

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО РЕЖИМА ВИБРАЦИОННОЙ МАШИНЫ  
ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ БЕТОННЫХ БЛОКОВ****А. Г. Маслов, Жанар Батсайхан, В. П. Лукьяненко**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, 39600, м. Кременчуг, Украина. E-mail: kmt@mail.ru

Описаны конструкция и принцип действия вибрационной машины для формования бетонных блоков из жестких и сверхжестких бетонных смесей. Вибрационная машина снабжена формой без дна, шарнирно-сочлененной с опорной плитой, на которой смонтирован вибровозбудитель горизонтальных круговых колебаний. Внутри формы смонтированы пуансоны. Составлена расчетная схема динамической системы «Вибрационная машина – уплотняемая среда», в которой последняя представлена в виде дискретной модели с медленно меняющимися параметрами. Определена закономерность движения вибрационной формы и пуансонов, взаимодействующих с бетонным изделием, в виде сложных пространственных колебаний, состоящих из разнонаправленных горизонтальных и крутильных колебаний, вызывающих предельное разрушение структурных связей в бетонной смеси и эффективное уплотнение. Определены рациональные параметры вибрационной машины и режимы вибрационного воздействия на формируемые бетонные изделия.

**Ключевые слова:** вибрационная машина, вибровозбудитель колебаний, параметры, закон движения.**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО РЕЖИМУ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ  
ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БОГАТОПУСТОТНИХ БЕТОННИХ БЛОКІВ****О. Г. Маслов, Жанар Батсайхан, В. П. Лук'яненко**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: kmt@mail.ru

Описано конструкцію і принцип дії вібраційної машини для формування бетонних блоків з жорстких і наджорстких бетонних сумішей. Вібраційна машина забезпечена формою без дна, шарнірно-зчленованою з опорною плитою, на якій змонтований вибровозбудитель горизонтальних кругових коливань. В середині форми змонтовані пуансоны. Складено розрахункову схему динамічної системи «Вібраційна машина – ущільнюване середовище», в якій останнє представлено у вигляді дискретної моделі з повільно змінними параметрами. Визначено закономірність руху вібраційної форми і пуансонів, взаємодіючих з бетонним виробом, у вигляді складних просторових коливань, що складаються з різноспрямованих горизонтальних і крутильних коливань, що викликають обмеження руйнування структурних зв'язків в бетонній суміші і ефективне ущільнення. Визначено раціональні параметри вібраційної машини та режими вібраційного впливу на формовані бетонні вироби.

**Ключові слова:** вібраційна машина, вібробуджувач коливань, параметри, закон руху.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ.** В настоящее время требуется создание простых, малоэнергоёмких и высокоэффективных вибрационных машин, предназначенных для формования бетонных блоков с немедленной их распалубкой. Существующие вибрационные машины, в виде вибрационных прессов [1], самоходных виброуплотняющих устройств [2, 3] или виброплощадок [4, 5] имеют сложное конструктивное устройство и повышенную энергоёмкость. Все эти вибрационные машины дорогостоящи и не могут быть использованы для сравнительно небольших предприятий по выпуску бетонных изделий. Поэтому создание эффективной вибрационной машины, обеспечивающей формование бетонных блоков из жестких и сверхжестких бетонных смесей и имеющей простую конструкцию и низкую металлоёмкость, является актуальной задачей. Установлено, что физико-механические характеристики уплотняемой среды во многом определяют поведение динамической системы вибрационной машины существенно влияют на определение ее основных параметров и режимов вибрационного процесса уплотнения. Наиболее точные результаты можно получить, в том случае, если в исследуемой динамической системе учитывать действие уплотняемой среды на вибрационную машину в виде сил, характеризующих упругие, инерционные и диссипативные свойства [6, 7]. Правильно подобранные соотношения между

основными параметрами вибрационной машины и уплотняемой среды позволяют увеличить эффективность уплотнения, уменьшить массу и упростить конструкцию вибрационной машины, предназначенной для формования бетонных блоков из жестких и сверхжестких бетонных смесей.

Цель работы – исследование законов движения и определение рациональных параметров высокоэффективной вибрационной машины, предназначенной для формования многопустотных бетонных блоков из жестких и сверхжестких бетонных смесей.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** На характер колебаний вибрационной машины для формования многопустотных бетонных блоков с немедленной распалубкой, а также на эффективность их формования существенное влияние оказывают геометрические размеры формируемого изделия и физико-механические характеристики уплотняемой среды. Именно правильный учет всех движущих сил и сил сопротивления позволяет с достаточной степенью точности установить закономерность вибрационного процесса уплотнения бетонной смеси, определить рациональные параметры вибрационной установки, конструкция которой представлена рис. 1.

