



Машина і обладнання технологічних процесів будівельної індустрії

УДК 666.97.033.16

М.П. Нестеренко¹, д.т.н., професор

¹Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНОЇ КАСЕТНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

АНОТАЦІЯ. Наведено опис конструкції і принцип дії вібраційної касетної установки з горизонтально направленими коливаннями для формування малогабаритних виробів з використанням вставних вертикальних перегородок для розділення форми на окремі відсіки. Досліджений процес взаємодії вертикальних бортів касетної установки з бетонною сумішшю. Визначено фізико-механічні характеристики бетонної суміші, які враховують пружні і непружні сили опору і інерційні сили бетонної суміші. Отримано аналітичні залежності для визначення закону руху вертикальних перегородок у вигляді вставних пластин і подовжніх бортів касетної форми

Ключові слова: вібраційна площадка, вібробуджувач, бетонна суміш, вимушуюча сила, пружна опора.

АННОТАЦИЯ. Приведено описание конструкции и принцип действия вибрационной кассетной установки с горизонтально направленными колебаниями для формирования малогабаритных изделий с использованием вставных вертикальных перегородок для разделения формы на отдельные отсеки. Исследован процесс взаимодействия вертикальных бортов кассетной установки с бетонной смесью. Определены физико-механические характеристики бетонной смеси, которые учитывают упругие и неупругие силы сопротивления и инерционные силы бетонной смеси. Получены аналитические зависимости для определения закона движения вертикальных перегородок в виде вставных пластин и продольных бортов кассетной формы

Ключевые слова: вибрационная площадка, вибровозбудитель, бетонная смесь, вынуждающая сила, упругая опора.

ABSTRACT. The description of the design and operating principle of vibrating cluster installation of horizontal directional vibrations to create small products using plug vertical partitions to separate forms in separate compartments. The process of interaction between the vertical sides cluster installation of a concrete mixture. Defined physical and mechanical properties of the concrete mix, which vrahuvuyut elastic and inelastic resistance forces and inertial forces concrete. Analytical dependence for determining the law of motion of vertical walls in the form of plug plates and longitudinal sides cluster forms

Key words: vibration platform, exciter, concrete mixture, driving force, elastic support.

Вступ. У сучасних умовах будівництва залізобетонні вироби користуються попитом. Промисловістю України та країн СНД віброформувальне обладнання серійно не випускається, і підприємства змушені самостійно його поповнювати в умовах дефіциту металу та комплектуючих виробів. Досить розповсюджене розроблене у ПолтНТУ вібраційне обладнання з просторовими коливаннями робочого органа, яке постійно вдосконалюється.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Розроблений у ПолтНТУ уніфікований ряд низькочастотних віброплощадок типу ВПГ із просторовими коливаннями рухомої рами ($f = 24$ Гц) [1, 6] містить дев'ять типорозмірів вантажопідйомністю від 10 до 30 т для формування виробів розмірами від 1,5х6 до 3х12 м. Застосування віброплощадок типу ВПГ дозволяє якісно і продуктивно ущільшувати бетонні суміші з осадкою конуса 3 – 5 см при вільній установці форм на рухому раму, яка

спирається на пружні гумометалеві опори і приводиться в коливальний рух одним потужним дебалансним вібробуджувачем із вертикальним валом.

Віброплощадки типу ВПГ-2 [7-8] з підвищеною технологічною ефективністю вирізняються наявністю двох вібробуджувачів, що забезпечують рухомій рамі ефективні просторові коливання при більш рівномірному розподілі вертикальних амплітуд вібропереміщень за площею рухомої рами із частотою $f = 26 - 30$ Гц. Ці віброплощадки дозволяють якісно формувати вироби завдовжки 6,28; 7,2; 9 і до 12 м стандартної ширини при заклинюванні форм між жорсткими упорами. На базі уніфікованих вузлів цих вібромашин – пружних опор та вібробуджувачів зручно створювати стаціонарні віброформи для номенклатури великогабаритних і об'ємних залізобетонних виробів, здійснювати модернізацію касетних та інших установок.

