

8. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича. – М.: Стройиздат, 1982. – 384 с.
9. Радченко М.І., Сирота О.А., Макарова О.В. Підвищення екологічної безпеки та енергетичної ефективності виробництва силікатної цегли // Наук. зап. НаУКМА. – 2005. – Т. 43. – (Серія: Біологія та екологія) – С. 71 – 76.
10. Framework Convention on Climate Change: Unated National / Conference of the Parties Twenty-first session Paris, 30 November to 11 December 2015. - FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. – 32 p. – [web-resource]. – Access mode. – URL: <http://unfccc.int/resource/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (date 25.10.2016).
11. Паризька угода / ООН; Угода; Міжнародний документ від 12.12.2015, ратифікація від 14.07 2016: офіційний переклад. – [web-resource]. – Режим доступу. – URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/995_16_1 (дата звернення 25.10.2016).
12. Корогодская А.Н., Шабанова Г.М., Гуренко И.В. и др. Использование отходов химического производства при изготовлении барийсодержащих цементов на их основе // Строительные материалы. – 2004. – № 3. – С. 14.
13. Кошельник В.М., Шабанова Г.М., Кисельова С.О., Визначення теплової ефективності виробництва силікатної цегли при зміні температурного режиму автоклава // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит (Energy saving. Power engineering. Energy audit). – Харьков: НТУ «ХПИ». – №05 (99). – 2012. – С. 17 – 22.

УДК 666.97.033.16

Нестеренко М.П., Педь Д.С., Нестеренко Т.М.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОЛИВАНЬ ВІБРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ У РЕЖИМІ ХОЛОСТОГО ХОДУ

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Досить широкого поширення при формуванні залізобетонних виробів набуло розроблене у ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка вібраційне обладнання з просторовими коливаннями робочого органа [1,2], удосконалення котрого може проводитися на підставі аналітичних досліджень з врахуванням фізико-механічних характеристик ущільнюваного середовища і визначенням на їхній основі раціональних параметрів вібраційної площадки та режимів вібраційної дії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. У розрахунках вібраційного обладнання для формування залізобетонних виробів використовуються різні підходи до складення математичних моделей, про що свідчать публікації різ-

них років. Відомі математичні моделі можна умовно розподілити на дві групи: плоскі динамічні моделі руху робочого органу, що розглядають рух у вертикальній або горизонтальній площині [3–10], та просторові – які розглядають рух робочого органа в просторі [11–15].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У математичних моделях вібраційних машин, у яких розглядаються просторові коливання робочого органа, бетонна суміш ураховується у вигляді твердого тіла як приєднана маса до коливальної системи [7-9]. У "плоских" математичних моделях розглядається вплив бетонної суміші на поглинання енергії з урахуванням її реологічних властивостей [3-4, 10]. Питання врахування впливу реологічних властивостей бетонних сумішей на процес формування

виробу в моделях просторових коливальних систем не розв'язане і тому є актуальним.

Метою роботи є визначення характеру руху віброустановки в режимі холостого ходу, як передумови для подальшого визначення характеру руху віброустановки з урахуванням впливу оброблюваного середовища.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для визначення характеру руху рухомих частин віброустановки розглянемо її розрахункову схему (рис.1 і 2) при роботі в режимі холостого ходу. Переміщення елементів даної динамічної системи здійснюється дією горизонтально направленої колової вимушуючої сили Q .

При цьому в подовжньому напрямі діятиме вимушуюча сила $Q\sin\omega t$, а у поперечному напрямі вимушуюча сила $Q\cos\omega t$ (де Q – амплітуда вимушуючої сили віброзбуджувача колових коливань; ω – кутова частота вимушених коливань; t – час).

