

ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ВИБРАЦИОННОЙ ПЛИТЫ САМОХОДНОЙ ВИБРОУПЛОТНЯЮЩЕЙ МАШИНЫ В РАБОЧЕМ РЕЖИМЕ

А. Г. Маслов, И. И. Жовтяк

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, м. Кременчуг, Украина. E-mail: inn4321@yandex.ru

Разработана вибрационная плита самоходной вибрационной машины для уплотнения бетонных смесей. Составлена математическая модель динамической системы «Вибрационная плита – уплотняемая среда», в которой последняя представлена в виде дискретно-континуальной системы с непрерывно изменяющимися параметрами. Проведены исследования рассматриваемой динамической системы в рабочем режиме. Движение вибрационной плиты самоходной виброуплотняющей машины представлено в виде сложных пространственных колебаний, состоящих из вертикальных, горизонтальных и крутильных колебаний. Определены законы движения днища виброплиты, взаимодействующей с бетонной смесью в вертикальном направлении и горизонтальной плоскости, в зависимости от физико-механических характеристик уплотняемой среды, толщины уплотняемого слоя, угловой частоты колебаний и геометрических параметров виброплиты и упругой подвески. Приведенные зависимости позволяют обосновать рациональные параметры самоходной вибрационной машины и обоснованно выбрать рациональные режимы работы.

Ключевые слова: вибрационная плита, колебания, уплотняемая среда.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ВІБРАЦІЙНОЇ ПЛИТИ САМОХІДНОЇ ВІБРОУЩІЛЬНЮЮЧОЇ МАШИНИ У РОБОЧОМУ РЕЖИМІ

О. Г. Маслов, І. І. Жовтяк

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: inn4321@yandex.ru

На основі аналізу існуючих методів ущільнення та конструктивного пристрою ущільнюючих засобів запропонована нова конструкція вібраційної плити з двома віброзбудниками коливань, що синхронно обертаються, з різними амплітудами збурюючих сил. Описано принцип роботи. Складено математичну модель динамічної системи «Вібраційна плита – ущільнюване середовище», в якій останнє представлено у вигляді дискретно-континуальної системи з безперервно змінними параметрами. У процесі роботи вібраційна плита взаємодіє з бетонною сумішшю, властивості якої представлені середніми коефіцієнтами жорсткості, які характеризують пружні властивості бетонної суміші відповідно при її взаємодії з передньою та задньою частинами днища вібраційної плити, причому днище умовно розділене на передню і задню частини відносно його середини. Дисипативні властивості бетонної суміші під передньою і задньою частинами днища вібраційної плити у вертикальному напрямку представлені коефіцієнтами непружного опору. Використовуючи метод чисельного інтегрування, були визначені значення середніх коефіцієнтів жорсткості, динамічного модуля пружної деформації, коефіцієнта динамічної в'язкості і щільності бетонної суміші під передньою і задньою частинами днища вібраційної плити. Проведено дослідження розглянутої динамічної системи в робочому режимі. Складено рівняння руху, що описують складні просторові коливання вібраційної плити самохідної виброущільнювальної машини у вигляді одночасно діючих вертикальних, горизонтальних і кутових (крутильних) коливань. Визначено закони коливань центру тяжіння виброплити у вертикальному і горизонтальному напрямках, а також закони коливань крутильних коливань відносно центру тяжіння виброплити при її взаємодії з ущільнюваним середовищем. Визначено закони руху днища виброплити, взаємодіючої з бетонною сумішшю у вертикальному напрямку і горизонтальній площині, залежно від фізико-механічних характеристик ущільнюваного середовища, товщини ущільнюваного шару, кутової частоти коливань, геометричних параметрів виброплити та пружної підвіски виброплити до базової машини. Наведено аналіз отриманих рішень. Отримані аналітичні залежності дозволяють обґрунтувати раціональні параметри самохідної вібраційної машини, вибрати раціональний метод вібраційного впливу на ущільнюване середовище і відповідний режим роботи залежно від консистенції бетонної суміші і товщини ущільнюваного шару.