На рис. 1 представлено конструктивное исполнение предлагаемой вибрационной установки.

Вибрационная машина для формования пустот-

ных блоков состоит из формы без дна, выполненной в виде продольных 1 и поперечных 2 бортов. На внешней части формы в ее верхней части жестко закреплены продольные 3 и поперечные 4 уголки. На поперечных уголках 4 при помощи опорных пластин 5 закреплена гребенка 6, к которой жестко прикреплены пустообразователи 7. К продольным 1 стенкам формы жестко прикреплены проушины 8, в которых смонтирована ось 9, служащая соединительным элементом со съемным вибрационным

устройством, выполненным в виде из кронштейна 10 с трапецидальными захватами оси 9, который соединен с подвижной опорой, состоящей из стойки 11 и опорной плиты 12, на которой смонтирован вибровозбудитель колебаний 13. Опорная плита 12 установлена на амортизаторах 14. В нижней части формы выполнена обвязка из уголков 15, к которым прикреплены герметизирующие резиновые элементы 16.

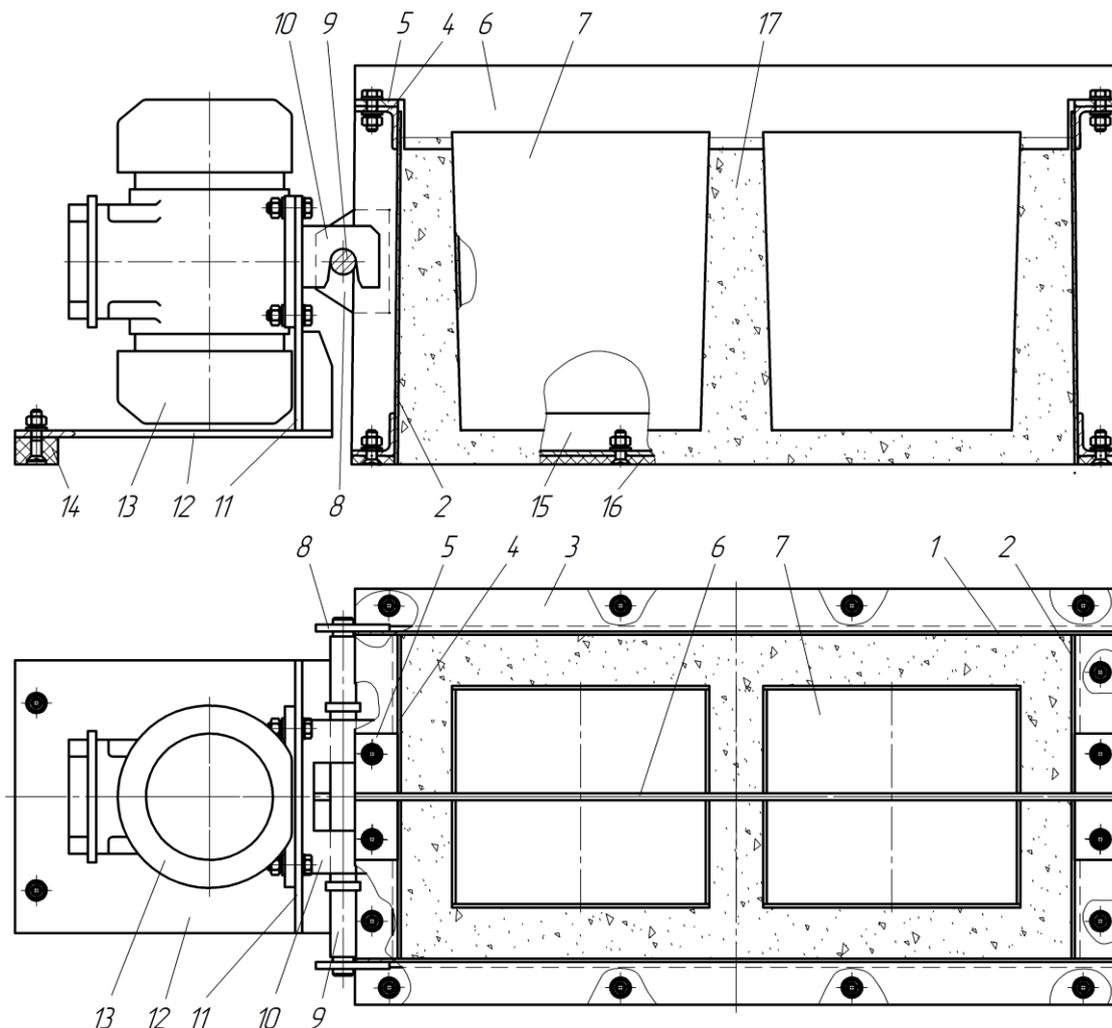


Рисунок 1 – Вибрационная машина для формирования многопустотных блоков

Работа вибрационной установки осуществляется следующим образом. На ровную поверхность устанавливается форма без дна, которая затем заполняется бетонной смесью.

