

УДК 666.97

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ ПЛОЩАДКИ С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ И ПРИГРУЗОЧНОЙ ПЛИТОЙ

**А. Ф. Иткин**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, 39600, м. Кременчуг, Украина. E-mail: kmt0@mail.ru

Описаны конструкция и принцип действия вибрационной площадки с вертикальными колебаниями и пригрузочной плитой, предназначенной для формования бетонных и железобетонных изделий из жестких цементобетонных смесей. Составлено волновое уравнение колебаний бетонной среды в вертикальном направлении. Найденны граничные условия, описывающие взаимодействие уплотняемой среды с днищем формы и взаимодействии уплотняемой среды с пригрузочной плитой. Установлена закономерность распространения волн деформаций в уплотняемой среде. Получены зависимости, описывающие вынужденные колебания вибрирующей рамы виброплощадки и пригрузочной плиты. Выведены зависимости, позволяющие определить напряженно-деформированное состояние уплотняемой среды и установить интенсивность вибрационного воздействия на обрабатываемую среду в зависимости от физико-механических характеристик бетонной смеси, основных параметров вибрационной установки, наличия пригруза и толщины обрабатываемого слоя.

**Ключевые слова:** вибрационная площадка, уплотняемая среда, закон движения, напряжения.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНОЇ ПЛОЩАДКИ З ВЕРТИКАЛЬНИМИ КОЛИВАННЯМИ І ПЛИТОЮ ДЛЯ ПРИВАНТАЖЕННЯ

**О. Ф. Іткін**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: kmt0@mail.ru

Описано конструкція і принцип дії вібраційної площадки з вертикальними коливаннями і плитою для привантаження, призначеної для формування бетонних і залізобетонних виробів із жорстких цементобетонних сумішей. Складено хвильове рівняння коливань бетонного середовища у вертикальному напрямку. Знайдено граничні умови, що описують взаємодію ущільнюваного середовища з днищем форми і взаємодію ущільнюваного середовища з плитою для привантаження. Встановлена закономірність поширення хвиль деформацій в ущільнюваному середовищі. Отримано залежності, що описують вимушені коливання віброуючої рами виброплощадки і плити для привантаження. Виведено залежності, що дозволяють визначити напружено-деформований стан ущільнюваного середовища і встановити інтенсивність вібраційного впливу на оброблювану середу залежно від фізико-механічних характеристик бетонної суміші, основних параметрів вібраційної установки, наявності привантаження і товщини оброблюваного шару.

**Ключові слова:** вібраційна площадка, ущільнюване середовище, закон руху, напруги.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** В результате теоретических и экспериментальных исследований [1–3] было установлено, что виброплощадки, оборудованные вибрирующим столом, имеющим вертикально направленные колебания, целесообразно использовать для формования малогабаритных бетонных и железобетонных изделий. В случае оснащения вибрирующих столов, серийно выпускаемыми электро-механическими вибровозбудителями круговых колебаний, виброплощадки могут иметь сравнительно несложную конструкцию [4]. В этом случае должна быть обеспечена устойчивая самосинхронизация вибровозбудителей колебаний, дебалансные валы которых вращаются в противоположном направлении относительно друг друга [5]. Для эффективного уплотнения жестких и сверхжестких бетонных смесей целесообразно использовать пригрузочную плиту, устанавливаемую на бетонную смесь в процессе формирования изделий [6].

В основу разработки вибрационных машин с вертикальными колебаниями и пригрузочной плитой должны быть положены следующие требования: обеспечивать формирование бетонных изделий из бетонных смесей, жесткостью 60...120 с; не допускать расслоения бетонной смеси в процессе уплотнения; иметь простую конструкцию, низкую энергоемкость и металлоемкость, надежность в работе; не иметь

сложного привода.

Для определения рациональных параметров виброплощадки с вертикальными колебаниями и пригрузочной плитой, отвечающей выше приведенным требованиям необходимо исследовать динамическую систему «виброплощадка – формируемая смесь – пригрузочная плита», в которой уплотняемую смесь целесообразно представить в виде сплошной среды с распределенными параметрами.