Ключові слова: вібраційна плита, взаємодія, ущільнюване середовище.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Настоящее время требует создания высокоэффективных и малознергоемких вибрационных машин, предназначенных для изготовления бетонных изделий с высокой производительностью. Существующие вибрационные машины, в виде вибрационных прессов [1] и виброплощадок [2, 3] имеют сложную конструкцию и повышенную энергоемкость, а самоходные виброуплотняющие машины [4], не обеспечивают проработку больших толщин уплотняемого слоя бетона. При исследовании рабочего режима самоходной виброуплотняющей машины бетонную смесь представляют

реологической моделью в виде упругой модели Гука, вязкого тела, описываемого моделью Ньютона, вязкоупругого тела в виде модели Кельвина – Фогта или Максвелла [5–7]. Из всех перечисленных реологических моделей наиболее точные результаты дают реологические модели, которые учитывают упругие, инерционные и диссипативные силы, действующие со стороны бетонной смеси на вибрационную плиту самоходной уплотняющей машины [8].

Цель работы – исследование процесса колебаний вибрационной плиты самоходной виброуплотняющей машины в рабочем режиме.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для исследования колебаний перемещающейся вибративной плиты в горизонтальном направлении со скоростью V и взаимодействующей с уплотняемой средой, рассмотрим расчетную схему динамической системы «вибративная плита – уплотняемая среда» (рис. 1). Колебания изучаемой динамической системы будем рассматривать при действии вибровозбудителей круговых колебаний, дебалансы которых создают круговую возмущающую силу с амплитудами Q_1 и Q_2 . Каждую из этих сил можно разложить на две составляющие: вертикальные $Q_1 \sin \omega t$, $Q_2 \sin \omega t$ и горизонтальные $Q_1 \cos \omega t$, $Q_2 \cos \omega t$. В процессе работы вибрати-

онная плита взаимодействует с бетонной смесью, свойства которой представлены средними коэффициентами жесткости c_1 и c_2 , которые характеризуют упругие свойства бетонной смеси в вертикальном направлении соответственно при её взаимодействии с передней и задней частями днища вибративной плиты. Диссипативные свойства бетонной смеси под передней и задней частями днища вибративной плиты в вертикальном направлении можно представить коэффициентами неупругого сопротивления μ_1 и μ_2 . При этом днище условно разделено на переднюю и заднюю части относительно его середины.