Виділення певирішених раніше частин загальної проблеми. Розроблена математична модель вібраційної касетної установки для формування малогабаритних бетонних виробів, яка задовольняє меті опису цієї складної динамічної системи, що здійснює горизонтально направлені коливання у вигляді лінійних переміщень у напрямі горизонтальних координатних осей X і Y , які проходять через центр ваги коливальної системи, і кутових коливань відносно вертикальної осі Z . Вона враховує конструктивні особливості вібраційної установки, фізико-механічні характеристики динамічної системи, місце закріплення і положення вібробуджувача коливань відносно спільного центру ваги динамічної системи, вигляду і напрямлення вібраційної дії.

Постановка завдання. Дослідження процесу взаємодії вертикальних бортів касетної установки з бетонною сумішшю, математичне моделювання вібраційної касетної установки для формування залізобетонних виробів

Основний матеріал і результати. Вібраційна касетна установка з горизонтально направленими коливаннями (рис. 1) складається з рухомої рами 1, яка за допомогою пружних опор 2 встановлена на опорній рамі 3. На торці рухомої рами 1 змонтований вібробуджувач колових коливань 4. На рухомій рамі 1 закріплена касетна форма, виконана у вигляді днища 5 із жорстко закріпленими торцевими бортами 6 і 7 та відкидними бічними бортами 8, що фіксуються шарнірними пристроями 9. Форма з середини розділена на відсіки за допомогою вставних вертикальних пластин 10, встановлених у направляючих 11, жорстко закріплених на подовжніх бортах 8. Вібробуджувач колових коливань 4 встановлений так, що його дебалансний вал розташований вертикально і його вісь збігається з подовжньою площиною, яка проходить через центр ваги коливальної системи.

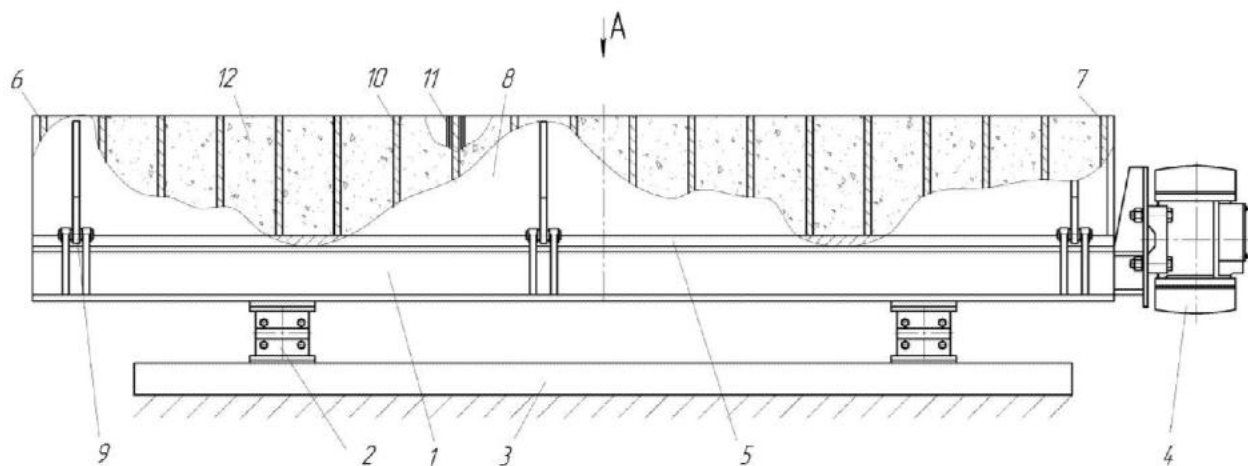


Рис. 1. Вібраційна касетна установка

Під дією вібробуджувача 4 рухома рама 1 разом з формою здійснює переважно горизонтальні коливання у напрямі подовжньої осі, горизонтальні коливання в поперечному напрям, а також і крутильні коливання довкола центру ваги. Визначають

ефективність вібраційної дії горизонтально направлених коливань у напрямі подовжньої осі, під дією яких вставні вертикальні пластили (перегородки) втягуються в коливання і тим самим забезпечують додаткове ущільнення бетонної суміші.