Вимушуюча сила $Q\sin\omega t$ викликає подовжні коливання форми у напрямі координатної осі X і одночасно її кутові коливання відносно осі Y , що проходить через центр мас форми O . Поперечна вимушуюча сила $Q\cos\omega t$ забезпечує періодичний зсув віброблока відносно форми по осі з'єднання у напрямі координатної осі Y і одночасно створює вимушуючий момент відносно осі з'єднання рівний $Qrcos\omega t$. Цей момент викликає в з'єднанні дві реакції (рис. 2):

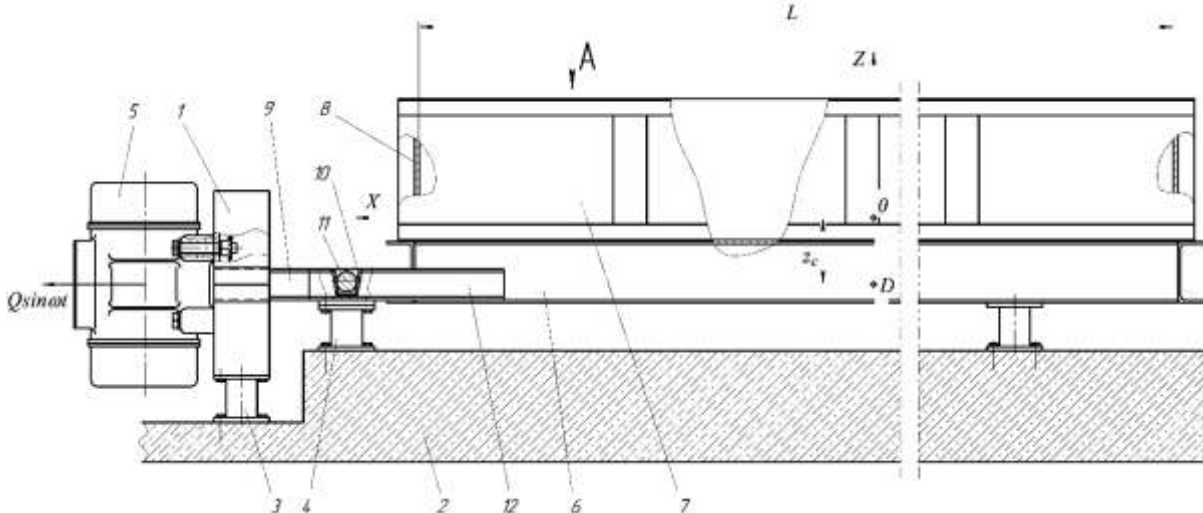


Рис. 1. Розрахункова схема вібраційної установки для формування довгомірних плоских бетонних виробів: 1 – зварний корпусу, 2 – фундаментна плита, 3 і 4 – пружні опори, 5 – віброзбуджувач колових коливань з вертикальним розташуванням дебалансного валу, 6 – піддон, 7 – подовжні борти, 8 – поперечні борти. 9 – прямокутні штанги, 10 – трапецеїдальні направляючі, 11 – вісь, 12 – паралельні утримувачі.

$$R = Q \frac{r}{a} \cos \omega t, \quad (1)$$

де R – реакції, що виникають в опорах з'єднання віброблока і форми; r – відстань від осі віброзбуджувача коливань до осі з'єднання; a – відстані між реакціями опор R .

У свою чергу реакції R створюють в опорах момент вимушуючих сил, що викликають кутові коливання форми щодо координатної осі Z :

$$M_1 = Ra = Qr \cos \omega t. \quad (2)$$

Дією поперечної сили $Q\cos\omega t$ і реакціями в опорах з'єднання R викликаються вимушуючі сили, викликані силами тертя в опорах з'єднання

$$R_t = R\mu = Q \frac{r}{a} \mu \cos \omega t, \quad (3)$$

де R_t – сила тертя, що виникає в з'єднанні; μ – коефіцієнт тертя між віссю з'єднання і трапецеїдальними направляючими.