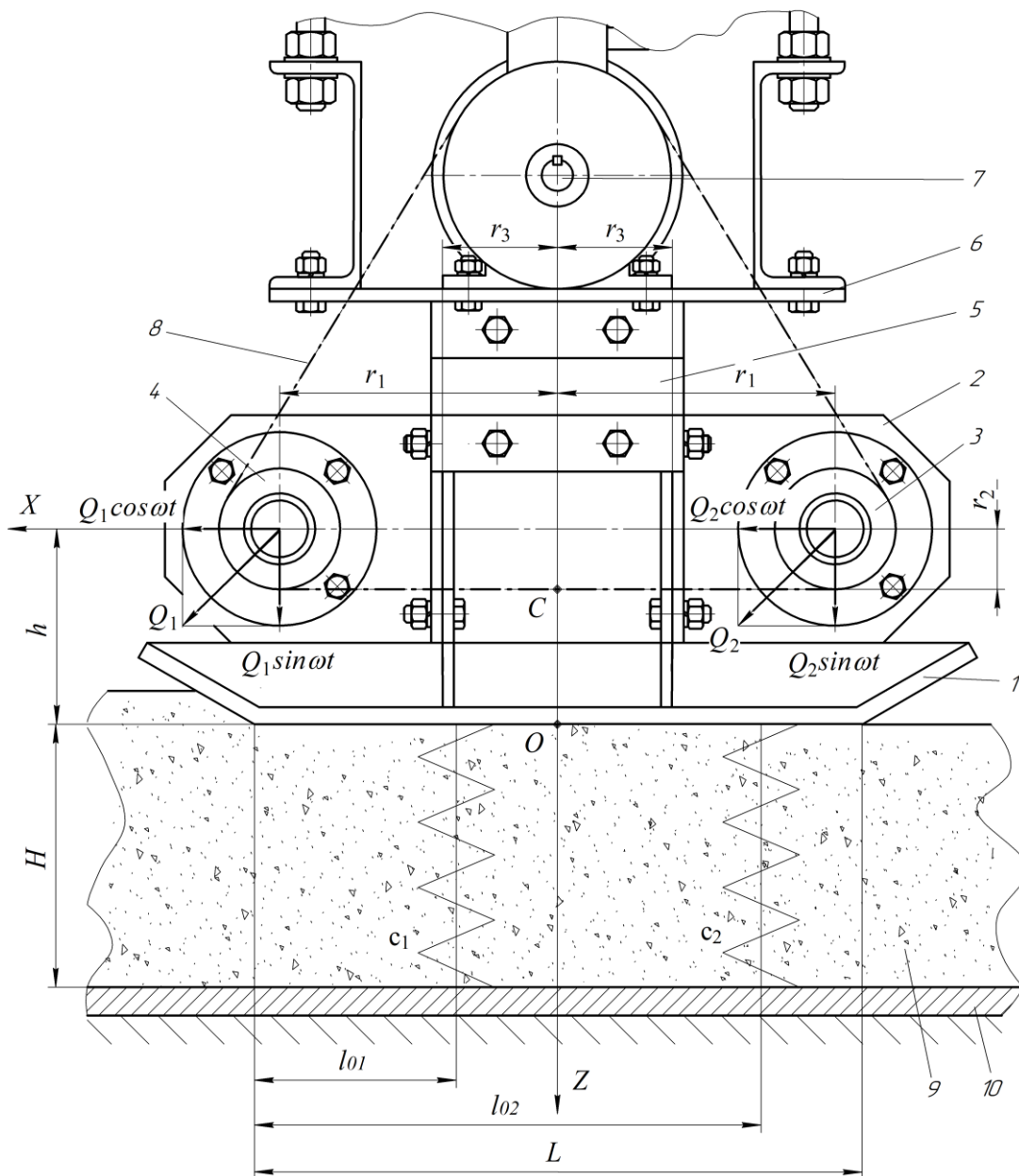


Рисунок 1 – расчетная схема динамической системы «вибративная плита – уплотняемая среда»: 1 – вибративная плита; 2 – опора вибровозбудителя колебаний; 3 – основной вибровозбудитель круговых колебаний; 4 – дополнительный вибровозбудитель круговых колебаний; 5 – упругие амортизаторы; 6 – опорная рама; 7 – электродвигатель; 8 – цепная передача; 9 – бетонная смесь; 10 – недеформируемое основание

Для вычисления средних значений c_1 и c_2 , μ_1 и μ_2 используем дискретные зависимости, полученные при исследовании распространения волн колебаний в уплотняемой среде, представленной в виде системы с распределенными параметрами [9]:

$$c = kEFctgkH; \quad (1)$$

$$\mu = 0,5\eta F, \quad (2)$$

где k – волновое число,

$$k = \sqrt{\frac{\eta^2 \omega^2}{4E^2} + \frac{\rho \omega^2}{E}}; \quad (3)$$

где E – динамический модуль упругой деформации элементарного уплотняемого объема;

$$E = E_0 [1 + z_1 \cdot \varepsilon^2]; \quad (4)$$

где E_0 – динамический модуль упругой деформации неуплотненного слоя смеси при плотности ρ_0 ; z_1 и z_2 – показатели, принимаемые равными $z_1 = 4$ и $z_2 = 2$ для тяжелых бетонных смесей при осадке конуса 3,5...4 см (эквивалентная жесткость смеси $G_e = 5 - 7$ с) и жесткости $G_e = 30...120$ с [9]; ε – относительная плотность бетонной смеси,

$$\varepsilon = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_k - \rho_0}; \quad (5)$$