Для визначення характеру взаємодії вертикальних перегородок касетної установки з ущільнюваною бетонною сумішшю в горизонтальному напрямі виділимо елементарну частку касетної форми, що складається лише з одного формуючого відсіку, і дослідимо динамічну систему (рис. 2) взаємодії вставних вертикальних перегородок цього відсіку касетної форми з бетонною сумішшю, що формується. Відсік касетної форми складається з двох вставних вертикальних перегородок у вигляді пластин, закріплених на подовжніх бортах касетної форми та днища і заповнений бетонною сумішшю. У даній динамічній системі представимо бетонну суміш у вигляді системи з розподіленими параметрами. Модель реології ущільнюваної суміші показана на рис. 3. Вважасмо, що на виділений відсік касетної форми діє збудження у вигляді елементарної вимушуючої сили $Q_j \sin \omega t$. Тут Q_j – амплітуда елементарної вимушуючої сили; ω – кутова частота вимушених коливань; t – час.

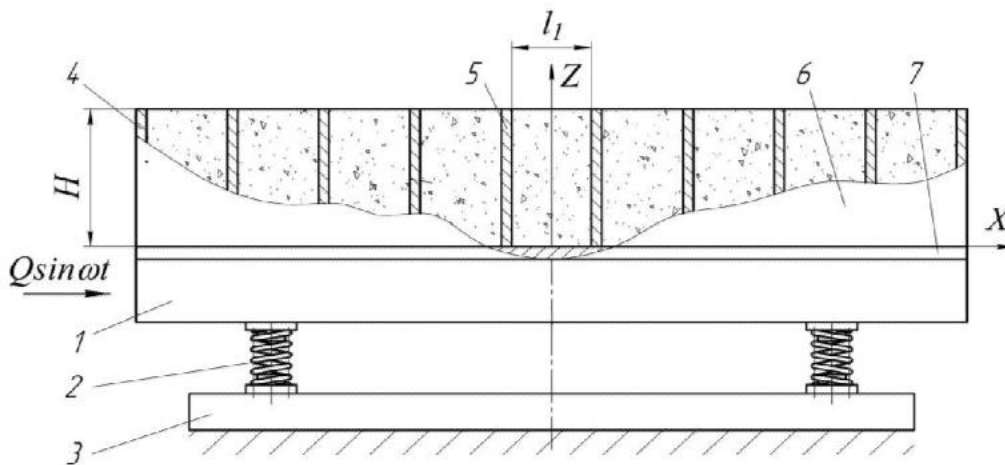


Рис. 2. Розрахункова схема динамічної системи «вібраціоцятка – бетонна суміш»:

- 1 – рухома рама; 2 – пружні опори; 3 – основа;
- 4 – форма з бетонною сумішшю; 5 – вставні вертикальні пластили відсіків форми;
- 6 – подовжні борти форми; 7 – днище форми.

Виходячи з представленої розрахункової моделі динамічної системи, диференціальне рівняння руху ущільнюваної бетонної суміші у виділеному відсіку касетної форми може бути описано наступним хвильовим рівнянням коливань [15, 18].

$$E \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + \eta \frac{\partial^3 u(x,t)}{\partial x^2 \partial t} = \rho \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}, \quad (1)$$

де: u і x – зйлерова і лагранжєва координати; E – динамічний модуль пружної деформації ущільнюваної бетонної суміші; η – динамічний модуль непружного опору ущільнюваної бетонної суміші; ρ – густина бетонної суміші.