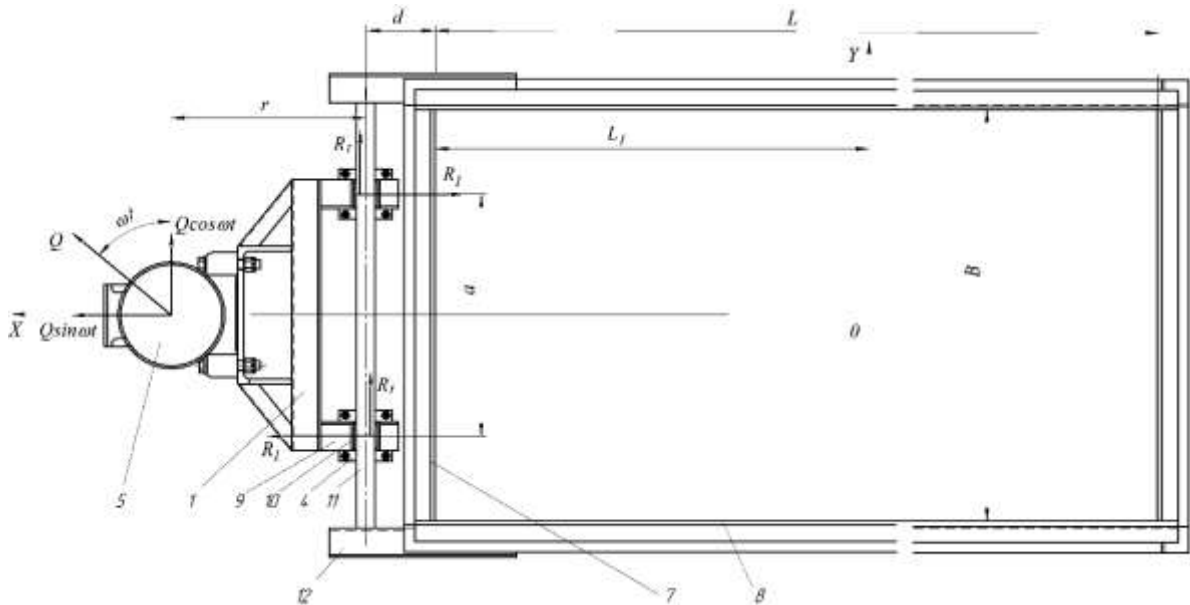


Рис. 2. Розрахункова схема вібраційної установки для формування бетонних виробів: вигляд А на рис. 1

Таким чином, дія поперечної сили $Q \cos \omega t$ на форму обмежена силами тертя R_t .

Сили тертя викликають коливання форми у напрямі координатної осі Y і одночасно кутові переміщення відносно вертикальної осі Z .

При цьому рух форми можна описати наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} (m_1 + m_2) \frac{d^2 x_1}{dt^2} + b_3 \frac{dx_1}{dt} + c_3 x_1 = Q \sin \omega t \\ m_2 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + b_2 \frac{dy_1}{dt} + c_2 y_1 = 2Q \frac{r}{a} \mu \cos \omega t \\ J_y \frac{d^2 \psi_y}{dt^2} + n_2 \frac{d\psi_y}{dt} + k_2 \psi_y = Q \frac{m_2}{m_1 + m_2} z_c \sin \omega t \\ J_z \frac{d^2 \psi_z}{dt^2} + n_3 \frac{d\psi_z}{dt} + k_3 \psi_z = Qr \left[1 + \frac{2}{a} \mu (d + L_1) \right] \cos \omega t \end{cases} \quad (4)$$

де m_1 – маса віброблока; m_2 – маса форми; Q – амплітуда вимушуючої сили віброзбуджувача колових коливань; x_1, y_1 – лінійні переміщення форми у напрямі координатних осей X і Y під дією гармонійних вимушуючих сил $Q \sin \omega t$ і $2Qr\mu \cos \omega t/a$ відповідно; X і Z – координатні осі, що проходять через центр ваги форми; c_2 – жорсткість опор у напрямі координатної осі Y ; b_2 – коефіцієнт непружного опор у напрямі координатної осі Y ; c_3 – жорсткість опор у напрямі координатної осі X ; b_3 – коефіцієнт непружного опор у напрямі координатної осі X ; ψ_y – кутові переміщення форми відносно координатних осей Y і Z відповідно; J_y і J_z – моменти інерції форми відносно координатних осей Y

і Z відповідно; k_2 – коефіцієнти пружної жорсткості опор при кутових переміщеннях форми відно координатної осі Y ; n_2 – коефіцієнти непружного опор при кутових переміщеннях форми відносно координатної осі Y ;

$$k_2 = 0,5c_1 e_1; \quad n_2 = 0,5b_1 e_1; \quad (5)$$

c_1 – жорсткість опор у вертикальному напрямі; b_1 – коефіцієнт непружного опор у вертикальному напрямі; e_1 – відстані між опор, на які спирається форма, в подовжньому напрямі; k_3 – коефіцієнт крутильної жорсткості при скручуванні опор відносно координатної осі Z ;

$$k_3 = 0,5c_3 \sqrt{e_1^2 + e_2^2};$$

$$n_3 = 0,5b_3 \sqrt{e_1^2 + e_2^2}; \quad (6)$$

n_3 – коефіцієнт непружного опор при скручуванні опор відносно координатної осі Z ; e_2 – відстані між опорами, на які спирається форма в поперечному напрямі.