где F – площадь дна вибративной плиты, контактирующая с поверхностью объема уплотняемого слоя; H – высота уплотняемого слоя; η – коэффициент неупругого сопротивления уплотняемого объема, учитывающий внутреннее трение минеральных частиц в уплотняемой смеси, затраты энергии на разрушение внутренних связей, вытеснение воздуха, переориентацию частиц и другие явления в уплотняемой среде, сопровождающие вибративное уплотнение [9]:

$$\eta = K_1 H e^{f_1} \sqrt{E \rho}; \quad (6)$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности, $K_1 = 0,05$; f_1 – коэффициент внутреннего трения бетонной смеси при вибративном воздействии; ω – угловая частота вынужденных колебаний; ρ – плотность бетонной смеси в уплотняемом объеме.

Для определения средних коэффициентов жесткости c_1 и c_2 , разобьем весь объем бетонной смеси, находящийся под виброплитой на n элементарных объемов одинаковой ширины и последовательно произведем вычисления удельных значений коэффициента жесткости c_{yi} для n значений относительной плотности бетонной смеси ε_i , равномерно изменяющихся в диапазоне от 0 до 1 [10]. Для инженерных расчетов вполне достаточно принять количество разбиений $n = 16, 18, 20$ [10].

Используя метод численного интегрирования, определим значения средних коэффициентов жесткости c_1 и c_2 :

$$c_1 = \frac{0,5F}{0,5n+1} \cdot \sum_{i=1}^{0,5n+1} c_{yi} = \frac{0,5F}{0,5n+1} \cdot \sum_{i=1}^{0,5n+1} E_i k_i ctg K_1 H. \quad (7)$$

$$c_2 = \frac{0,5F}{0,5n+1} \cdot \sum_{i=0,5n+1}^{n+1} c_{yi} = \frac{0,5F}{0,5n+1} \cdot \sum_{i=0,5n+1}^{n+1} E_i k_i ctg K_1 H. \quad (8)$$

Определим среднюю относительную деформацию уплотняемой смеси, соответствующую значениям коэффициентов жесткости c_1 и c_2 :

$$\varepsilon_1 = \frac{\sum_{i=1}^{0,5n+1} \varepsilon_i (E_i k_i ctg k_i H)}{\sum_{i=1}^{0,5n+1} (E_i k_i ctg k_i H)}; \quad (9)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\sum_{i=0,5n+1}^{n+1} \varepsilon_i (E_i k_i ctg k_i H)}{\sum_{i=0,5n+1}^{n+1} (E_i k_i ctg k_i H)}. \quad (10)$$

Подставляя найденные значения ε_1 и ε_2 определим среднюю плотность бетонной среды при этих значениях:

$$\rho_1 = \rho_0 + \varepsilon_1 (\rho_k - \rho_0); \quad (11)$$

$$\rho_2 = \rho_0 + \varepsilon_2 (\rho_k - \rho_0). \quad (12)$$

Используя выражения (4), (5), (6), (11) и (12) определим средние значения динамического модуля упругой деформации E_1 и E_2 , а также коэффициенты неупругого сопротивления уплотняемого объема, η_1 и η_2 под передней и задней частями виброплиты:

$$E_1 = E_0 \left[1 + z_1 \cdot \left(\frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_k - \rho_0} \right)^{z_2} \right]; \quad (13)$$

$$E_2 = E_0 \left[1 + z_1 \cdot \left(\frac{\rho_2 - \rho_0}{\rho_k - \rho_0} \right)^{z_2} \right]; \quad (14)$$

$$\mu_1 = 0,5 K_1 H e^{f_1} \sqrt{E_1 \rho_1}; \quad (15)$$

$$\mu_2 = 0,5 K_1 H e^{f_1} \sqrt{E_2 \rho_2}. \quad (16)$$

Расстояния от передней кромки дна вибративной плиты до равнодействующей упругих сил сопротивления под передней и задней частями

