научного симпозиума технологов-машиностроителей «Перспективные направления развития финишных методов обработки деталей; виброволновые технологии»: (Ростов-на-Дону, 14-17 сентября 2016г.). – Ростов н/Д: ДГТУ, 2016. - С. 64-68.
3. Трение, изнашивание и смазка / Под ред. И. В. Крагельского и А. В. Алисина. М.: Машиностроение, 1987 т. 1, 400 с.; 1979, т. 2. – 356 с.

Искович-Лотоцкий Ростислав Дмитриевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: islord@vntu.edu.ua, вул. Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна, 21021.

Иванчук Ярослав Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: ivanchuck@ukr.net, вул. Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна, 21021.

Волинець Юрий Николаевич, магистр кафедры галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: ivanchuck@ukr.net, вул. Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна, 21021.