

УДК 666.9.033

Назаренко І.І., д.т.н., професор,
Київський національний університет будівництва та архітектури
ORCID ID: 0000-0002-1888-3687
e-mail: ii_nazar@i.ua,

Нестеренко М.М., к.т.н., доцент,
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
ORCID ID: 0000-0002-4073-1233
e-mail: nesterenkonikola@gmail.com,

Нестеренко Т.М., к.т.н., доцент,
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
ORCID ID: 0000-0002-2387-8575
e-mail: poltava.tanya.nesterenko@gmail.com,

Бондаренко А.Є. к.т.н., доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
ORCID ID: 0000-0002-4594-6399
e-mail: bondarenkoae@ogasa.org.ua

ВПЛИВ КІНЕМАТИЧНОГО ВІБРОЗБУДУВАЧА НА КОЛИВАННЯ РУХОМОЇ РАМИ ВІБРАЦІЙНОЇ ПЛОЩАДКИ

Анотація. На прикладі ударно-вібраційної установки наведено визначення збруючих сил кінематичного віброзбудника коливань. За основу взято періодичне переміщення рухомої рами вібраційної площадки. Отримані вирази для вібраційної машини, яка працює в віброударному режимі. При цьому, за обраним законом руху, на основну кутову частоту коливань рухомої рами накладається більш висока частота – виникає супергармонічний вплив на ущільнюване середовище, покращується якість формованого виробу.

Ключові слова: віброзбуджувач, рухома рама, закон руху, супергармоніка.

UDC 666.9.033

Nazarenko I.I. Dr. of Technical Sciences, professor,
Kyiv National University of Construction and Architecture
ORCID ID: 0000-0002-1888-3687 e-mail: i_nazar@i.ua,

Nesterenko N.N., Ph.D., associate professor,
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»
ORCID ID: 0000-0002-4073-1233
e-mail: nesterenkonikola@gmail.com

Nesterenko T.N., Ph.D., associate professor,
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»
ORCID ID: 0000-0002-2387-8575
e-mail: poltava.tanya.nesterenko@gmail.com,

Bondarenko A.Y., Ph.D., associate professor,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
ORCID ID: 0000-0002-4594-6399
e-mail: bondarenkoae@ogasa.org.ua

INFLUENCE OF KINEMATIC VIBRATING EXCITER ON OSCILLATIONS OF MOVING FRAME OF VIBRATING MACHINE

Abstract. The definition exciting forces of the kinematic vibration exciter vibrations is given on the example of a shock vibration machine. The periodic movement of the moving frame vibration platform is the basis. Expressions for the vibrating machine that operates in vibrating mode are obtained. In this case, according to the selected law of motion, a higher harmonic is superimposed

on the main angular frequency of the movable frame oscillations – a superharmonic effect on the medium to be sealed occurs, and the quality of the product being formed improves.

Keywords: vibrator, movable frame, law of motion, superharmonic.

Періодичне переміщення рухомої рами вібраційної площадки, працюючої у віброударному режимі, відбувається кінематичним віброзбуджувачем коливань, виконаним у вигляді кулачкового механізму [1]. Конструкція кулачкового механізму виконана так, що в період часу t_1 , за який виконується 0,5 обороту, кулачок, діє на ролик штовхача, піднімає рухому раму і після цього скидає її на пружні обмежувачі. В залишив шийся час t_2 до повного оберту кулачок не контактує з роликом штовхача. При цьому період одного обороту буде

$$t_1 + t_2 = T, \quad (1)$$

де T – період одного обороту.

Робочий профіль кулачка виконаний таким чином, що рух рухомої рами при її підйомі відбувається по косинусоїді. Вибраний закон руху забезпечує безударний режим роботи самого кулачкового механізму, тобто забезпечується плавний рух штовхача, як в початку так і в кінці підйому рухомої рами.

На рис. 1 показано в графічному вигляді закон кінематичного збудження коливань рухомої рами.

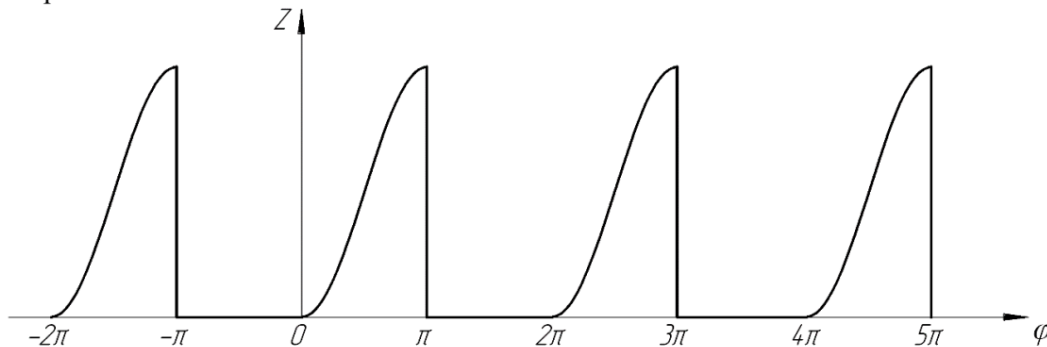


Рис. 1. Закон кінематичного збудження коливань рухомої рами в графічному вигляді

При цьому закон кінематичного збудження коливань рухомої рами у вертикальному напрямленні може бути представлений наступною системою рівнянь [2]:

$$z(\varphi) = \begin{cases} 0, & \text{при } -\pi \leq \varphi \leq 0; \\ A(1 - \cos \varphi), & \text{при } 0 \leq \varphi \leq \pi, \end{cases} \quad (2)$$

де $z(\varphi)$ – переміщення рухомої рами в вертикальному напрямленні в залежності від кута повороту кулачка;

A – амплітуда переміщень;

φ – кут повороту кулачка.