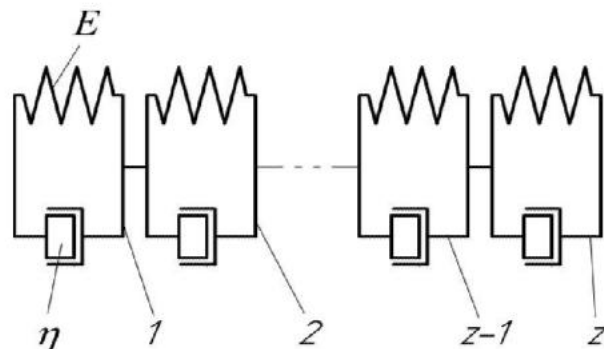


Рис. 3. Реологічна модель бетонної суміші: 1, 2... $z-1$, z — елементарні складові моделі реології

Для розв'язання отриманого хвильового рівняння коливань (1) використовуємо наступні граничні умови:

$$-m_j \frac{\partial^2 u(0,t)}{\partial t^2} - c_j u(0,t) + EF_j \frac{\partial u(0,t)}{\partial x} + \eta F_j \frac{\partial^2 u(0,t)}{\partial x \partial t} = -Q_j \sin \omega t \quad (2)$$

$$u(0,t) = u(l_1,t), \quad (3)$$

де: m_j — елементарна маса касетної форми, що на виділений відсік, у якому ущільнюється бетошна суміш

$$m_j = \frac{m}{n};$$

m — маса касетної форми; n — кількість елементарних відсіків касетної форми віброустановки, у яких ущільнюється бетошна суміш; c_j — величина жорсткості пружних опор у горизонтальному напрямі, що припадає на один елементарний відсік касетної форми; F_j — площа взаємодії переднього торця відсіку форми з бетошною сумішшю; l_1 — відстань між вставними вертикальними пластинами елементарного відсіку касетної форми.

Для розв'язку рівняння (1) представимо функцію уявною частиною комплексної функції [15]:

$$u(x,t) = I_m [U(x)e^{i\omega t}], \quad (4)$$

де $U(x)$ — комплексна амплітуда коливань ущільшованого середовища.

Надалі в рівнянні (4) знак, що вказує на уявну частину комплексної функції, для зручності відкидатимемо.

При підстановці функції (4) в хвильове рівняння коливань (1), отримаємо рівняння відносно комплексної амплітуди коливань ущільнюваного середовища $U(x)$:

$$(E + i\eta\omega) \frac{\partial^2 U(x)}{\partial x^2} + \rho\omega^2 U(x) = 0 \quad (5)$$

або

$$\frac{\partial^2 U(x)}{\partial x^2} + \frac{\rho\omega^2}{(E + i\eta\omega)} U(x) = 0. \quad (6)$$

Розв'язок рівняння (6) можна представити в наступному вигляді:

$$U(x) = M_1 e^{-i\tilde{k}x} + N_1 e^{i\tilde{k}x}, \quad (7)$$

де: M_1 і N_1 — комплексні амплітуди, що визначаються з граничних умов (2) і (3); \tilde{k} — комплексне хвильове число



$$\tilde{k} = \sqrt{\frac{\rho\omega^2}{E + i\eta\omega}}. \quad (8)$$

Домноживши чисельник і знаменник підкоренського виразу (8) на комплексну функцію, що зв'язана зі знаменником, представимо хвильове число в наступному вигляді:

$$\tilde{k} = \sqrt{\frac{\rho\omega^2(E - i\eta\omega)}{E^2 + \eta^2\omega^2}}. \quad (9)$$

Перетворимо вираз (9) до наступного вигляду:

$$\tilde{k} = \sqrt{\frac{\rho\omega^2 E}{E^2 + \eta^2\omega^2} \left(1 - \frac{i\eta\omega}{E}\right)} = \frac{\omega}{V_\phi} \sqrt{1 - \frac{i\eta\omega}{E}}, \quad (10)$$

де V_ϕ – фазова швидкість поширення вимушуючої сили в ущільнюваному середовищі

$$V_\phi = \frac{E^2 + \eta^2\omega^2}{\rho E}. \quad (11)$$

Аналізуючи вираз (10), приходимо до висновку, що комплексне хвильове число \tilde{k} можна представити у вигляді комплексної функції:

$$\tilde{k} = k - i\alpha, \quad (12)$$

де: k – хвильове число; α – коефіцієнт згасання вимушуючої сили.