днища вибратонной плиты будут соответственно равны:

$$l_{01} = \varepsilon_1 L; \quad l_{02} = \varepsilon_2 L. \quad (17)$$

В результате действия возмущающей силы движение виброплиты представим в виде прямолинейных колебаний её центра тяжести O в направлении координатных осей Z и X в сочетании с угловыми колебаниями относительно координатной оси Y , проходящей через центр тяжести виброплиты (рис. 1). При этом движение виброплиты можно описать следующей системой уравнений:

– перемещение по вертикали в направлении координатной оси Z :

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + (b_z + \mu_{bz}) \frac{dz}{dt} + (c_z + c_{bz}) z = (Q_1 + Q_2) \sin \omega t; \quad (18)$$

– перемещение по горизонтали в направлении координатной оси X :

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + (b_x + \mu_{bx}) \frac{dx}{dt} + (c_x + c_{bx}) x = (Q_1 + Q_2) \cos \omega t; \quad (19)$$

– угловое перемещение относительно координатной оси Y :

$$J \frac{d^2 \psi}{dt^2} + (n + n_b) \frac{d\psi}{dt} + (\theta + \theta_b) \cdot \psi = (Q_1 - Q_2) \cdot r_1 \sin \omega t + (Q_1 + Q_2) \cdot r_2 \cos \omega t, \quad (20)$$

где m – масса вибратонной плиты; z и x – перемещения вибратонной плиты в вертикальном и горизонтальном направлении соответственно; c_z , c_x и b_z , b_x – коэффициенты жесткости и неупругого сопротивления упругой подвески соответственно в вертикальном и горизонтальном направлении; c_{bz} – коэффициент упругой жесткости бетонной смеси в вертикальном направлении,

$$c_{bz} = c_1 + c_2; \quad (21)$$

где μ_{bz} – коэффициент неупругого сопротивления бетонной смеси в вертикальном направлении;

$$\mu_{bz} = \mu_1 + \mu_2; \quad (22)$$

где c_{bx} и b_{bx} – коэффициенты упругой жесткости и неупругого сопротивления бетонной смеси в горизонтальном направлении,

$$c_{bx} = \frac{c_{bz}}{2(1-\nu)}; \quad (23)$$

$$b_{bx} = \frac{b_{bz}}{2(1-\nu)}; \quad (24)$$

где ν – коэффициент Пуассона; J – массовый момент инерции вибратонной плиты, относительно ее центра тяжести; θ и n – коэффициенты крутильной жесткости и диссипации амортизаторов при угловых перемещениях динамической системы относительно координатной оси Y ; θ_b и n_b – коэффициенты угловой жесткости и диссипации бетонной смеси при угловых перемещениях динамической системы относительно координатной оси Y ,

$$\theta_b = c_1(0,5l - l_{01})^2 + c_2(l_{02} - 0,5l)^2; \quad (25)$$

$$n_b = \mu_1(0,5l - l_{01})^2 + \mu_2(l_{02} - 0,5l)^2. \quad (26)$$

Решение уравнения (18) можно представить в следующем виде:

$$z = A_{0z} \sin(\omega t - \varphi_{0z}), \quad (27)$$

где A_{0z} – амплитуда колебаний центра тяжести виброплиты в вертикальном направлении,

$$A_{0z} = \frac{Q_1 + Q_2}{\sqrt{(c_z + c_{bz} - m\omega^2)^2 + (b_z + \mu_{bz})^2 \omega^2}}; \quad (28)$$