Опис закону руху днища форми в горизонтальній площині у напрямі координатної осі X , приведемо до вигляду, зручного для аналізу:

$$X_d(y, t) = A_x(y) \sin[\omega t - \theta_1(y)]$$

$$\text{при } -0,5B \leq y \leq 0,5B \quad (7)$$

де $A_x(y)$ – амплітуда коливань днища форми у напрямі координатної осі X

$$A_x(y) = [A_1^2 + y^2 \Psi_{z1}^2 + z_c^2 \Psi_y^2 - 2A_1 y \Psi_{z1} \sin(\varphi_1 + \xi_2) - 2A_1 z_c \Psi_y \sin(\varphi_1 + \xi_1) + 2y \Psi_{z1} z_c \Psi_y \sin(\xi_1 + \xi_2)]^{0,5}. \quad (8)$$

де A_1, A_2 – амплітуди вимушених гармонійних коливань у напрямі координатних осей X і Y відповідно; Ψ_y, Ψ_{z1} і Ψ_{z2} – амплітуди вимушених кутових (крутильних) гармонійних коливань щодо координатних осей Y і Z відповідно; φ_1, φ_2 – кути зсуву фаз між амплітудами вимушуючих сил і амплітудами вимушених коливань; ξ_1, ξ_2 – кути зсуву фаз між амплітудами моментів вимушуючих сил і амплітудами кутових вимушених коливань;

Опис закону руху днища форми в горизонтальній площині у напрямі координатної осі Y , приведемо до вигляду, зручного для аналізу:

$$Y_d(x, t) = A_y(y) \cos[\omega t + \theta_2(x)]$$

при $-(L - L_1) \leq x \leq L_1$ (9)

де $A_y(x)$ – амплітуда коливань днища форми у напрямі координатної осі Y

$$A_y(x) = \sqrt{A_2^2 + x^2 \Psi_{z2}^2 + 2A_2 x \Psi_{z2} \cos(\varphi_2 - \xi_2)} \cdot (10)$$

Опис закону руху днища форми у вертикальній площині у напрямі координатної осі Z :

$$Z_d(x, t) = A_z(x) \sin(\omega t - \xi_1)$$

при $-(L - L_1) \leq x \leq L_1$ (11)

де $A_z(x)$ – амплітуда коливань днища форми у напрямі координатної осі Z

$$A_y(x) = x \Psi_y \cdot (12)$$

Висновок.

1. Визначено характер руху віброустановки при роботі в режимі холостого ходу, що в подальшому дозволить визначити характер руху віброформи з урахуванням впливу оброблюваного середовища.

2. Аналіз отриманих виразів показує, що форма в процесі роботи здійснює складні просторові коливання зі змінною амплітудою, при цьому з числа різноспрямованих коливань амплітуда коливань форми в горизонтальній площині у напрямі координатної осі X значно перевершує по величині інші амплітуди коливань форми, що забезпечує ефективне формування бетонних сумішей.