Прирівняємо вирази (10) і (12), тобто

$$k - i\alpha = \frac{\omega}{V_\phi} \sqrt{1 - \frac{i\eta\omega}{E}}. \quad (13)$$

Піднесемо ліву і праву частину виразу (13) до квадрату:

$$k^2 - 2i\alpha k - \alpha^2 = \frac{\omega^2}{V_\phi^2} \left(1 - \frac{i\eta\omega}{E}\right). \quad (14)$$

Для визначення хвильового числа k і коефіцієнта згасання збудження α прирівняємо окремо резову і уявну частини виразу (14)

$$k^2 - \alpha^2 = \frac{\omega^2}{V_\phi^2}. \quad (15)$$

$$2\alpha k = \frac{\omega^2}{V_\phi^2} \cdot \frac{\eta\omega}{E}. \quad (16)$$

Позначивши в отриманій системі рівнянь (15) і (16)

$$M = \frac{\omega^2}{V_\phi^2}; \quad N = \frac{\omega^2}{V_\phi^2} \cdot \frac{\eta\omega}{E}, \quad (17)$$

отримаємо рівняння у наступному вигляді:

$$k^2 - \alpha^2 = M; \quad (18)$$

$$2\alpha k = N. \quad (19)$$

Домножимо ліву і праву частини виразу (18) на $4k^2$, а у виразі (19) піднесемо ліву і праву частини до квадрату і, узгоджуючи ці залежності, отримаємо рівняння для визначення хвильового числа k :

$$4k^4 - 4Mk^2 - N^2 = 0. \quad (20)$$

Розв'язок рівняння (20) матиме наступний вигляд:

$$k = \sqrt{\frac{M + \sqrt{M^2 + N^2}}{2}}. \quad (21)$$

Підставляючи в залежності (21) значення (17) M і N , отримаємо формулу для визначення хвильового числа в пастишому вигляді:

$$k = \frac{\omega}{V_\phi} \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\eta^2 \omega^2}{E^2}} \right)}. \quad (22)$$

Підставляючи вирази (22) в залежність (15), отримаємо формулу для визначення коефіцієнта згасання збудження:

$$\alpha = \frac{\omega}{V_\phi} \sqrt{\frac{1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{\eta^2 \omega^2}{E^2}} \right)}. \quad (23)$$

На підставі знайдених значень k і α , а також залежності (12), приведемо розв'язок (7) рівняння (6) до наступного вигляду:

$$U(x) = M_1 e^{-(\alpha+ik)x} + N_1 e^{(\alpha+ik)x}. \quad (24)$$

Використовуючи вирази (24) і (4), знайдемо в загальному вигляді розв'язок хвильового рівняння коливань (1):

$$u(x,t) = [M_1 e^{-(\alpha+ik)x} + N_1 e^{(\alpha+ik)x}] e^{i\omega t}. \quad (25)$$

Підставляючи вираз (25) в граничну умову (3), знайдемо співвідношення між постійними інтегрування M_1 і N_1 :

$$M_1 = N_1 \frac{1 - e^{-(ik+\alpha)l_1}}{e^{(ik+\alpha)l_1} - 1}. \quad (26)$$

На підставі знайденого співвідношення (26) між постійними інтегрування M_1 і N_1 , розв'язок (25) перетвориться до наступного вигляду:

$$\begin{aligned} u(x,t) &= N_1 \frac{e^{(\alpha+ik)x} - e^{-(\alpha+ik)x} + e^{(\alpha+ik)(l_1-x)} - e^{-(\alpha+ik)(l_1-x)}}{e^{(\alpha+ik)l_1} - 1} e^{i\omega t} = \\ &= N_1 \frac{2sh[(\alpha+ik)x] + 2sh[(\alpha+ik)(l_1-x)]}{e^{(\alpha+ik)l_1} - 1} e^{i\omega t}. \end{aligned} \quad (27)$$

Підставляючи вираз (27) у граничну умову (3), знайдемо постійну інтегрування N_1 в наступному вигляді:

$$N_1 = \frac{0,5Q_j(e^{(\alpha+ik)l_1} - 1)}{(c_j - m_j \omega^2)sh[(\alpha+ik)l_1] + (\alpha+ik)\{1 - ch[(\alpha+ik)l_1](E + i\eta\omega)F_j\}}. \quad (28)$$

