

УДК 69.00.25

Дослідження робочого процесу вібраційної установки з резонансним режимом руху

Назаренко І.І., Сліпецький В.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

***Анотація.** Об'єктом дослідження є робочий процес вібраційної установки з резонансним режимом руху. Загально відомо, що при резонансному налаштуванні і високих коефіцієнтах резонансного посилення режим роботи машин дуже чутливий до можливих змін зовнішнього впливу. Адже основна задача забезпечення резонансного режиму є проблема утримання співвідношення частоти зовнішньої сили і частоти власних коливань системи «машина – середовище». Саме ця обставина є суттєвою перешкодою для широкого впровадження подібного класу вібраційної техніки. Одним із напрямків усунення перешкод в створення машин з коректним врахуванням параметрів, які суттєво впливають на частоту власних коливань системи «машина – середовище». Такими параметрами є пружно-інерційні та дисипативні. Розроблена розрахункова модель сформована на поєднанні дискретних та континуальних властивостей системи «машина – середовище», які адекватно реальним умовам враховують пружно-інерційні та дисипативні параметри. Рух такої системи розглядається як єдиний вібраційний процес, що гарантує заданий біля резонансний режим роботи. Складені на цій основі рівняння руху та їх рішення дозволили розробити алгоритм розрахунку вібраційної установки з резонансним режимом руху та здійснити його застосування на практиці.*

***Ключові слова:** вібраційна установка, резонанс, система, частота і амплітуда коливань, параметри і режими коливань.*

Сучасний стан економіки, потреби сьогоднішнього ринку і безпосередньо споживачів техніки будівельного призначення висувають нові вимоги. Серед таких вимог є: мінімізація витрат енергії з реалізацією високої якості виконання технологічного процесу; низька матеріалоемність; висока надійність; низька собівартість виготовлення.

З розвитком моделювання та теорії вібраційної техніки перспективними напрямками пошуку конструктивних рішень машин вібраційної дії можна відмітити наступні: зі змінним амплітудно-частотним режимом коливань та з нелінійними характеристиками, застосування ефектів комбінаційних резонансів. Разом з тим, створення та використання техніки із зазначеними

Вібраційна техніка широко використовується в різних галузях народного господарства для виконання технологічних процесів: подрібнення, сортування, очистки, перемішування, транспортування, ущільнення. Велика кількість різних технологічних процесів виконується у будівництві, а найбільше в процесах ущільнення будівельних сумішей. Ефективність цього процесу розглянемо на прикладі машин для ущільнення бетонної суміші. Такі машини працюють, як правило, в за резонансному режимі роботи. Перевагою таких машин являлось стійкий режим роботи. Разом з тим, суттєвим недоліком такого класу вібраційних машин являється висока енергоемність робочого процесу. Сучасні вимоги до підвищення ефективності виконання технологічних процесів при мінімізації енергії та досягнення максимальної продуктивності. Саме тому сучасна увага дослідників [1-4] направлена на пошук більш ефективних ніж за резонансних режимів, а саме застосування багато режимних [4] в тому числі резонансних [3]. Дана робота присвячена дослідженню параметрів і режимів роботи вібраційної установки з резонансним режимом руху. Обрана розрахункова модель двомасної резонансної вібраційної машини для ущільнення будівельних середовищ представляється двома варіантами розташування відцентрового приводу: на реактивній масі (рис.1, а) і на активній масі (рис. 1, б).

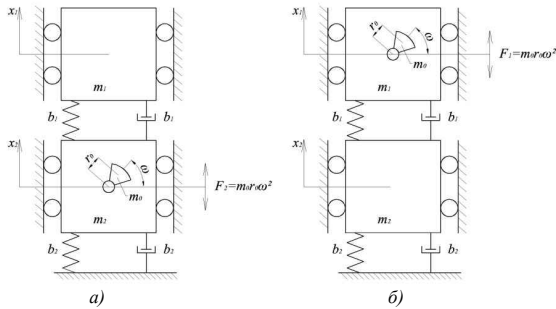


Рис. 1 Розрахункові схеми двомасної резонансної вібраційної машини: а – з установкою вібробудника коливань на масі m_1 ; б – з установкою вібробудника коливань на масі m_2

В рівняннях (1), (2) маси m_1 , m_2 складаються із мас машини m_{m1} , m_{m2} , які є дискретними параметрами та приведені маси бетонної суміші $m_{б.с.}$, що враховує властивості розподілених параметрів [4].