Съемное вибрационное устройство при помощи трапецидальной опоры 10 соединяется с формой и включается вибровозбудитель колебаний 13. Под действием вибровозбудителя колебаний 13 форма вместе с пуансонами совершает сложное движение, перемещаясь в горизонтальной плоскости в продольном и поперечном направлениях, а также совершает крутильные колебания вокруг вертикальной оси, проходящей через центр тяжести вибрационной установки.

В результате такого вибрационного воздействия смесь испытывает в горизонтальном направлении сложное напряженно-деформированное воздейст-

вие, приводящее к разрушению внутренних связей и переводу смеси в тиксотропное состояние.

На заключительной стадии процесса формирования на поверхность бетонной смеси может быть установлен пригруз, обеспечивающий выравнивание поверхности и ее фактурный вид.

После окончания процесса формирования вибрационный блок выводится из соприкосновения с осью формы и отводится в сторону. Затем форма перемещается вертикально вверх, отделяется от сформированного бетонного блока и переставляется в новое рабочее положение.

Для изучения закона движения всех элементов вибрационной машины взаимодействующих с бетонной смесью рассмотрим действие сил представленных на рис. 2.

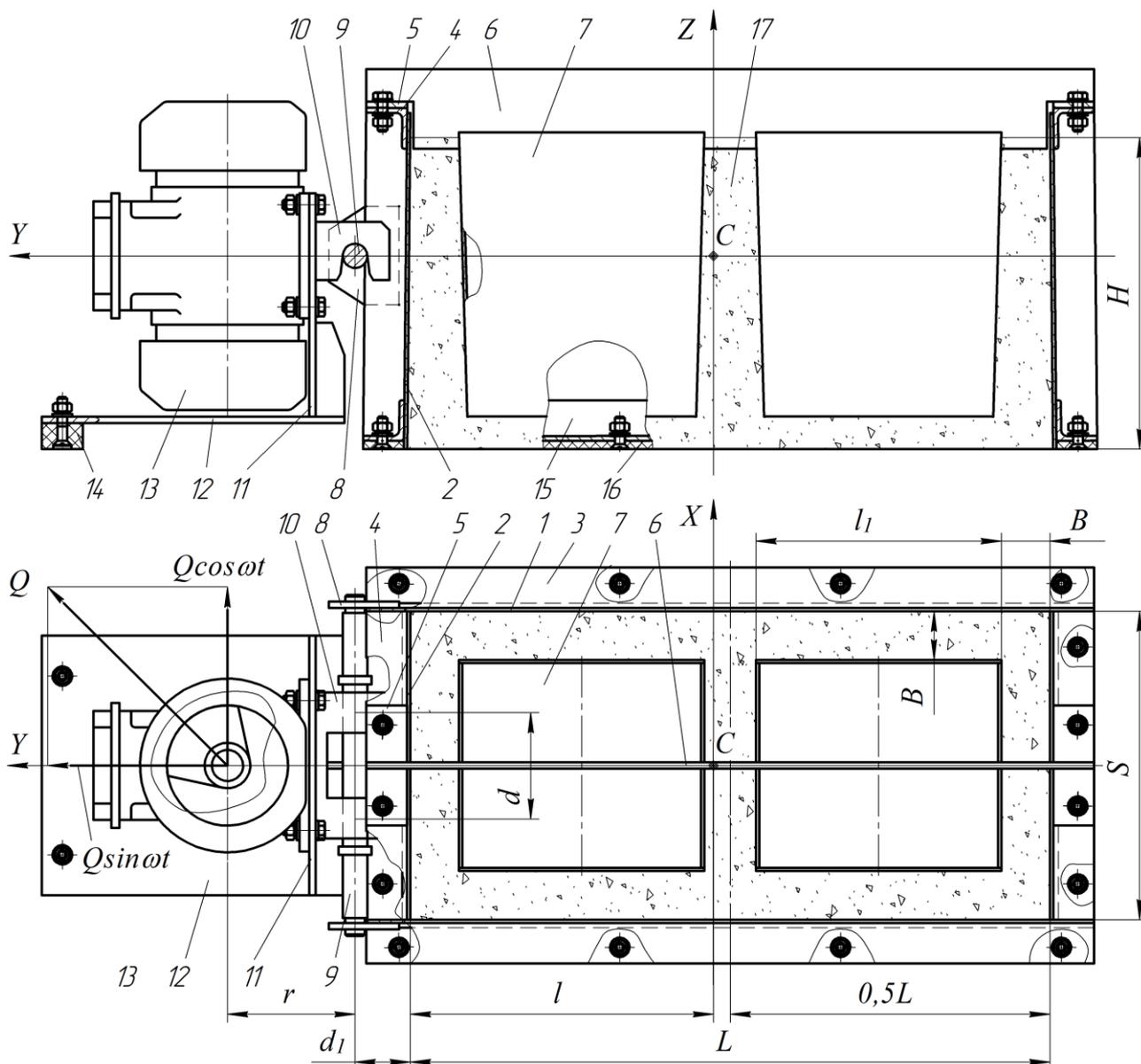


Рисунок 2 – Расчетная схема вибраторной машины для формирования многопустотных бетонных блоков

Используя принцип Даламбера, составим систему уравнений движения вибраторной машины:

– движение центра тяжести вибраторной машины в продольном направлении, т.е. в направлении координатной оси  $Y$ :

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + b_1 \frac{dy}{dt} + (c_1 + c_{s1})y \pm F_{tr} = Q \sin \omega t; \quad (1)$$

– движение центра тяжести вибраторной машины в поперечном направлении, т.е. в направлении координатной оси  $X$ :

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b_2 \frac{dx}{dt} + (c_2 + c_{s2})x \pm F_{tr} = Q \frac{r}{d} f_1 \cos \omega t; \quad (2)$$