- М. П. Нестеренко // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 16. – С.177-181.
2. Нестеренко М.П. Аналіз споживчих якостей та класифікація вібраційного обладнання для формування довгомірних залізобетонних виробів / М.П. Нестеренко, Д.С. Педь // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ. Випуск 3(25) Том 1. 2009. – С. 143-149.
 3. Нестеренко М.П. Аналитическое моделирование вибрационных машин для формирования железобетонных изделий с учетом влияния бетонной смеси на рабочий орган / М.П. Нестеренко, Д.С. Педь, Т.А. Скляренко // Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья // Материалы Международной научно-практической конференции, 24 декабря 2010 г., г. Волгоград: в 2-х ч. Ч. I / Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2011. – С.220-224.
 4. Орисенко О.В. Дослідження просторового руху робочого органа вібраційної машини для формування трубчастих залізобетонних виробів / О.В. Орисенко, М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2000. – Вип. 6, частина 1. – С.172 – 175.
 5. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
 6. Гусев Б.В. Вибрационная технология бетона / Б.В. Гусев, В.Г. Зазимко. – К.: Будівельник, 1991. – 160 с.
 7. Десов А.Е. Вибрированный бетон. – М.: Госстройиздат, 1956. – 230 с.
 8. Гольдштейн Б.Г. Глубинные вибраторы для уплотнения бетона / Б.Г. Гольдштейн, Л.П. Петрунькин. – М.: Машиностроение, 1966. – 169 с.
 9. Овчинников П. Ф. Виброреология. / П.Ф. Овчинников. – К.: Наукова думка, 1983. – 272 с.
 10. Назаренко І.І. Вібраційні іашини і процеси будівельної індустрії: Навчальний посібник / І.І. Назаренко. –К.: КНУБА, 2007. –230 с.
 11. Файвусович А.С. Реологические свойства бетонных смесей при ударных и ударно-вибрационных воздействиях / А.С. Файвусович, Ю.А. Зубов // Изв. вузов. Стр-во и архитектура, 1981, № 11, с. 68 – 71.
 12. Сивко В.И. Основы механики вибрируемой бетонной смеси / В. И. Сивко. – К.: Высш. шк., 1987. – 168 с.
 13. Олехнович К.А. Исследования характера многокомпонентных колебаний малозумных виброплощадок / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов. –

184 ЛІТЕРАТУРА:

Нестеренко М. П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкої номенклатури /

- Полтава: ПИСИ, 1980. – 13 с. Орисенко О.В. Дослідження просторового руху робочого органа вібраційної машини для формування трубчастих залізобетонних виробів / О.В. Орисенко, М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2000. – Вип. 6, частина 1. – С.172 – 175.
14. Маслов А.Г. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве /А.Г. Маслов, В.М. Пономарь // К.:Будівельник, 1985. – 128 с.
15. Нестеренко М.П. Математичне моделювання вібраційних машин для формування залізобетонних виробів з урахуванням впливу бетонної суміші на робочий орган / М.П. Нестеренко, Д.С. Педь // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського №1 (54), частина 1. 2009. – С.78-80.

УДК 666.97.033.16

Ємельяненко М.Г., Гордієнко А.Т., Саснко Л.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА УТОЧНЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ДВОЧАСТОТНОГО ПРЕСУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОЩЕННЯ

Вступ. Серед машин будівельного профілю вібраційному обладнанню технологічних комплексів з виготовлення будівельних матеріалів і дрібноштучних бетонних виробів належить важливе місце [1-5].

Багато фірм у світі розробляють технологічні лінії (комплекси) обладнання для виготовлення бетонних виробів методом вібраційного пресування.

Технологія вібропресування полягає у тому, що вібрування бетонної суміші в прес-формі здійснюється під тиском на вібропресі. Метод високопродуктивний, допускає високий ступінь автоматизації, дає можливість виготовляти тротуарну плитку з кольоровим шаром (з додаванням до складу лицьового шару гранітної й мармурової крихти) [1-4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Способи підвищення міцності бетонних виробів шляхом їх формування на вібраційних пресах та аналіз напрямків їх удосконалення наведено в джерелах [2, 6-9]. При цьому вказано, що при розробці нового обладнання слід враховувати прив'язку до регіонів добичі сировини та збитку продукції.

В роботах [7-9] представлено результати дослідження раціональних параметрів режимів вібраційного пресування бетонних виробів, що забезпечують їх високу якість.

Серед вимог до бетонних виробів є наступні: забезпечення заданої міцності, зносостійкості та морозостійкості. Зниження даних показників призводить до передчасної руйнації конструкцій з бетонних елементів.

Метод вібраційного пресування дозволяє формувати вироби з жорстких бетонних сумішей, що потребують (для нормалізації щільності і морозостійкості) підвищення інтенсивності вібрації, наприклад шляхом використання в пресі двочастотного приводу [6-9].

Мета і задачі. Метою є удосконалення конструкції та уточнення методики розрахунку двочастотного пресу для формування бетонних елементів мощення.

Результати дослідження. У якості об'єкту дослідження прийнято удосконалений вібропрес з двочастотним планетарним приводом [6], конструктивна схема якого представлена на рис. 1.