

*М. П. Нестеренко, к.т.н, доц.,
О. П. Воскобійник, к.т.н., с.н.с.,
Д. С. Педь, ст. викладач*

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

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

Визначено характер руху віброустановки в режимі холостого ходу, що є передумовою для подальшого визначення характеру руху віброустановки з урахуванням впливу оброблюваного середовища.

Ключові слова: вібраційна установка, бетонна суміш, пружна опора.

Постановка проблеми. Досить значного поширення при формуванні залізобетонних виробів набуло розроблене у ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка вібраційне обладнання з просторовими коливаннями робочого органа [1,2], вдосконалення котрого може проводитися на основі аналітичних досліджень з урахуванням фізико-механічних характеристик ущільнюваного середовища і визначенням на їхній основі раціональних параметрів вібраційної площадки й режимів вібраційної дії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми й на які спираються автори, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У розрахунках вібраційного обладнання для формування залізобетонних виробів використовуються різні підходи до складання математичних моделей, про що свідчать публікації різних років. Відомі математичні моделі можна умовно розподілити на дві групи: плоскі динамічні моделі руху робочого органа, що розглядають рух у вертикальній або горизонтальній площині [3–10], та просторові – які розглядають рух робочого органа в просторі [11–15].

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.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). 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 дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Для визначення характеру руху рухомих частин віброустановки розглянемо її розрахункову схему (рис.1 і 2) при роботі в режимі холостого ходу. Переміщення елементів цієї 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 й одночасно створює вимушуючий момент відносно осі з'єднання, рівний $Qr \cos \omega t$. Цей момент викликає в з'єднанні дві реакції (рис.2):

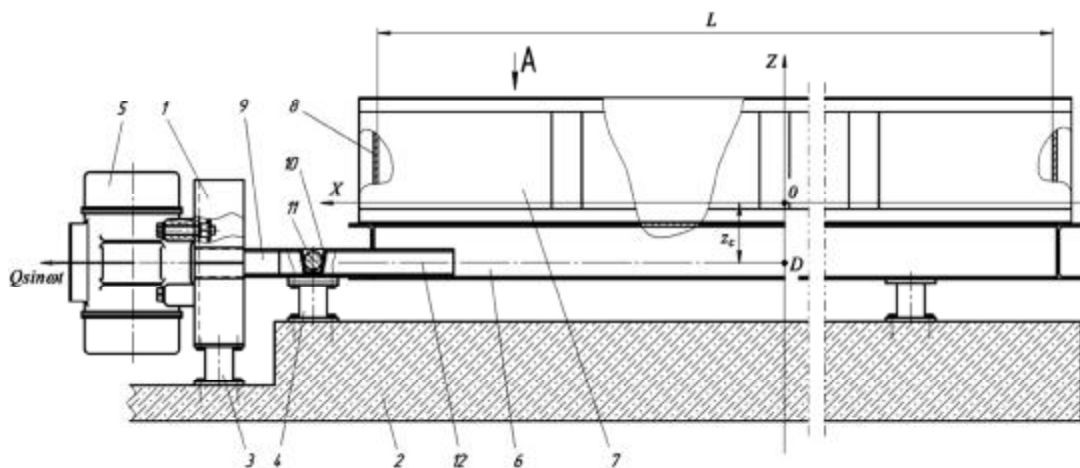


Рис. 1. Розрахункова схема вібраційної установки для формування довгомірних плоских бетонних виробів: 1 – зварний корпус; 2 – фундаментна плита; 3 і 4 – пружні опори; 5 – віброзбуджувач колових коливань з вертикальним розташуванням дебалансного вала; 6 – піддон; 7 – подовжні борти; 8 – поперечні борти;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