– движение вокруг вертикальной оси  $Z$ , проходящей через центр тяжести  $C$  вибраторной машины:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + n_\varphi \frac{d\varphi}{dt} + (k_\varphi + k_s)\varphi \pm M_{tr} = [Qr + Q \frac{r}{d} (d_1 + l) f_1] \cos \omega t, \quad (3)$$

где  $m$  – масса вибраторной машины;  $y$  – перемещение центра тяжести вибраторной машины в продольном направлении, т.е. в направлении координатной оси  $Y$ ;  $x$  – перемещение центра тяжести вибраторной машины в поперечном направлении, т.е. в направлении координатной оси  $X$ ;  $c_1$  и  $b_1$  – жесткость и коэффициент неупругого сопротивления амортизаторов в направлении координатной оси  $Y$ ;  $c_2$  и  $b_2$  – жесткость и коэффициент неупругого сопротивления амортизаторов в направлении координатной оси  $X$ ;  $\varphi$  – угловое смещение вибраторной машины относительно вертикальной оси  $Z$ ;  $Q$  – амплитуда возмущающей силы вибраторной машины;  $J$  – момент инерции вибраторной машины.

шины относительно вертикальной оси  $Z$ ;  $k_\varphi$  и  $n_\varphi$  – коэффициенты крутильной жесткости и неупругого сопротивления амортизаторов относительно вертикальной оси  $Z$ ;  $c_{s1}$  и  $s_{s2}$  – комплексные жесткости уплотняемой бетонной смеси соответственно в направлении координатных осей  $Y$  и  $X$ ;  $k_s$  – комплексный коэффициент крутильной жесткости уплотняемого бетонного слоя относительно вертикальной оси  $Z$ ;  $L$  – длина формуемого изделия;  $r$  – расстояние от оси вала вибровозбудителя колебаний до оси шарнирно-сочлененного соединения;  $d_1$  – расстояние от оси шарнирно-сочлененного соединения до передней торцевой стенки формы;  $l$  – расстояние от передней торцевой стенки формы до центра тяжести вибромашины.  $J_b$  – приведенный момент инерции уплотняемого слоя бетонной смеси относительно вертикальной оси  $Z$ ;  $F_{tr}$  – суммарная сила кулонова трения между основанием и формой, а также между основанием и бетонной смесью;  $M_{tr}$  – суммарный момент сил кулонова (сухого) трения между формой и основанием, а также между бетонной смесью и основанием.