Цель работы – установление закономерностей распространения волн деформаций в уплотняемой среде и колебаний виброплощадки и пригрузочной плиты, обоснование рациональных параметров процесса вибрационного уплотнения.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** На рис. 1 представлена схема виброплощадки с вертикальными колебаниями и пригрузочной плитой при виде сбоку. Виброплощадка имеет рамную конструкцию. Несущая часть вибрирующей рамы 1 выполнена из швеллеров, на которых жестко закреплен опорный лист. В качестве амортизаторов 2 используются пружины сжатия. На вибрирующей раме 1 закреплены 2 вибровозбудителя круговых колебаний 4 и 5, дебалансные валы которых 6 и 7 имеют противоположное направление вращения. При этом в основу создания виброплощадок с вертикально направленными колебаниями положен принцип

самосинхронизации вибровозбудителей круговых колебаний с противоположным направлением вращения [7].

Для определения закономерностей колебаний виброплощадки с вертикальными колебаниями и

пригрузочной плитой, исследуем динамическую систему «виброплощадка – формуемая смесь – пригрузочная плита», в которой уплотняемая смесь представлена в виде сплошной среды с распределенными параметрами.

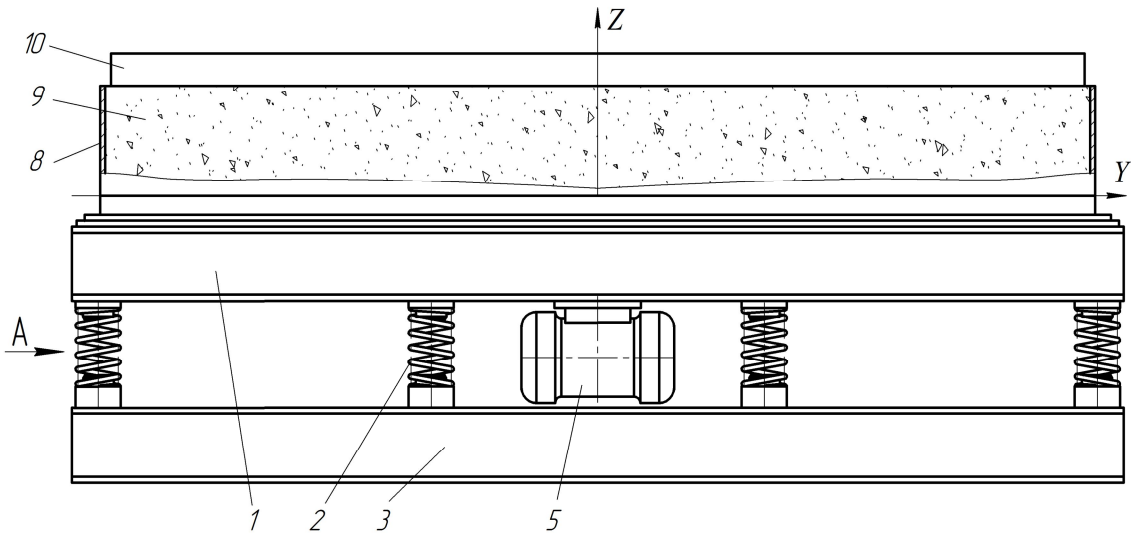


Рисунок 1 – Расчетная схема виброплощадки с вертикальными колебаниями и пригрузочной плитой: 1 – вибрирующая рама; 2 – упругие амортизаторы; 3 – опорная рама; 4, 5 – вибровозбудители колебаний; 6, 7 – дебалансы; 8 – форма; 9 – бетонная смесь; 10 – пригрузочная плита

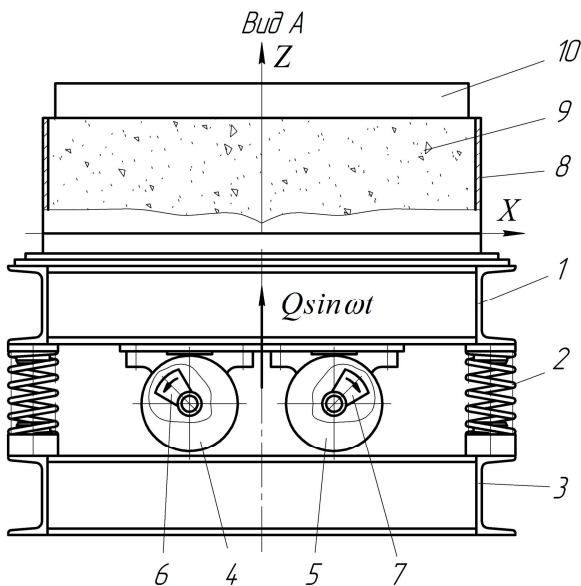


Рисунок 2 – Вид А на рис. 1

Для описания движения уплотняемой смеси в направлении координаты  $z$  за время  $t$  используется следующее волновое уравнение колебаний [8]:

$$E \frac{\partial^2 \psi(z, t)}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 \psi(z, t)}{\partial z^2 \partial t} - \rho \frac{\partial^2 \psi(z, t)}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

где  $z$  – координата по оси  $Z$  от дна формы до уплотняемой поверхности;  $\psi$  – смещение слоя смеси по координате  $z$ ;  $E$  – модуль деформации, характеризующий упругую составляющую сил сопротивления уплотняемой среды при динамической

нагрузке;  $\eta$  – коэффициент сопротивления, характеризующий диссипативную составляющую сил сопротивления уплотняемой среды при динамической нагрузке;  $\rho$  – плотность уплотняемой среды.

Решение волнового уравнения колебаний (1) может быть найдено при следующих граничных условиях:

– при взаимодействии уплотняемой среды с дном формы 1,

$$-m \frac{\partial^2 \psi(0, t)}{\partial t^2} - c_3 \psi(0, t) + EF \frac{\partial \psi(0, t)}{\partial z^2} + \eta F \frac{\partial^2 \psi(0, t)}{\partial z \partial t} + Q \sin \omega t = 0; \quad (2)$$

– при взаимодействии уплотняемой среды с пригрузочной плитой,

$$EF \frac{\partial \psi(H, t)}{\partial z} + \eta F \frac{\partial^2 \psi(H, t)}{\partial z \partial t} + m_2 \frac{\partial^2 \psi(H, t)}{\partial t^2} = 0, \quad (3)$$

где  $m$  – масса вибрирующей рамы вместе с формой;  $m_2$  – масса пригрузочной плиты;  $c_3$  – коэффициент жесткости амортизаторов;  $Q$  – амплитуда возмущающих сил вибровозбудителей колебаний;  $\omega$  – угловая частота вынужденных колебаний;  $F$  – площадь дна формы, контактирующая с формуемой бетонной смесью;  $H$  – высота формуемого изделия.

Решение волнового уравнения колебаний (1) представим в виде мнимой части комплексной

функції:

$$\psi(z, t) = \Psi(z)e^{i\omega t}, \quad (4)$$

где  $\Psi(z)$  – комплексная амплитуда колебаний.

Подставляя функцию (4) в волновое уравнение (1), получим

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

Решение уравнения (5) будет иметь следующий вид [6]:

$$\Psi(z) = Me^{-i\tilde{k}z} + Ne^{i\tilde{k}z}, \quad (6)$$

где  $M$  и  $N$  – комплексные амплитуды, определяемые граничными условиями (2) и (3);  $\tilde{k}$  – комплексное волновое число,

$$\tilde{k} = \sqrt{\frac{\rho\omega^2(E - i\eta\omega)}{E^2 + \eta^2\omega^2}}. \quad (7)$$

Поскольку волновое число  $\tilde{k}$  комплексно, то его можно представить в виде комплексной функции [9]:

$$\tilde{k} = k - i\alpha = \frac{\omega}{a} - i\alpha, \quad (8)$$

где  $k$  – волновое число,  $k = \omega/a$ ;  $a$  – волновая скорость деформаций в формуемом изделии;  $\alpha$  – коэффициент затухания деформаций;

Приравняем выражение (7) и (8), возведем левую и правую части в квадрат и, выделяя соответственно вещественную и мнимую части выражения, найдем значения волновой скорости деформаций и коэффициент затухания деформаций в формуемой бетонной смеси, т.е.

$$a = \sqrt{\frac{2E \cdot (1 + \chi^2)}{\rho \cdot (1 + \sqrt{1 + \chi^2})}};$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\rho \omega^2 (-1 + \sqrt{1 + \chi^2})}{2E \cdot (1 + \chi^2)}},$$

где  $\chi = \frac{\eta\omega}{E}$ .