Після підстановки знайденого значення постійної інтегрування N_1 у рівняння (27) отримаємо розв'язок рівняння (1), що задовольняє граничним умовам (2) і (3), у наступному вигляді:

$$u(x,t) = \frac{Q_j \{sh[(\alpha+ik)x] + sh[(\alpha+ik)(l_1-x)]\} \cdot e^{i\omega t}}{(c_j - m_j \omega^2)sh[(\alpha+ik)l_1] + (\alpha+ik)\{1 - ch[(\alpha+ik)l_1](E + i\eta\omega)F_j\}}. \quad (29)$$

Зі знаменнику отриманого виразу (29) винесемо за дужки комплексну функцію $sh[(\alpha+ik)l_1]$. Отримаємо



$$u(x,t) = \frac{Q_j \{sh[(\alpha + ik)x] + sh[(\alpha + ik)(l_1 - x)]\}}{sh[(\alpha + ik)l_1]} \times \frac{1}{(c_j - m_j \omega^2) + \frac{(\alpha + ik)\{1 - ch[(\alpha + ik)l_1](E + i\eta\omega)F_j\}}{sh[(\alpha + ik)l_1]}} e^{i\omega t}. \quad (30)$$

Аналіз рівняння (30) показує, що воно описує закон руху ущільнюваного середовища вздовж координати X в комплексній формі залежно від частоти і амплітуди вимушеної сили, фізико-механічних характеристик ущільнюваної суміші, товщини ущільнюваного шару суміші і основних параметрів даної динамічної системи. При $x = 0$ і $x = l_1$ вираз (30) описує закон руху поперечних вертикальних бортів форми, тобто

$$u(0,t) = u(l_1,t) = \frac{Q}{(c_j - m_j \omega^2) + \frac{(\alpha + ik)\{1 - ch[(\alpha + ik)l_1](E + i\eta\omega)F_j\}}{sh[(\alpha + ik)l_1]}} e^{i\omega t}. \quad (31)$$

Розкладемо комплексні функції $sh[(\alpha + ik)l_1]$ і $ch[(\alpha + ik)l_1]$ у вигляді відомих виразів [17]:

$$sh[(\alpha + ik)l_1] = sh(\alpha l_1) \cos k l_1 + i \cdot ch(\alpha l_1) \sin k l_1; \quad (32)$$

$$ch[(\alpha + ik)l_1] = ch(\alpha l_1) \cos k l_1 + i \cdot sh(\alpha l_1) \sin k l_1,$$

і підставимо їх у вираз (31), а потім, перемноживши чисельник і знаменник додачу у виразі (31) на зв'язану комплексну функцію $sh(\alpha l_1) \cos k l_1 - i \cdot ch(\alpha l_1) \sin k l_1$, отримаємо

$$u(0,t) = u(l_1,t) = \frac{Q}{(c_j - m_j \omega^2) + (c_{1j} - m_{1j} \omega^2) + i b_{1j} \omega} e^{i\omega t}, \quad (33)$$

де m_{1j} – приведена маса ущільнюваної бетонної суміші у j відсіку форми

$$m_{1j} = F_j \frac{(kE + \eta\omega\alpha) \cdot sh^2(\alpha l_1) \sin 2k l_1 - (\alpha E + \eta\omega k) \cdot sh(2\alpha l_1) \sin^2 k l_1}{2\omega^2 [sh^2(\alpha l_1) + \sin^2 k l_1]}, \quad (34)$$

c_{1j} – приведена жорсткість ущільнюваної бетонної суміші в j відсіку форми

$$c_{1j} = F_j \frac{[1 - ch(\alpha l_1) \cos k l_1] \cos k l_1 \{(\alpha E - \eta\omega k) sh(\alpha l_1) - (kE - \eta\omega\alpha) \cdot sh(\alpha l_1)\}}{sh^2(\alpha l_1) + \sin^2 k l_1}, \quad (35)$$