Значения комплексных жесткостей уплотняемой бетонной смеси  $c_{s1}$  и  $c_{s2}$  определим из следующих выражений [8]:

$$c_{s1} = k_1 E F_1 \frac{e^{-\delta B} - \cos k_1 B}{\sin k_1 B} - \delta E F_1; \quad (4)$$

$$c_{s2} = k_1 E F_2 \frac{e^{-\delta B} - \cos k_1 B}{\sin k_1 B} - \delta E F_2; \quad (5)$$

где  $E$  – динамический модуль упругой деформации бетонной смеси;  $k_1$  – волновое число,

$$k_1 = 0,5 \sqrt{\frac{4\rho\omega^2 - \lambda^2}{E}}; \quad (6)$$

$\delta$  – коэффициент поглощения,  $\delta = \frac{\lambda}{2E}$ ;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления, который учитывает затраты энергии на разрушение внутренних связей, вытеснение воздуха, переориентацию частиц и другие явления в уплотняемой среде, сопровождающие вибрационное уплотнение [6, 7, 9], а также влияние близко расположенных стенок формы на деформацию уплотняемой смеси;  $B$  – толщина формуемых слоев;  $F_1$  и  $F_2$  – площади торцевых и боковых стенок формы и пустообразователей, контактирующих с уплотняемой смесью,

$$F_1 = (3S - 4B)H; \quad (7)$$

$$F_2 = (L + 2l_1)H; \quad (8)$$

$L$ ,  $S$ ,  $H$  – длина, ширина и высота формуемого изделия;  $l_1$  – длина пуансона.

Комплексный коэффициент крутильной жесткости  $k_s$  уплотняемого бетонного слоя относительно вертикальной оси  $Z$  найдем из следующего выражения:

$$k_s = c_{s1} \frac{(S - 2B)^2}{12} + c_{s2} \frac{(L - 2l)^2}{12}. \quad (9)$$

Силу кулонова трения представим в следующем виде:

$$F_{tr} = \pm(G_1 f_1 + G_2 f_2), \quad (10)$$

где  $G_1$  – составляющая силы тяжести вибрационной машины, приходящаяся на опорную поверхность формы;  $G_2$  – сила тяжести уплотняемого слоя бетонной смеси;  $f_1$  – коэффициент трения между опорной поверхностью формы и основанием;  $f_2$  – коэффициент трения между уплотняемым бетонным слоем и основанием.

Используя метод линеаризации сил кулонова трения [7], приведем уравнения (1 – 3) к следующему виду:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + (b_1 + b_{s1}) \frac{dy}{dt} + (c_1 + c_{s1})y = Q \sin \omega t; \quad (11)$$

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} + (b_2 + b_{s2}) \frac{dx}{dt} + (c_2 + c_{s2})x = \\ = Q \frac{r}{d} f_1 \cos \omega t; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + (n_\varphi + n_s) \frac{d\varphi}{dt} + (k_\varphi + k_s)\varphi = \\ = [Qr + Q \frac{r}{d} (d_1 + l) f_1] \cos \omega t, \end{aligned} \quad (13)$$

где  $b_{s1}$  и  $b_{s2}$  – эквивалентные коэффициенты вязкого трения в направлении координатных осей  $Y$  и  $X$ ;  $n_s$  – эквивалентный коэффициент вязкого трения относительно вертикальной оси  $Z$ ;

$$b_{s1} = \frac{4F_{tr}}{\pi A_1 \omega} = \frac{q_r}{A_1 \omega}; \quad (14)$$

$$b_{s2} = \frac{4F_{tr}}{\pi A_2 \omega} = \frac{q_r}{A_2 \omega}; \quad (15)$$

$$n_s = \frac{4M_{tr}}{\pi \Phi_1 \omega} = \frac{q_m}{\Phi \omega}; \quad (16)$$

$A_1$ ,  $A_2$  – амплитуды колебаний виброформы соответственно в направлении координатных осей  $Y$  и  $X$ ;  $\Phi$  – амплитуда угловых (крутильных) колебаний виброформы относительно вертикальной оси  $Z$ ;

$$q_r = \frac{4F_{tr}}{\pi}; \quad q_m = \frac{4M_{tr}}{\pi}. \quad (17)$$

На основании известных методов классической теории колебаний [10, 11], найдем решение уравнений (11 – 13) в следующем виде:

$$y(t) = A_1 \sin(\omega t - \psi_1); \quad (18)$$

$$x(t) = A_2 \cos(\omega t - \psi_2); \quad (19)$$

$$\varphi(t) = \Phi_1 \cos(\omega t - \psi_3), \quad (20)$$

где  $\psi_1, \psi_2$  – углы сдвига фаз между амплитудами возмущающих сил и перемещениями;  $\psi_3$  – угол сдвига фаз между амплитудой момента возмущающих сил и угловым перемещением;

$$A_1 = \frac{Q}{\sqrt{[(c_1 + c_{s1}) - m\omega^2]^2 + (b_1 + b_{s1})^2 \omega^2}}; \quad (21)$$

