

ДИНАМІКА РЕЗОНАНСНОЇ ОДНОМАСОВОЇ ВІБРОМАШИНИ З ІНЕРЦІЙНИМ ВІБРОЗБУДНИКОМ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ЕФЕКТІ ЗОМЕРФЕЛЬДА

Центральноукраїнський національний технічний університет

Анотація

Досліджена динаміка резонансної одномасової вібромашини з інерційним віброзбудником спрямованої дії, що працює на ефекті Зомерфельда. Знайдені можливі усталені рухи вібромащини і досліджена їх стійкість. Досліджений резонансний режим руху вібромащини.

Ключові слова: резонансна вібромашина, інерційний віброзбудник, ефект Зомерфельда.

В резонансних вібромашинах невеликі за масами інерційні віброзбудники збуджують інтенсивні вібрації платформ. Це робить вібромащини енергоефективними, збільшує їх надійність і довговічність роботи. Найпростіший спосіб збудження резонансних коливань ґрунтується на ефекті Зомерфельда [1-4]. Але відомі віброзбудники не збуджують вібрації спрямованої дії. Авторами запропонований новий інерційний віброзбудник спрямованої дії, що працює на ефекті Зомерфельда і досліджена його працездатність.

Вібромашина складається (рис. 1, а) із платформи, маси M і двох інерційних віброзбудників, у яких дебалансною масою є куля, ролик (рис. 1, б) або маятник (рис. 1, в). Платформа може рухатися тільки у вертикальному напрямку завдяки напрямним. Платформу підтримує пружно-в'язка опора з коефіцієнтом жорсткості k і в'язкості b . Положення платформи визначається координатою y , рівною нулю в положенні статичної рівноваги платформи.

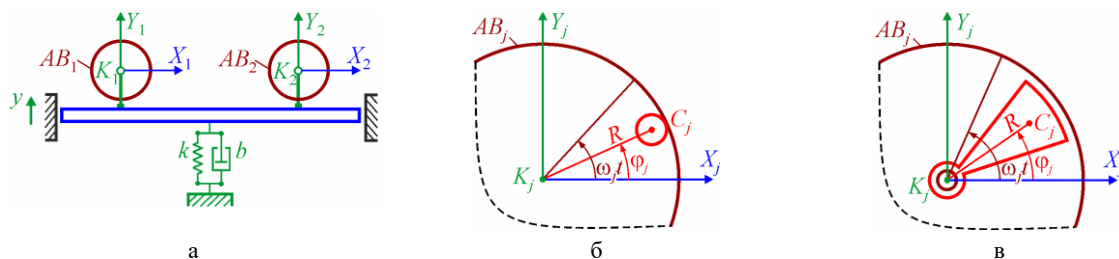


Рис. 1. Кінематика руху: а – платформи; б – кулі або ролика; в – маятника

Корпус віброзбудника номер j обертається навколо точки K_j з постійною кутовою швидкістю ω_j . Його положення визначає кут $\omega_j t$, де t – час (рис. 1, б, в). Маса одного вантажу m . Центр мас вантажу номер j може рухатися по колу радіуса R із центром у точці K_j (рис. 1, б, в). Його положення визначає кут φ_j , $/j=1,2/$. Руху вантажу щодо корпусу віброзбудника перешкоджає сила в'язкого опору, що має модуль $F_j = b_w R |\dot{\varphi}_j - \omega_j|$, $/j=1,2/$, де b_w – коефіцієнт сили в'язкого опору, і штрих за величиною позначає похідну за часом t .

Диференціальні рівняння руху системи, не залежно від типу вантажу мають такий вигляд

$$M_\Sigma y'' + by' + ky + S_y'' = 0, \quad kmR^2 \varphi_j'' + b_w R^2 (\varphi_j' - \omega_j) + mRy'' \cos \varphi_j = 0, \quad /j=1,2/. \quad (1)$$

В (1) $M_\Sigma = M + 2m$ – маса всієї системи (маси корпусів віброзбудників віднесені до маси платформи), $S_x = mR(\cos \varphi_1 + \cos \varphi_2)$, $S_y = mR(\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)$, для кулі, ролика і маятника, відповідно $\kappa = 7/5$, $\kappa = 3/2$, $\kappa = 1 + J_C / (mR^2)$, дія сил ваги на вантажі не враховується.