Используя выражения (4) и (6), приведем решение волнового уравнения (1) к следующему виду:

$$\psi(z, t) = [Me^{-(\alpha + ik)z} + Ne^{(\alpha + ik)z}]e^{i\omega t}. \quad (9)$$

Путем подстановки зависимости (9) в граничное условие (3), найдем взаимосвязь между комплексными амплитудами  $M$  и  $N$ :

$$M = N \frac{F(\alpha E - k\eta\omega) + m_2\omega^2 + iF(kE + \alpha\eta\omega)}{F((\alpha E - k\eta\omega) - m_2\omega^2) + iF(kE + \alpha\eta\omega)} \times e^{-2(\alpha + ik)H}. \quad (10)$$

Положим, что

$$\xi = F(kE + \alpha\eta\omega) \text{ и } \lambda = F(\alpha E - k\eta\omega). \quad (11)$$

Тогда выражение (10) будет иметь следующий вид:

$$M = N \frac{(\lambda + m_2\omega^2) + i\xi}{(\lambda - m_2\omega^2) + i\xi} e^{-2(\alpha + ik)H}. \quad (12)$$

Комплексную функцию, стоящую в знаменателе выражения (12) преобразуем в действительную функцию. Для этого умножим числитель и знаменатель выражения (12) на функцию, сопряженную знаменателю, т.е. на  $(\lambda - m_2\omega^2) - i\xi$ . Получим

$$M = N(\xi_1 - i\lambda_1) e^{-2(\alpha + ik)H}, \quad (13)$$

где

$$\xi_1 = \frac{\lambda^2 - m_2^2\omega^4 + \xi^2}{(\lambda - m_2\omega^2)^2 + \xi^2}; \quad (14)$$

$$\lambda_1 = \frac{2\xi m_2\omega^2}{(\lambda - m_2\omega^2)^2 + \xi^2}. \quad (15)$$

С учетом выражения (13) решение (11) преобразуется к следующему виду:

$$\psi(z, t) = M[(\xi_1 - i\lambda_1) e^{-2(\alpha + ik)H} e^{(\alpha + ik)z} + e^{-(\alpha + ik)z}] e^{i\omega t}. \quad (16)$$

Подставляя полученную зависимость (16) в выражение (2), найдем комплексную амплитуду  $N$ :

$$N = \frac{Q}{R_e + iR_i}. \quad (17)$$

Здесь  $R_e$  – действительная часть комплексной функции,

$$R_e = (c_3 - m\omega^2)[1 + e^{-2\alpha H} \lambda_2 \cos(2kH + \varphi_2)] +$$

$$+ EF[\alpha - Z_1 \cos(2kH - \varphi_1)] -$$

$$-\eta\omega F[k + Z_1 \sin(2kH - \varphi_1)]; \quad (18)$$

$R_i$  – коэффициент при мнимой части комплексной функции,

$$R_i = EF[k + Z_1 \sin(2kH - \varphi_1)] + \eta\omega F[\alpha -$$

$$-Z_1 \cos(2kH - \varphi_1) - (c_3 - m\omega^2) e^{-2\alpha H} \times \\ \times \lambda_2 \sin(2kH + \varphi_2)]; \quad (19)$$

$$Z_1 = e^{-2\alpha H} (\alpha \xi_1 + k\lambda_1) \sqrt{\left(\frac{k\xi_1 - \alpha\lambda_1}{\alpha\xi_1 + k\lambda_1}\right)^2 + 1}$$

$$\lambda_2 = \sqrt{\lambda_1^2 + \xi_1^2};$$

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{k\xi_1 - \alpha\lambda_1}{\alpha\xi_1 + k\lambda_1}; \quad \varphi_2 = \operatorname{arctg} \frac{\lambda_1}{\xi_1}.$$

Подставляя комплексную амплитуду  $N$  (17) в выражение (16), приведем значение функции  $\psi(z, t)$  к следующему виду:

$$\psi(z, t) = N \frac{Q}{R_e + iR_i} \times \quad (20)$$

$$\times [(\xi_1 - i\lambda_1) e^{-\alpha(2H-z)} e^{-ik(2H-z)} + e^{-\alpha z} e^{-ikz}] e^{i\omega t}.$$