$$A_2 = \frac{Q \frac{r}{d} f_1}{\sqrt{[(c_2 + c_{s2}) - m\omega^2]^2 + (b_2 + b_{s2})^2 \omega^2}}; \quad (22)$$

$$\Phi = \frac{Q \left[ r + \frac{r}{d} (d_1 + l) f_1 \right]}{\sqrt{[(k_\phi + k_s) - J\omega^2]^2 + (n_\phi + n_s)^2 \omega^2}}; \quad (23)$$

$$\psi_1 = \arctg \frac{(b_1 + b_{s1})\omega}{(c_1 + c_{s1}) - m\omega^2}; \quad (24)$$

$$\psi_2 = \arctg \frac{(b_2 + b_{s2})\omega}{(c_2 + c_{s2}) - m\omega^2}; \quad (25)$$

$$\psi_3 = \arctg \frac{(n_\phi + n_s)\omega}{(k_\phi + k_s) - m\omega^2}. \quad (26)$$

Подставляя зависимости (14 – 16) соответственно в выражения (21 – 23), получим уравнения для определения амплитуд колебаний виброформы в следующем виде:

$$A_1 = \frac{1}{(c_1 + c_{s1} - m\omega^2)^2 + b_1^2 \omega^2} \left\{ -q_r b_1 \omega + \sqrt{q_r^2 b_1^2 \omega^2 + (Q^2 - q_r^2)[(c_1 + c_{s1} - m\omega^2)^2 + b_1^2 \omega^2]} \right\}; \quad (30)$$

$$A_2 = \frac{1}{(c_2 + c_{s2} - m\omega^2)^2 + b_2^2 \omega^2} \left\{ -q_r b_2 \omega + \sqrt{q_r^2 b_2^2 \omega^2 + (Q^2 \frac{r^2}{d^2} - q_r^2)[(c_2 + c_{s2} - m\omega^2)^2 + b_2^2 \omega^2]} \right\}; \quad (31)$$

$$\Phi = \frac{1}{(k_\phi + k_s - J\omega^2)^2 + n_\phi^2 \omega^2} \left\{ -q_m n_\phi \omega + \sqrt{q_m^2 n_\phi^2 \omega^2 - \left\{ Q^2 \left[ r + \frac{r}{d} (d_1 + l) f_1 \right]^2 - q_m^2 \right\} [(k_\phi + k_s - J\omega^2)^2 + n_\phi^2 \omega^2]} \right\}. \quad (32)$$

Закон движения торцевых стенок формы, взаимодействующих с бетонной смесью в направлении координаты  $Y$ , и вызывающих в ней нормальные напряжения, может быть на основании выражений (18) и (20) с учетом выражений (30) и (32) представлен в следующем виде:

$$Y_{ts}(y, t) = y(t) - x\phi(t) \text{ при } -0,5S \leq x \leq 0,5S. \quad (33)$$

Закон движения продольных стенок формы, взаимодействующих с бетонной смесью и оказывающих на неё нормальное давление в направлении координаты  $X$ , может быть на основании выражений (19) и (20) с учетом выражений (31) и (32) описан следующей зависимостью:

$$X_{ps}(x, t) = x(t) + y\phi(t) \text{ при } -(L-l) \leq y \leq l. \quad (34)$$

$$A_1^2 + \frac{2A_1 q_r b_1 \omega}{(c_1 + c_{s1} - m\omega^2)^2 + b_1^2 \omega^2} - \frac{Q^2 - q_r^2}{(c_1 + c_{s1} - m\omega^2)^2 + b_1^2 \omega^2} = 0; \quad (27)$$

$$A_2^2 + \frac{2A_2 q_r b_2 \omega}{(c_2 + c_{s2} - m\omega^2)^2 + b_2^2 \omega^2} - \frac{Q^2 \frac{r^2}{d^2} - q_r^2}{(c_2 + c_{s2} - m\omega^2)^2 + b_2^2 \omega^2} = 0; \quad (28)$$

$$\Phi^2 + \frac{2\Phi q_m n_\phi \omega}{(k_\phi + k_s - J\omega^2)^2 + n_\phi^2 \omega^2} - \frac{Q^2 \left[ r + \frac{r}{d} (d_1 + l) f_1 \right]^2 - q_m^2}{(k_\phi + k_s - J\omega^2)^2 + n_\phi^2 \omega^2} = 0; \quad (29)$$

Решая уравнения (27 – 28), найдем окончательные значения амплитуд колебаний виброформы с учетом значений эквивалентных коэффициентов вязкого трения  $b_{s1}$ ,  $b_{s2}$  и  $n_s$ , т.е.