Для збудження резонансних коливань спрямованої дії корпуси віброзбудників обертаються з рівними кутовими швидкостями у протилежних напрямках $\omega_1 = \omega$, $\omega_2 = -\omega$, $\omega = const$.

Аналізом диференціальних рівнянь руху встановлено наступне.

1. У вібромашини існують два принципово різних усталених режими руху.

У першому режимі (рис. 1, а) вантажі застрягають на майже сталій кутовій швидкості обертання Ω , меншій за резонансну частоту коливань платформи $\omega_0 = \sqrt{k / M_2}$. Із збільшенням швидкості обертання корпусів віброзбудників частота обертання вантажів прямує до резонансної частоти, чим збуджуються інтенсивні резонансні коливання. При цьому амплітуда коливань платформи монотонно збільшується

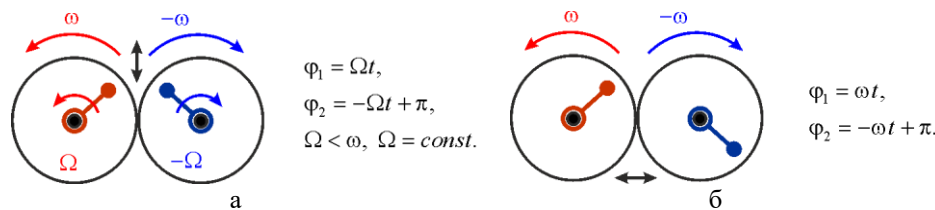


Рис. 2. Усталені режими руху вібромашини:

а – режим застрягання вантажів; б – режим синхронного обертання вантажів з корпусами віброзбудників

У другому режимі вантажі обертаються синхронно з корпусами і їх сумарний дебаланс у вертикальному напрямку дорівнює нулю. Тому коливання платформи відсутні.

2. Перший режим стійкий при обертанні корпусів віброзбудників в діапазоні швидкостей $\omega \in [0, \omega^*]$, де $\omega^* = [1 + m^2 \omega_0^2 / (b_w b)] \omega_0$ - характерна швидкість, більша за резонансну.

Другий режим стійкий на зарезонансних швидкостях обертання корпусів віброзбудників ($\omega > \omega_0$).

3. Для настання резонансного режиму руху вібромашини достатньо повільно розігнати корпуси віброзбудників до швидкості, меншій за ω^* .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sommerfeld, A. (1904). Beitrage zum dynamischen Ausbay der Festigkeislehre. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 48 (18), 631–636.
2. Kuzo, I.V., Lanets, O.V., Gurskyi, V.M. (2013). Synthesis of low-frequency resonance vibratory machines with an aero inertia drive. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2, 60–67. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2013_2_11
3. Filimonikhin, G., Yatsun, V. (2015). Method of excitation of dual frequency vibrations by passive autobalancers. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 4(7(76)), 9–14. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47116>
4. Filimonikhin G., Yatsun V., Filimonikhina I. (2020). Investigation of oscillations of platform on isotropic supports excited by a pendulum. E3S Web Conf. 168 article N 00025, 11 p. doi: <https://10.1051/e3sconf/202016800025>

Філімоніхіна Ірина Іванівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої математики і фізики Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький, fii@online.ua

Філімоніхін Геннадій Борисович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри деталей машин та прикладної механіки Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький, filimonikhin@ukr.net

DYNAMICS OF A RESONANT SINGLE-MASS VIBRATING MACHINE WITH AN INERTIAL VIBRATOR OF DIRECTED ACTION, WORKING ON THE SOMMERFELD EFFECT

Abstract

The dynamics of a resonant single-mass vibrating machine with an inertial vibration exciter of directed action which operating based on the Sommerfeld effect has been studied. Possible steady motions of the vibrating machine are found and their stability is investigated. The resonant mode of motion of the vibrating machine is investigated.

Keywords: resonant vibrating machine, inertial vibrating exciter, Sommerfeld effect.

Irina Filimonikhina, PhD, Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, fii@online.ua.

Gennadiy Filimonikhin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine Parts and Applied Mechanics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, filimonikhin@ukr.net.