Функція $z(\varphi)$ кусочно-монотонна і обмежена на відрізці $-\pi \leq \varphi \leq \pi$. Розкладемо дану функцію в ряд Фур'є:

$$z(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\varphi) + b_n \sin(n\varphi)], \quad (3)$$

де a_0, a_n, b_n – коефіцієнт розкладання в ряд Фур'є ($n=1, 2, 3 \dots$).

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} z(\varphi) d\varphi = \frac{1}{\pi} \left[\int_{-\pi}^0 0 \cdot d\varphi + \int_0^{\pi} A(1 - \cos \varphi) d\varphi \right] =$$

$$= \frac{A}{\pi} \varphi \Big|_0^{\pi} - \frac{A}{\pi} \sin \varphi \Big|_0^{\pi} = A ; \quad (4)$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} z(\varphi) d\varphi = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} A(1 - \cos \varphi) \cos n\varphi \cdot d\varphi \right] =$$

$$= \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} A \cos n\varphi \cdot d\varphi - \int_0^{\pi} A \cos \varphi \cos n\varphi \cdot d\varphi \right] =$$

$$= \frac{A}{\pi \cdot n} \sin n\varphi \Big|_0^{\pi} - \frac{A}{\pi} \left[\frac{\sin(n+1)\varphi}{2(n+1)} + \frac{\sin(n-1)\varphi}{2(n-1)} \right] \Big|_0^{\pi} = 0 ; \quad (5)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} z(\varphi) d\varphi = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} A \sin n\varphi \cdot d\varphi - \int_0^{\pi} A \cos \varphi \sin n\varphi \cdot d\varphi \right] =$$

$$= -\frac{A}{\pi \cdot n} \cos n\varphi \Big|_0^{\pi} - \frac{A}{\pi} \left[-\frac{\cos(n+1)\varphi}{2(n+1)} - \frac{\cos(n-1)\varphi}{2(n-1)} \right] \Big|_0^{\pi} =$$

$$= -\frac{A}{\pi \cdot n} (\cos n\pi - 1) - \frac{A}{\pi} \left\{ -\frac{\cos[(n+1)\pi] - 1}{2(n+1)} - \frac{\cos[(n-1)\pi] - 1}{2(n-1)} \right\} =$$

$$= \frac{A}{\pi \cdot n} [1 - (-1)^n] + \frac{2A}{\pi} \cdot \frac{n \cdot [(-1)^n - 1]}{(n+1)(n-1)} . \quad (6)$$

Із отриманого виразу (2.8) знайдемо:

$$b_n = \begin{cases} \frac{2A}{\pi \cdot n} & \text{при } n \text{ непарному,} \\ -\frac{2A}{\pi} \cdot \frac{n}{(n+1)(n-1)} & \text{при } n \text{ парному.} \end{cases} \quad (7)$$

З урахуванням знайдених коефіцієнтів Фур'є a_0 та b_n функція $z(\varphi)$ буде мати наступний вигляд:

$$z(\varphi) = \frac{A}{2} + \frac{2A}{\pi} \left[\frac{\sin \varphi}{1} - \frac{2 \sin 2\varphi}{1 \cdot 3} + \frac{\sin 3\varphi}{3} - \right.$$

$$\left. - \frac{4 \sin 4\varphi}{3 \cdot 5} + \frac{\sin 5\varphi}{5} - \frac{6 \sin 6\varphi}{5 \cdot 7} + \frac{\sin 7\varphi}{7} - \frac{8 \sin 8\varphi}{7 \cdot 9} + \dots \right] . \quad (8)$$

При рівномірному обертанні кулачка, кут його повороту залежить від кутової частоти коливань та може бути визначений із наступної залежності:

$$\varphi = \omega \cdot t . \quad (9)$$

Підставляючи (2.9) у вираз (2.8), отримаємо функціональну залежність кінематичного збудження рухомої рами вібраційної площадки в функції часу:

$$z(t) = \frac{A}{2} + \frac{2A}{\pi} \left[\frac{\sin \omega t}{1} - \frac{2 \sin 2\omega t}{1 \cdot 3} + \frac{\sin 3\omega t}{3} - \frac{4 \sin 4\omega t}{3 \cdot 5} + \frac{\sin 5\omega t}{5} - \frac{6 \sin 6\omega t}{5 \cdot 7} + \frac{\sin 7\omega t}{7} - \frac{8 \sin 8\omega t}{7 \cdot 9} + \dots \right]. \quad (10)$$

Проведений аналіз отриманого виразу для вібраційної машини яка працює в віброударному режимі показує, що при кінематичному збудженні по вибраному законі руху на основну кутову частоту коливань рухомої рами ω накладається більш висока гармоніка, тобто виникає супергармонійна дія на ущільнююче середовище, що покращує якість формованого виробу.

Література

1. I.I. Nazarenko, *Vibratsiyni mashyny i protsesy budivel'noyi industriyi*, KNUBA, Kyiv, 2007, 230s. ISBN 978-966-627-134-7.
2. Nazarenko II, Sviders'kyy AT, Dyedov OP, "Stvorennya vysokoefektyvnykh vibroushchil'nyuyuchykh mashyn novoho pokolinnya", *Visnyk NTUU «KPI»*, Vol. 63, (2011), ss.219-223. <https://doi.org/10.20535/2305-9001.2011.63.58753>.