Таким образом, получены необходимые теоретические зависимости, позволяющие определить рациональные параметры вибрационной машины для формирования многопустотных бетонных блоков и режимы вибрационного воздействия на уплотняемую смесь. Применение предлагаемой вибрационной машины позволяет осуществить формирование многопустотных бетонных блоков из жестких и сверхжестких цементобетонных смесей, упростить ее конструкцию, снизить на 25 – 30% энергоемкость, повысить производительность и обеспечить необходимое качество формируемых изделий из жестких и сверхжестких цементобетонных смесей, обеспечить немедленную распалубку изделия после окончания вибрационного процесса формирования.

**ВЫВОДЫ.** Предложена новая конструкция малозатратной и высокоэффективной вибрационной

машины, обеспечивающая формирование многопустотных бетонных блоков из жестких и сверхжестких цементобетонных смесей. Проведенные исследования позволяют, на основании полученных решений системы уравнений движения вибрационной машины, определить законы движения всех элементов формы, взаимодействующих с уплотняемой бетонной средой в нормальном направлении, установить рациональные параметры вибрационной машины и режимы вибрационного воздействия на уплотняемую среду. Использование вибрационной машины, предназначенной для формирования бетонных блоков из жестких и сверхжестких бетонных смесей, обеспечивает повышение прочности формируемого изделия и снижение расхода цемента на 20 – 25%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов А.Г., Стуканова В.А. // Разработка вибрационного пресса для формирования многопустотных бетонных блоков // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 5 (64). Частина 1. – С. 117–120.
2. Маслов А.Г., Саленко Ю.С., Маслова Н.А. Исследование взаимодействия вибрирующей плиты с цементобетонной смесью // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2011. – Вип. 2 (67). Частина 1. – С. 93–98.
3. Маслов А.Г., Жанар Батсайхан. Исследование колебаний рабочего органа машины для уплотнения бетонных смесей в вибрационном рабочем режиме // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2015. – Вип. 2 (91). Частина 1. – С. 120–125.
4. Иткин А.Ф. Вибрационные машины для формирования бетонных изделий. – К.: «МП Леся». – 2009. – 152 с.
5. Иткин А.Ф., Маслов А.Г. Сравнение теоретических и экспериментальных данных исследований виброплощадок с горизонтально направленными колебаниями // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ. – 2007. – Вип. 1/2007 (42). Частина 2. – С. 14–18.
6. Маслов А.Г., Саленко Ю.С. Вибрационные машины и процессы в дорожно-строительном производстве. – Кременчук: ПП Щербатих О.В. – 2014. – 262 с.
7. Маслов А.Г. Иткин А.Ф., Саленко Ю.С. Вибрационные машины для приготовления и уплотнения бетонных смесей. – Кременчук: ЧП Щербатих А.В. – 2014. – 324 с.
8. Маслов А.Г., Лукьяненко В.П. Исследование взаимодействия тонких слоев бетонной смеси с вертикальными стенками вибрационной формы / Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2017. – Вип. 2/2017 (103). Частина 1. – С. 91–96.
9. Маслов А.Г., Лукьяненко В.П. Исследование взаимодействия бетонной смеси с вертикальными стенками вибрационной формы / Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 6/2015 (95). Частина 1. – С. 93–99.
10. Karnovsky I.A. Theory of Arched Structures: Strength, Stability, Vibration // New York: Springer, 2012. – 456 p.
11. Babitsky V.I., Krupenin V.L. Vibration of Strongly Nonlinear Discontinuous Systems.-Berlin. Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2001. – 404 p.
12. Бабаков И.М. Теория колебаний. – М.: Дрофа, 2001. – 591 с.