Позначивши:

$$\chi x_1 = \frac{m_0 r \omega^2}{m_2 \omega_0^2} \xi x_2 = \frac{m_0 r \omega^2}{m_2 \omega_0^2} \xi_{12}, \quad (3)$$

і провівши перетворення, аналогічні попереднім, одержимо:

$$\chi \gamma^2 \xi_1 + \frac{\chi}{1+\chi} \gamma \beta_1 (\xi_1 - \xi_{12}) + \frac{\chi}{1+\chi} (\xi_1 - \xi_{12}) = e^{i\tau}; \quad (4)$$

$$\gamma^2 \xi_{12} = \frac{\chi}{1+\chi} \gamma \beta_1 (\xi_1 - \xi_{12}) + \gamma \beta_2 \xi_{12} - \frac{\chi}{1+\chi} (\xi_1 - \xi_{12}) + \gamma^2 \beta_2 \xi_{12} = 0. \quad (5)$$

Рішення рівнянь (4) і (5) дають значення безрозмірної амплітуди переміщень маси m_1

$$\xi_{1a} = \frac{m_2 x_{1a}}{m_0 r} = \gamma^2 \sqrt{\frac{K^2 + M^2}{Z^2 + Y^2}}; \quad (6)$$

безрозмірної амплітуди переміщень маси m_2

$$\xi_{12a} = \frac{m_2 x_{12a}}{m_0 r} = \frac{x}{1+x} \gamma^2 \sqrt{\frac{\gamma^2 \beta_1^2 + 1}{Z^2 + Y^2}}; \quad (7)$$

кута зсуву фаз між переміщенням і силою

$$\phi_1 = \arctg \frac{MZ - KY}{KZ + MY}. \quad (8)$$

У формулах (6)... (8):

$$z = \frac{\chi}{1+\chi} \gamma^2 - \chi \gamma^2 - \frac{\chi}{1+\chi} \gamma^2 \beta_1 \beta_2 - \chi \gamma^2 \gamma^2 + \chi \gamma^2; \quad (9)$$

$$Y = \frac{\chi}{1+\chi} \gamma \beta_2 + \frac{\chi}{1+\chi} \gamma^2 \gamma \beta_1 - \chi \gamma^3 \beta_1 - \chi \gamma^3 \beta_2; \quad (10)$$

$$K = \gamma^2 - \gamma^2 + \frac{x}{1+x}; \quad M = \gamma \beta_2^2 + \frac{x}{1+x} \gamma \beta_1. \quad (11)$$

Опускаючи проміжні перетворення, що подібні першому варіанту для другого варіанта установки відцентрового привода (рис.1.б) рівняння динаміки в безрозмірному вираженні будуть мати вигляд:

$$x\gamma^2\xi_{II1}' + \frac{x}{1+x}\gamma\beta_1(\xi_{II1}' - \xi_{II2}') + \frac{x}{1+x}(\xi_{II1} - \xi_{II2}) = 0; \quad (12)$$

$$\gamma^2\xi_{II1}' + \frac{x}{1+x}\gamma\beta_1(\xi_{II1}' - \xi_{II2}') + \gamma\beta_2\xi_{II1}' - \frac{x}{1+x}(\xi_{II1} - \xi_{II2}) + \gamma^2\xi_{II2} = -e^{i\tau}. \quad (13)$$

Рішення рівнянь (12) і (13) дає відповідно для другого варіанта безрозмірну амплітуду переміщення маси m_1 :

$$\xi_{II2a} = \frac{m_2 x_{IIa}}{m_0 r} = \frac{x}{1+x} \gamma^2 \sqrt{\frac{\gamma^2 \beta_1^2 + 1}{Z^2 + Y^2}}. \quad (14)$$

Безрозмірну амплітуду переміщень маси m_2 :

$$\xi_{II2a} = \frac{m_2 x_{II2a}}{m_0 r} = \gamma^2 \sqrt{\frac{\left(\frac{x}{1+x}\right)^2 \gamma^2 \beta_1^2 + R^2}{Z^2 + Y^2}}; \quad (15)$$

Рішеннями рівнянь (4), (5), (12), (13) за отриманими формулами (6)...(8), (14), (15) побудовані графіки параметрів, що відображають режим руху двомасної резонансної вібраційної машини для ущільнення будівельних середовищ (рис.2) та (рис.3).