Умножая числитель и знаменатель зависимости (20) на функцию, сопряженную знаменателю этого выражения, и, выделяя при этом из полученного выражения мнимую часть комплексной функции, найдем решение уравнения (1), описывающего колебания изучаемой динамической системы в следующей форме:

$$\psi(z, t) = \frac{Q}{\sqrt{R_e^2 + R_i^2}} \{ \lambda_2 e^{-\alpha(2H-z)} \times \\ \times \cos[k(2H-z) + \varphi_2] + e^{-\alpha z} \cos kz \} \sin(\omega t - \theta) - \\ - \{ \lambda_2 e^{-\alpha(2H-z)} \sin[k(2H-z) + \varphi_2] + \\ + e^{-\alpha z} \sin kz \} \cos(\omega t - \theta), \quad (21)$$

где  $\theta$  – угол сдвига фаз между коэффициентом при мнимой части и действительной частью комплексной функции:

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{R_i}{R_e}.$$

Таким образом, на основании решения волнового уравнения колебаний (1) получена закономерность (19), при помощи которой описывается поведение рассматриваемой динамической системы в зависимости от частоты и амплитуды возмущающих сил вибровозбудителей колебаний, физико-механических свойств формуемой смеси, толщины формуемого слоя, массы вибрирующей рамы и массы пригрузочной плиты, жесткости амортизаторов. При  $0 < z < H$  зависимость (21) описывает распростра-

нения волн деформаций в уплотняемой среде.

При координате  $z = 0$  зависимость (21) описывает закон движения нижнего слоя уплотняемой смеси, днища формы и вибрирующей рамы виброплощадки,

$$\psi(0, t) = \frac{Q}{\sqrt{R_e^2 + R_i^2}} \times \\ \times \sqrt{\lambda_2^2 e^{-4\alpha H} + 2\lambda_2 e^{-2\alpha H} \cos(2kH + \varphi_2) + 1} \times \\ \times \sin(\omega t - \theta_1), \quad (22)$$

а при  $z = H$  – закон движения верхнего слоя формуемой смеси и пригрузочной плиты, т.е.

$$\psi(H, t) = \frac{Q \sqrt{\lambda_2^2 + 2\lambda_2 \cos \varphi_2 + 1}}{\sqrt{R_e^2 + R_i^2}} e^{-\alpha H} \times \\ \times \sin(\omega t - \theta_2). \quad (23)$$

Здесь

$$\theta_1 = \operatorname{arctg} \frac{R_i}{R_e} + \operatorname{arctg} \frac{\lambda_2 e^{-2\alpha H} \sin(2kH + \varphi_2)}{\lambda_2 e^{-2\alpha H} \cos(2kH + \varphi_2) + 1};$$

$$\theta_2 = \operatorname{arctg} \frac{R_i}{R_e} + \operatorname{arctg} \frac{\lambda_2 \sin(2kH + \varphi_2) + \sin kH}{\lambda_2 \cos(2kH + \varphi_2) + \cos kH}.$$

После преобразования выражения (21) получим закономерность движения рассматриваемой динамической системы в более компактном виде, удобном для проведения анализа и построения модели на ПЭВМ:

$$\psi(z, t) = A(z) \sin[\omega t - \theta_3(z)], \quad (24)$$

где  $A(z)$  – амплитуда деформаций формуемого слоя бетонной смеси, изменяемая по координате  $z$ ,

$$A(z) = \frac{Q}{\sqrt{R_e^2 + R_i^2}} \left\{ \lambda_2^2 e^{-2\alpha(2H-z)} + e^{-2\alpha z} + \right. \\ \left. + \lambda_2^2 e^{-2\alpha(2H-z)} \cos[k(2H-z) + \varphi_2] \right\}^{0,5}; \quad (25)$$

$\theta_3(z)$  – сдвиг фаз между амплитудой возмущающих сил и перемещением определенного слоя формуемой смеси при координате  $z$ ,

$$\theta_3(z) = \operatorname{arctg} \frac{R_i}{R_e} + \\ + \operatorname{arctg} \frac{\lambda_2 e^{-2\alpha H} \sin[k(2H-z) + \varphi_2] + e^{-2\alpha z} \sin kz}{\lambda_2 e^{-2\alpha H} \cos[k(2H-z) + \varphi_2] + e^{-2\alpha z} \cos kz}.$$

Из анализа выражений (21)–(25) следует, что деформация уплотняемого виброустройством

ем бетонного слоя изменятся волнообразно и зависит от физико-механических характеристик формуемой смеси, амплитуды и угловой частоты вынужденных колебаний, толщины уплотняемого слоя, массы пригруза, координаты  $z$  и времени  $t$ . При этом в уплотняемом слое возникают нормальные напряжения, величина которых определяется законом распространения волн деформаций в бетонной среде, относительной деформацией и силой тяжести формуемого слоя и пригрузочной плиты.