где φ_{0z} – угол сдвига фаз между амплитудой возмущающей силы и амплитудой колебаний центра тяжести вибратонной плиты в вертикальном направлении,

$$\varphi_{0z} = \arctg \frac{b_z + \mu_{bz}}{c_z + c_{bz} - m\omega^2}. \quad (29)$$

Используя уравнение (19), найдем движение вибратонной плиты в горизонтальном направлении вдоль координатной оси X в следующем виде:

$$x = A_{0x} \sin(\omega t - \varphi_{0x}), \quad (30)$$

где A_{0x} – амплитуда колебаний центра тяжести вибратонной плиты в горизонтальном направлении,

$$A_{0x} = \frac{Q_1 + Q_2}{\sqrt{(c_x + c_{bx} - m\omega^2)^2 + (b_x + \mu_{bx})^2 \omega^2}}; \quad (31)$$

где φ_{0x} – угол сдвига фаз между амплитудой возмущающей силы и амплитудой колебаний центра тяжести вибратонной плиты в горизонтальном направлении,

$$\varphi_{0x} = \arctg \frac{b_x + \mu_{bx}}{c_x + c_{bx} - m\omega^2}. \quad (32)$$

Решая уравнение (20), определим закон угловых колебаний вибрационной плиты относительно её центра тяжести, т.е.

$$\psi = \Psi_1 \sin(\omega t - \xi) + \Psi_2 \cos(\omega t - \xi), \quad (33)$$

где Ψ_1 и Ψ_2 – амплитуды угловых колебаний вибрационной плиты относительно её центра тяжести,

$$\Psi_1 = \frac{(Q_1 - Q_2) \cdot r_1}{\sqrt{(\theta + \theta_b - J\omega^2)^2 + (n + n_b)^2 \omega^2}}; \quad (34)$$

$$\Psi_2 = \frac{(Q_1 + Q_2) \cdot r_2}{\sqrt{(\theta + \theta_b - J\omega^2)^2 + (n + n_b)^2 \omega^2}}; \quad (35)$$

где ξ – угол сдвига фаз между амплитудами моментов возмущающих сил и амплитудами угловых колебаний относительно центра тяжести вибрационной плиты,

$$\varphi_{ox} = \arctg \frac{n + n_b}{\theta + \theta_b - J\omega^2}. \quad (36)$$

Преобразовывая выражение (33), определим закон угловых колебаний вибрационной плиты относительно её центра тяжести в следующем виде:

$$\psi(t) = \Psi_s \cos(\omega t - \xi - \xi_s), \quad (37)$$

где Ψ_s – суммарная амплитуда угловых колебаний,

$$\Psi_s = \sqrt{\Psi_1^2 + \Psi_2^2}; \quad (38)$$

где ξ_s – угол сдвига фаз между амплитудами моментов возмущающих сил и суммарной амплитудой угловых колебаний относительно центра тяжести вибрационной плиты

$$\xi_s = \arctg \frac{\Psi_1}{\Psi_2}. \quad (39)$$

Используя выражения (27), (30) и (37) определим законы движения днища виброплиты:

– в вертикальном направлении:

$$Z_d(t) = A_{0z} \sin(\omega t - \varphi_{0z}) + x \cdot \Psi_s \cos(\omega t - \xi - \xi_s) \quad (40)$$

при $-0,5L \leq x \leq 0,5L$

– в горизонтальном направлении:

$$X_d(t) = A_{0x} \cos(\omega t - \varphi_{0x}) + h \cdot \Psi_s \cos(\omega t - \xi - \xi_s). \quad (41)$$

Полученные зависимости (28), (31), (37), (40) и (41) позволяют установить закон колебаний вибрационной плиты, обеспечивающий эффективное уплотнение умеренно жестких, жестких и сверхжестких бетонных смесей с высокой производительностью до значений, требуемых технологическими нормами. Они позволяют, на основании учета реальных физико-механических характеристик уплотняемой среды, определить рациональные параметры вибрационной машины и режимы вибрационного воздействия на уплотняемую смесь.