b_{1j} – приведений коефіцієнт непружкого опору ущільнюваної бетонної суміші у j відсіку форми

$$b_{1j} = F_j \frac{[1 - ch(\alpha l_1) \cos k l_1] \{(\alpha E - \eta\omega k) sh(\alpha l_1) \sin k l_1 + (kE + \eta\omega\alpha) \cdot sh(\alpha l_1) \cos k l_1\}}{\omega \cdot [sh^2(\alpha l_1) + \sin^2 k l_1]} + F_j \frac{(kE + \eta\omega\alpha) \cdot sh(2\alpha l_1) \sin^2 k l_1 + (\alpha E + \eta\omega k) \cdot sh^2(\alpha l_1) \sin 2k l_1}{2\omega \cdot [sh^2(\alpha l_1) + \sin^2 k l_1]}. \quad (36)$$

З врахуванням залежностей (34) – (36) розв'язок хвильового рівняння (1), що задовольняє граничним умовам (2) і (3), матиме наступний вигляд:

$$u(x,t) = \frac{Q_j \{sh[(\alpha + ik)x] + sh[(\alpha + ik)(l_1 - x)]\}}{sh[(\alpha + ik)l_1]} \times \frac{1}{(c_j - m_j \omega^2) + (c_{1j} - m_{1j} \omega^2) + i b_{1j} \omega} e^{i\omega t}. \quad (37)$$

З аналізу отриманих виразів (33),(37) витікає, що при горизонтально направлених коливаннях бетонна суміш, що взаємодіє з поперечними бортами форми, має інерційні,

пружні та непружні властивості і її в дискретній динамічній моделі можна представити у вигляді приведенної маси, приведенної жорсткості і коефіцієнта непружного опору.

Висновки.

1. На основі аналізу існуючих конструкцій вібраційних способів ущільнення і відомих теоретичних досліджень розроблена конструкція вібраційної касетної установки для формування малогабаритних виробів, наприклад: вікошні перетишки, поребрики, стовпчики тощо, відмітною особливістю якої є використання вставних вертикальних перегородок для розділення форми на окремі відсіки.

2. Визначені фізико-механічні характеристики бетонної суміші, які дозволяють врахувати пружні і непружні сили опору і інерційні сили бетонної суміші, що бере участь в коливальному процесі.

3. Отриманий вираз $u(x, t)$ описує закон руху ущільнюваного середовища вздовж координати X в комплексній формі залежно від частоти і амплітуди вимушеної сили, фізико-механічних характеристик ущільнюваної суміші, товщини ущільнюваного шару суміші і основних параметрів даної динамічної системи

4. Отримані аналітичні залежності для визначення закону руху вертикальних перегородок у вигляді вставних пластин і подовжніх бортів касетної форми.

Література

1. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении / Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1970. – 272 с.
2. Kankkunen H., Ojanen P. Concrete rheology and compaction. //Nordic Concrete Research, 1992. - Publication No 11, -pp.100-109.
3. Kelly G. Mechanical Vibrations / G. Kelly. – Toronto: Cengage Learning, 2011. Rivin E. I. Passive vibration isolation / E. I. Rivin. – New York: ASME Press, 2003. – 426 p.– 896 p.
4. Lamb H., On the vibration of an elastic plate in contact with water, Proc. Roy. of London, 1920 (A), – V. 98. – Н. 690.
5. Иткин А.Ф. Вибрационные машины для формирования бетонных изделий. Монография / А.Ф. Иткин. – К.: МП «Леся», 2009. – 152 с.
6. Маслов А.Г. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А.Г. Маслов, В.М. Пономарь. – К.: Будівельник, 1985.–128 с.
7. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: Навчальний посібник. –К: КНУБА, 2007. – 230 с.
8. Олехнович К.А., Виноградов Ю.И., Нестеренко П.П. Потребительские качества современных виброплощадок // Строительные и дорожные машины. 1991. – №8. – С.14-16.
9. Нестеренко П.П. Совершенствование виброплощадок для формирования многослойных панелей перекрытий // Эффективные строительные материалы и конструкции, используемые при возведении зданий и сооружений: Зб. научн. тр. – К.: УМК ВО, 1992. – С. 93-102.
10. Нестеренко М.П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для підприємств будівельної індустрії / П.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2002. – Вип. 9. – С. 90 – 93.
11. Нестеренко М.П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкого номенклатури // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 16. – С.177-181.
12. Назаренко І.І., Туманська О.В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів: Конструкції та основи експлуатації. – К.: Вища шк., 2004. – 590 с.
13. Нестеренко М.П., Склярченко Т.О., Нестеренко М.М. Пружна опора для вібраційних пристроїв: Патент на корисну модель №23325 МПК (2006) F16F 3/00. Бюл. №7, 2007.
14. Нестеренко М.П., Склярченко Т.О., Нестеренко М.М. Пружна опора для вібраційних пристроїв: Декларативний патент на винахід №68059 А МПК (2006) F16F 3/00. Бюл. №7, 2004 р.