Напряжения, возникающие в уплотняемом слое, определим путем подстановки закона деформирования уплотняемого слоя бетонной смеси (21) в следующее уравнение:

$$\sigma_1(z, t) = E \frac{\partial u(z, t)}{\partial z} + \eta \frac{\partial^2 u(z, t)}{\partial z \partial t}, \quad (26)$$

т.е.

$$\begin{aligned} \sigma_1(z, t) = & -Q \sqrt{(k^2 + \alpha^2) \frac{E^2 + \eta^2 \omega^2}{R_e^2 + R_i^2}} \times \\ & \times \left\{ \lambda_2^2 e^{-2\alpha(2H-z)} + e^{-2\alpha z} - 2\lambda_2 e^{-2\alpha H} \times \right. \\ & \left. \times \cos[2k(H-z) + \varphi_2] \right\} \cos[\omega t - \theta_4 - \theta_5(z)], \quad (27) \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} \theta_5(z) = & \varphi_3 + \operatorname{arctg} \left\{ \lambda_2 e^{-2\alpha H} \cos[k(2H-z) + \varphi_2 - \varphi_3] - \right. \\ & \left. - e^{-\alpha z} \cos(kz - \varphi_3) \right\} / \left\{ \lambda_2 e^{-2\alpha H} \times \right. \\ & \left. \times \cos[k(2H-z) + \varphi_2 - \varphi_3] - e^{-\alpha z} \cos(kz - \varphi_3) \right\}; \quad (27) \end{aligned}$$

$$\theta_4 = \operatorname{arctg} \frac{R_i}{R_e} + \operatorname{arctg} \frac{\alpha}{k}; \quad \varphi_3 = \operatorname{arctg} \frac{\eta \omega}{E}.$$

Также в уплотняемом слое возникают напряжения от собственной силы тяжести формуемого слоя и силы тяжести пригрузочной плиты:

$$\sigma_2(z, t) = -\rho g(H-z) - \frac{m_2 g}{F}. \quad (28)$$

Используя выражения (30) и (32), найдем общую величину напряжений, возникающих в формуемом бетонном слое при вибрационном уплотнении на виброплощадке с вертикальными колебаниями и пригрузочной плитой:

$$\sigma(z, t) = \sigma_1(z, t) + \sigma_2(z, t). \quad (29)$$

Напряжения, возникающие в структурных связях бетонной смеси от действия инерционных сил и сил тяжести элементарных частиц бетонной смеси, определяются из следующего выражения:

$$\sigma_3(z, t) = \rho \left[ \frac{\partial^2 \psi(z, t)}{\partial t^2} - g \right] (H-z) =$$

$$= -\rho \left\{ A(z) \omega^2 \sin[\omega t - \theta_3(z)] + g \right\} (H-z). \quad (30)$$