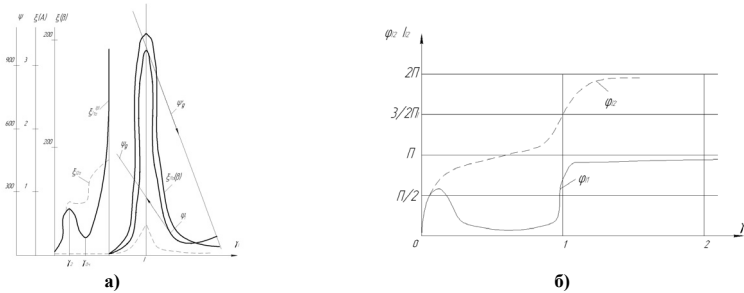


Рис. 2. Амплітудні(а) і фазочастотні характеристики і статичні характеристики (б) машини і двигуна для схеми (див.рис.1,а): $x=0.125$; $\beta_1=0.02$; $\beta_2=0.15$

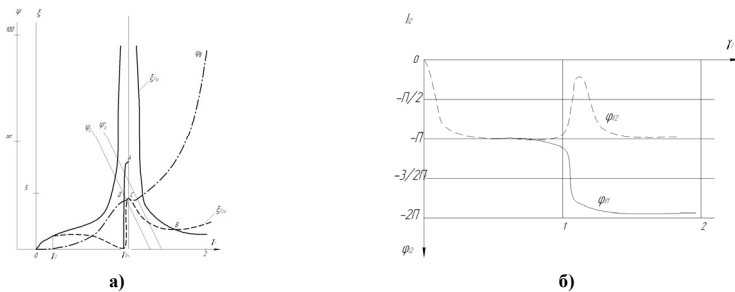


Рис. 3. Амплітудні і фазочастотні характеристики, і статичні характеристики машини і двигуна для схеми (див.рис.3,б): $x=0.125$; $\beta_1=0.02$; $\beta_2=0.15$

Приведені рисунки амплітудних, фазочастотних характеристик і статичних характеристик системи «машина – середовище» і двигуна машини стали передумовою для розробки алгоритму та методик розрахунку вібраційної установки з резонансним режимом руху та здійснити його застосування на практиці.

Investigation of the vibration installation workflow with resonant motion mode

Nazarenko I., Slipetskyi V.

Abstract. *The object of the study is the workflow of a vibrating installation with a resonant motion mode. It is well known that with resonance tuning and high resonance gain the machine operation mode is very sensitive to possible changes in external influences. After all, the main task of providing a resonant mode is the problem of maintaining the ratio of the frequency of external force and the frequency of natural oscillations of the system "machine - environment". The computational model is developed based on the combination of discrete and continuous properties of the machine - environment system, which adequately take into account elastic - inertial and dissipative parameters. The movement of such a system is considered as a single vibration process, which guarantees a resonant mode of operation. The equations of motion drawn up on this basis and their solutions made it possible to develop an algorithm for calculating a vibration unit with a resonant motion mode and to put it into practice.*

Keywords: *vibration setup, resonance, system, oscillation frequency and amplitude, oscillation parameters and modes.*

Исследование рабочего процесса вибрационной установки с резонансным режимом движения

Назаренко И.И., Слипецкий В.В.

Аннотация. *Объектом исследования является рабочий процесс вибрационной установки с резонансным режимом движения. Общеизвестно, что при резонансном настройке и высоких коэффициентах резонансного усиления режим работы машин очень чувствителен к возможным изменениям внешнего воздействия. Ведь основная задача обеспечения резонансного режима является проблема содержания соотношения частоты внешней силы и частоты собственных колебаний системы «машина - среда». Движение такой системы рассматривается как единственный вибрационный процесс, который гарантирует заданный резонансный режим работы. Составленные на этой основе уравнения движения и их решения позволили разработать алгоритм расчета вибрационной установки с резонансным режимом движения и осуществить его применения на практике.*

Ключевые слова: *вибрационная установка, резонанс, система, частота и амплитуда колебаний, параметры и режимы колебаний.*

Список літератури

1. Research and the creation of energy-efficient vibration machines based on the stress-strain state of metal and technological environments / I.I. Nazarenko, A.T. Sviderski, Ruchinski N.N., Dedov O.P. //The VIII International Conference HEAVY MACHINERY HM 2014, Kraljevo, Serbia. – А – р. 85 – 89, 2014.
2. Nesterenko M.P. Study of vibrations of plate of oscillation cassette setting as active working organ / M.P. Nesterenko, P.O. Molchanov // Conference reports materials «Problems of energy and nature use 2013» (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, University of Tuzla, China University of Petroleum). – Budapest, 2014. – P. 146 – 151.
3. Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення): монографія / О. С. Ланець ; Національний ун-т "Львівська політехніка". - Л. : НУ "Львівська політехніка", 2008. - 324 с.: рис. - Бібліогр.: с. 315-323. - ISBN 978-966-553-728-1
4. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник / І.І.Назаренко, – К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.