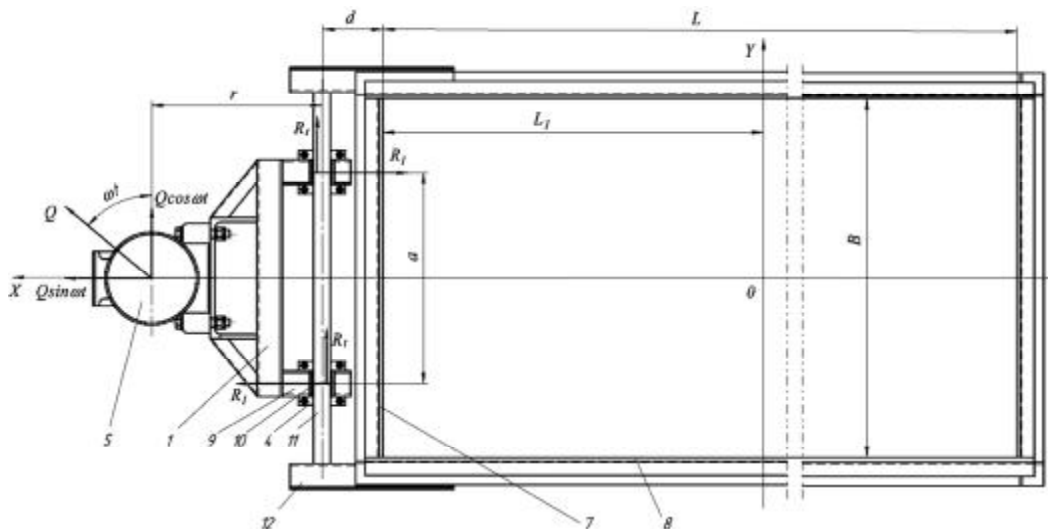


Рис. 2. Розрахункова схема вібраційної установки для формування бетонних виробів: вигляд А на рисунку 1

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

де R – реакції, що виникають в опорах з'єднання вібрблока і форми;
 r – відстань від осі вібррозбуджувача 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, спричинені силами тертя в опорах з'єднання

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

де R_t – сила тертя, що виникає в з'єднанні;

m – коефіцієнт тертя між віссю з'єднання і трапецеїдальними направляючими.

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 такою системою рівнянь:

$$\begin{cases}
(m_1 + m_2) \frac{d^2 x_1}{dt^2} + b_3 \frac{dx_1}{dt} + c_3 x_1 = Q \sin \omega t \\
m_2 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + b_2 \frac{dy_1}{dt} + c_2 y_1 = 2Q \frac{r}{a} m \cos \omega t \\
J_y \frac{d^2 \gamma_y}{dt^2} + n_2 \frac{d\gamma_y}{dt} + k_2 \gamma_y = Q \frac{m_2}{m_1 + m_2} z_c \sin \omega t \\
J_z \frac{d^2 \gamma_z}{dt^2} + n_3 \frac{d\gamma_z}{dt} + k_3 \gamma_z = Q r \frac{e_1}{e} + \frac{2}{a} m (d + L_1) \dot{\vartheta} \cos \omega t
\end{cases}, \quad (4)$$

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 $2Q \frac{r}{a} m \cos \omega t$ 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 ;

γ_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 відносно координатної осі Y ;

n_2 – коефіцієнти непружного опор при кутових переміщеннях форми відносно координатної осі Y ;

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

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:

$$X_d(y, t) = A_x(y) \sin(\omega t - \varphi_1(y)) \quad \text{при } -0,5B \leq y \leq 0,5B, \quad (7)$$

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

$$A_x(y) = \sqrt{A_1^2 + y^2 Y_{z1}^2 + z_c^2 Y_y^2 - 2A_1 y Y_{z1} \sin(\varphi_1 + \alpha_2) - 2A_1 z_c Y_y \sin(\varphi_1 + \alpha_1) + 2y Y_{z1} z_c Y_y \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}^{0,5}, \quad (8)$$

де A_1, A_2 – амплітуди вимушених гармонійних коливань у напрямі координатних осей X і Y відповідно;

Y_y, Y_{z1} і Y_{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 й амплітудами вимушених коливань;

α_1, α_2 – кути зсуву фаз між амплітудами моментів вимушуючих сил й амплітудами кутових вимушених коливань.