**ВЫВОДЫ.** Анализ полученных зависимостей показывает, что существенное влияние на амплитуду колебаний подвижной рамы виброплощадки и амплитуду напряжений оказывают консистенция цементобетонной смеси, толщина уплотняемого слоя, его плотность и величина пригруза. С увеличением толщины уплотняемого слоя  $H$  и коэффициента относительной пластической деформации цементобетонной смеси амплитуда колебаний вибронной рамы виброплощадки уменьшается, а амплитуда напряжений, возникающих в основании уплотняемого слоя, возрастает и тем интенсивнее, чем больше величина пригруза. Величина напряжений, возникающих на поверхности уплотняемого слоя, практически не зависит от коэффициента относительной пластической деформации цементобетонной смеси, незначительно зависит от толщины уплотняемого слоя и существенно зависит только от величины пригруза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вибрационные машины и процессы в строительстве / В.А. Бауман, И.И. Быховский. – М.: Высш. школа, 1977. – 255 с.
2. Исследование процесса уплотнения цементобетонной смеси на вибронной площадке с вертикально направленными колебаниями / А.Г. Маслов, А.Ф. Иткин // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2004. – Вип. 6/2004 (29). – С. 86–91.
3. Сравнение теоретических и экспериментальных данных исследований виброплощадок с вертикально направленными колебаниями / А.Ф. Иткин, А.Г. Маслов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2007. – Вип. 1/2007 (42), част. 2. – С. 19–23.
4. Вибрационные машины для приготовления и уплотнения бетонных смесей / А.Г. Маслов, А.Ф. Иткин, Ю.С. Саленко. – Кременчук: ЧП Щербатых А.В., 2014. – 324 с.
5. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. – Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э. Лавендела. – М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.
6. Теоретические основы вибрационного уплотнения цементобетонных смесей / А.Г. Маслов, А.Ф. Иткин // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 5/2004 (28). – С. 45–49.
7. Румянцев С.А. Динамика переходных процессов и самосинхронизация движений вибрационных машин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 135 с.
8. Филиппов А.П. Колебания деформируемых систем. – М.: Машиностроение, 1970. – 736 с.
9. Маслов А.Г. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве / А.Г. Маслов, В.М. Пономарь. – К.: Будівельник, 1985. – 128 с.

**THE STUDY OF VIBRATION PLATFORMS WITH VERTICAL  
FLUCTUATIONS AND CANTLEDGE PLATE**

**A. Itkin**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

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

The design and principle of operation of the vibration platform with vertical fluctuations and plate for supporting intended for the molding of concrete products from tough cement concrete mixtures are described. The wave equation of oscillations of a concrete environment in the vertical direction is compiled. It is found the boundary conditions describing the interaction of the sealing medium from the bottom of the form and the interaction of the sealing medium from the cantledge plate. Regularity of wave propagation of deformations in the sealing medium is determined. The dependences describing the forced vibrations of a vibrating frame vibroblade and cantledge plate are received. It is derived dependences allowing to determine the stress-strain state of the sealing medium and to set the intensity of vibration exposure on the processed medium depending on the physico-mechanical characteristics of the concrete mix, the main parameters of the vibration installation, the presence of the cantledge plate and thickness of the treated layer.

**Key words:** vibration platform, sealed environment, the law of motion, tension.

REFERENCES

1. Bauman, V.A., Bykhovsky, I.I. (1977), *Vibratsionnyie mashinyi i protsessyi v stroitelstve* [Vibrating machines and processes in the construction], Vyschcha shkola, Moscow, Russia.
2. Maslov, A.G., Itkin, A.F., (2004), "Investigation of the process seal cement-concrete mixtures on the vibration platform with vertical vibrations", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 6 (29), pp. 86–91.
3. Itkin, A.F., Maslov, A.G. (2007), "Comparison of theoretical and experimental research data of vibroplatforms with vertical vibrations", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 2/(42), part 2, pp. 19–23.
4. Maslov, A.G., Itkin, A.F., Salenko, Y.S. (2014), Vibrating machines for the preparation and compaction of concrete mixes, PP Cherbatyh, Kremenchuk, Ukraine.
5. *Vibratsii v tehnike: Spravochnik. V 6-ti t.* [Vibration technique: Handbook. In 6 m]., (1981), vol. 4, Vibrating machines and processes, Mechanical Engineering, Moscow, Russia.
6. Maslov, A.G., Itkin, A.F. (2004), "Theoretical Foundations of vibratory compaction of cement-concrete mixture", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 5(28), pp. 45–49.
7. Rummyantsev, S.A. (2003), *Dinamika perehodnyih protsessov i samosinhronizatsiya dvizheniy vibratsionnyih mashin* [Dynamics of transient and self-synchronization of movements of vibrating machines], Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia.
8. Filippov, A.P. (1970), *Kolebaniya deformiruemiyh sistem* [Fluctuations deformable systems], Engineering, Moscow, Russia.
9. Maslov, A.G., Ponomar, V.M. (1985), *Vibratsionnyie mashinyi i protsessyi v dorozhnom stroitelstve* [Vibrating machines and processes in road construction], Budivelnik, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла 16.01.2015.