#### RESEARCH OF THE VIBRATION MACHINE OPERATING MODE FOR MOLDING HOLLOW CONCRETE BLOCKS

**A. Maslov, Janar Batsaikhan, V. Lukyanenko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: kmto@mail.ru

**Purpose.** To determine the laws of the form vibration motion acting on sealing the concrete mixture which is mixed prichastnymi oscillations, the mathematical model taking into account elastic, dissipative and inertial resistance force arising from the deformation of the sealing medium, to develop new design vibro working body for compaction of concrete mixes. Vibrating machine is used for molding concrete blocks of hard and ultrahard concrete mixtures. Existing vibratory machine, view vibratory presses, self-propelled vibroplates devices or table vibrators have a complex design and increased power consumption. So they can't be used for relatively small enterprises for the production of concrete products. Modern production requires the creation of highly effective vibrating machines for molding concrete blocks of hard and ultrahard concrete mixtures and having a simple design and low metal content. For efficient and reliable operation of the developed vibratory machines it is necessary to accurately choose their rational parameters, creating new effects in the form of poliestate multidirectional effects on the moldable concrete mixture, and to justify the rational modes of vibration impact on the sealed environment. **Methodology.** In the study, the construction and principle of vibratory machine operation, which is provided with a form without a bottom, articulating with base plate on which is mounted a vibration exciter horizontal circular oscillations, have been described. As a result of the end and longitudinal walls of the mold for each cycle of oscillation have alternating amplitude-frequency vibration impact on sealing the concrete mixture. The equations of motion and the laws of linear and torsional vibrations of the vibration form allows to prove the basic parameters of vibrating machines and technological modes of vibration compaction of the hard and ultrahard concrete mixtures. **Results.** The obtained theoretical expressions allow to establish the laws of motion vibratory machine in the horizontal plane during the vibratory compaction of concrete mixes mixed with fluctuations. These dependencies sufficiently accurately describe the behavior of real dynamic systems "Vibration machine – compacted environment" in the molding of concrete blocks of hard and ultrahard concrete mixtures. They

allow computer simulation of the laws of motion and the mode shapes of the sealing layer, to analyze them from the point of view of effective influence on the processed medium, to justify the type and form of vibration exposure, and to clarify the rational parameters of vibrating equipment. **Originality.** An original design of a vibrating machine in the form articulated with the vibration exciter circular oscillation has been proposed. Dependencies to determine the elastic, dissipative and inertial resistance forces the concrete environment in the form of discrete functions with slowly varying parameters, and the friction force between the base and concrete mix and a base and vibrating form presents harmonic Fourier series have been used. **Practical value.** Offered vibrating machine will be used on construction sites, for the production of concrete blocks of hard and ultrahard concrete mixtures. The use of the proposed vibration machines can reduce the energy intensity of the process of compaction of concrete mixes, to simplify machine design and improve performance. References 10, tables 0, figures 1.

**Key words:** vibration machine, vibration exciter of vibrations, the parameters, the law of motion.

#### REFERENCES

- Maslov, A.G., Stukanova, V.A. (2010) "Vibration press for forming hollow-core concrete blocks", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi State Polytechnic University*, iss. 64, pp. 117–1208.
- Maslov, A.G., Salenko, Y.S., Maslova, N.A. (2011), "Study of the interaction between a vibrating plate with cement concrete mixture", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, Iss. (67), pp. 93–98.
- Maslov, A.G., Batsaikhan, J. (2015), "The Research of oscillations of the machine working body of the for compaction of concrete mixes in vibration working mode", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. Kremenchug: KRNU*, Iss. (91), pp. 92–97.
- Itkin, A.F. (2009), "Vybratsyonnye mashyny dlya formovaniya betonnykh izdeliy" [Vibrating machines forming of the concrete products], "Les MP", Kyiv, Ukraine.
- Itkin, A.F., Maslov, A.G. (2007), "Comparison of theoretical and experimental studies of vibration platforms with horizontal vibrations", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi State Polytechnic University*, iss. 42, pp. 14–18.
- Maslov, A.G., Salenko, Y.S. (2014), "Vibratsionnye mashyny i protsessy v dorozhno-stroitelnom proizvodstve: monografiya" [Vibrating machines and processes in road construction industry: monograph], PP Cherbatyh, Kremenchuk, Ukraine.
- Maslov, A.G., Itkin, A.F., Salenko, Y.S. (2014), "Vibratsionnye mashyny dlya prigotovleniya i uplotneniya betonnykh smesey" [Vibrating machines for the preparation and compaction of concrete mixes], PP Cherbatyh, Kremenchuk, Ukraine.
- Maslov, A.G., Luk'yanenko, V.P. (2017), "Study of the interaction of thin layers of concrete with vertical walls and vibrating forms", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. Kremenchug: KRNU, Issue (103)*, pp.
- Maslov, A.G., Luk'yanenko, V.P. (2015), "Study of the interaction of concrete mix with vertical walls vibrating forms", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. Kremenchug: KRNU, Issue (95)*, pp. 93 – 99.
- Karnovsky, I.A. (2012) *Theory of Arched Structures: Strength, Stability, Vibration*, Springer, New York, USA.
- Babitsky, V.I., Krupenin, V.L. (2001), *Vibration of Strongly Nonlinear Discontinuous Systems*, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, USA.
- Babakov, I.M., (2001), *Teoriya kolebaniy* [Theory of vibrations], Bustard, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 08.06.2017.