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

$$Y_d(x, t) = A_y(x) \cos(\omega t + \varphi_2(x)) \quad \text{при } -(L - L_1) \leq x \leq L_1, \quad (9)$$

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

$$A_y(x) = \sqrt{A_2^2 + x^2 Y_{z2}^2 + 2A_2 x Y_{z2} \cos(\varphi_2 - \alpha_2)}. \quad (10)$$

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

$$Z_d(x, t) = A_z(x) \sin(\omega t - \alpha_1) \quad \text{при } -(L - L_1) \leq x \leq L_1, \quad (11)$$

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

$$A_y(x) = x Y_y. \quad (12)$$

Висновки з цього дослідження

1. Визначено характер руху віброустановки при роботі в режимі холостого ходу, що дозволить у подальшому визначити характер руху віброустановки 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

за величиною інші амплітуди коливань форми, що забезпечує ефективне формування бетонних сумішей.

Література

1. Нестеренко М. П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкої номенклатури / 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. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
4. Гусев Б.В. Вибрационная технология бетона / Б.В. Гусев, В.Г. Зазимко. – К.: Будівельник, 1991. – 160 с.
5. Десов А.Е. Вибрированный бетон. – М.: Госстройиздат, 1956. – 230 с.
6. Гольдштейн Б.Г. Глубинные вибраторы для уплотнения бетона/Б.Г. Гольдштейн, Л.П. Петрунькин. – М.: Машиностроение, 1966. – 169 с.
7. Овчинников П. Ф. Виброреология / П.Ф. Овчинников. – К.: Наукова думка, 1983. – 272 с.
8. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: навчальний посібник /І.І. Назаренко. –К.: КНУБА, 2007. –230 с.
9. 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.
10. Сивко В.И. Основы механики вибрируемой бетонной смеси / В. И. Сивко. – К.: Высш. шк., 1987. – 168 с.
11. Олехнович К.А. Исследования характера многокомпонентных колебаний малошумных виброплощадок / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов. – Полтава: ПИСИ, 1980. – 13 с.
12. 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.
13. Маслов А.Г. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве /А.Г. Маслов, В.М. Пономарь. – К.:Будівельник, 1985. – 128 с.
14. Нестеренко М.П. Аналитическое моделирование вибрационных машин для формования железобетонных изделий с учетом влияния бетонной смеси на рабочий орган / М.П. Нестеренко, Д.С. Педь, Т.А.Склярченко // 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.

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.

Надійшла до редакції 20.11.2012

© М. П. Нестеренко, О. П. Воскобійник, Д. С. Педь

УДК 666.97.033.16

*Н. П. Нестеренко, к.т.н, доц.,
Е. П. Воскобойник, к.т.н., с.н.с.,
Д. С. Педь, ст. преподаватель*

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ВИБРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

Определен характер движения виброустановки в режиме холостого хода, который является предпосылкой для дальнейшего определения характера движения виброустановки с учётом влияния обрабатываемой среды.

Ключевые слова: *вибрационная установка, бетонная смесь, упругая опора.*

UDC 666.97.033.16

*M. P. Nesterenko, Ph. D.,
O. P. Voskobiynuk, Ph.D., Senior Researcher,
D. S. Ped, senior ticher*

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

RESEARCH VIBRATIONS OSCILLATION MACHINE FORMING OF LONG-LENGTH WARES IN MODE OF IDLING

Character of motion of the oscillation machine is determination in the mode of idling that is pre-condition for further determination character motion the oscillation machine forming into account influence of the processed environment.

Keywords: *oscillation setting, concrete mixture, resilient support.*