15. Несгеренко М.П., Науменко В.М., Несгеренко Т.М., Педь Д.С. Касетна установка для виготовлення залізобетонних виробів: Патент на корисну модель №36778 МПК (2006) F16F 3/00. Бюл. №21, 2008.
16. Маслов А.Г. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А.Г. Маслов, В.М. Пономарь // К.: Будівельник, 1985.—128 с.
17. Маслов О.Г. Дослідження характеру горизонтально направлених коливань касетної установки / О.Г. Маслов, П.О. Молчапов, М.П. Несгеренко // Зб. наук. праць Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПНТУ, 2013. – Вип. 1 (36). – С. 454 – 463.
18. Молчапов П.О. Алгоритм розрахунку динамічних параметрів машин для формування бетонних виробів / П.О. Молчапов, М.Г. Ємельяненко // Зб. наук. праць Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПНТУ, 2011. – Вип. 2 (30). – С.17 – 22.
19. Филиппов А.П. Колебания деформируемых систем / А.П. Филиппов. – М.: Машиностроение, 1970. – 736 с.

Надійшло до редакції 11.05.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Сівко В.Й.

УДК 621.926.2

Є.О. Міщук¹, асистент

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМИ ПАРАМЕТРАМИ ТРИМАСНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ

АНОТАЦІЯ. В роботі розглянуто основні методи керування робочим процесом тримасної вібраційної щоккової дробарки. На основі теоретичних досліджень та експериментальних даних побудовані алгоритм розрахунку основних параметрів та алгоритм керування робочим процесом дробарки. Встановлено, що ефективна робота дробарки забезпечується в широкому спектрі двох діапазонів: до першого резонансу, між першим та другим резонансом та в межах третього резонансу. Запропоновано методика забезпечення заданих параметрів роботи тримасної вібраційної щоккової дробарки

Ключові слова: жорсткість, вібрація, дроблення, кутова частота коливань.

АННОТАЦИЯ. В работе рассмотрены основные методы управления рабочим процессом тримасной вибрационной щековой дробилки. На основе теоретических исследований и экспериментальных данных построены алгоритм расчета основных параметров и алгоритм управления рабочим процессом дробилки. Установлено, что эффективная работа дробилки обеспечивается в широком спектре двух диапазонов: до первого резонанса между первым и вторым резонансом и в пределах третьего резонанса. Предложена методика обеспечения заданных параметров работы тримасной вибрационной щековой дробилки

Ключевые слова: жесткость, вибрация, дробление, угловая частота колебаний.

ABSTRACT. The main methods of management of the working process of the vibrating jaw crusher is consider in this article. Algorithm of the management of working process of the crusher and algorithm for the calculating the basic parameters were build that on the bases of the theoretical studies and experimental data. Established that the effective operation of the crusher is provided in a wide range of two ranges: the first resonance between the first and second resonance and resonance within the third proposed method to maintain the set parameters of vibration jaw crusher trymasnoyi

Key words: Rigidity, vibration, crushing, angular frequency oscillation.

Актуальність роботи. Одним із напрямків розвитку щоккових дробарок є застосування вібраційного приводу замість класичного ексцентрикового. З кожним роком