ВЫВОДЫ. Разработана вибрационная плита самоходной вибрационной машины для уплотнения бетонных смесей. Составлена математическая модель динамической системы вибрационной плиты самоходной вибрационной машины и проведены ее исследования в рабочем режиме. Определены законы движения днища виброплиты, взаимодействующей с бетонной смесью в вертикальном направлении и горизонтальной плоскости, в зависимости от физико-механических характеристик уплотняемой среды, толщины уплотняемого слоя, угловой частоты колебаний и геометрических параметров виброплиты и упругой подвески. Приведенные зависимости позволяют обосновать рациональные параметры самоходной вибрационной машины и обоснованно выбрать рациональные режимы работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков С.А., Евтюков С.А. Строительные машины. СПб.: ДНК, 2012. 597 с.
2. Назаренко І.І. Машины для виробництва будівельних матеріалів. К.: КНУБА, 1999. 544 с.
3. Иткин А.Ф. Вибрационные машины для формирования бетонных изделий. К.: «МП Леся», 2009. 152 с.
4. Маслов А.Г., Саленко Ю.С., Маслова Н.А. Исследование взаимодействия вибрирующей плиты с цементобетонной смесью. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2011. Вип. 2 (67), частина 1. С. 93–98.
5. Жанар Батсайхан. Исследование взаимодействия вибрационной плиты рабочего органа с уплотняемой средой. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2015. Вип. 1 (90), частина 1. С. 92–97.
6. Chen X., Wu S., Zhou J. Experimental study and analytical formulation of mechanical behavior of concrete. Construction and Buildings Materials. 2013. Vol. 47. PP. 662–670.
7. P.F.G. Banfill, et al. Rheology and vibration of fresh concrete: Predicting the radius of action of poker vibrators from wave propagation. Cement and Concrete Research. 2011. Vol. 41, № 9. PP. 932–941.
8. Hu C., Larrard F. The Rheology of Fresh High-Performance Concrete. Cement and Concrete Research. 1996. Vol. 26, № 2. PP. 283–294.
9. Маслов А.Г., Саленко Ю.С., Жовтяк І.І. Исследование взаимодействия вибрационной плиты рабочего органа с уплотняемой бетонной смесью. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2016. Вип.5(100). С. 51–57.

10. 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, 2015. Вип. 2 (91), частина 1. С. 92–97.

RESEARCH OF FLUCTUATIONS OF THE VIBRATION PLATE SELF-PROPELLED THE VIBROCONDENSING MACHINES IN THE OPERATING MODE

A. Maslov, I. Zhovtyak

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: inn4321@yandex.ru

Purpose. To study the process of oscillations of the vibrating plate self-propelled machine in operation, providing an effective seal ready mix concrete of different consistencies with high performance. **Methodology.** On the basis of the analysis of existing methods of compaction and the constructive device of compacting means, a new design of a vibration plate with two synchronously rotating vibration exciters with different amplitudes of disturbing forces is proposed. The principle of operation is described. The mathematical model of the dynamic system "Vibrational plate – compacted medium", in which the latter is represented as a discrete-continuum system with continuously changing parameters, is composed. In the process of work, the vibrating plate interacts with the concrete mixture, the properties of which are represented by average stiffness coefficients that characterize the elastic properties of the concrete mixture, respectively, when interacting with the front and rear parts of the bottom of the vibrating plate, and the bottom is conditionally divided into the front and rear parts relative to its middle. Dissipative properties of the concrete mix under the front and rear of the vibration plate bottom in the vertical direction are represented by inelastic drag coefficients. Using the method of numerical integration, the values of the mean stiffness coefficients, the dynamic modulus of elastic deformation, the dynamic viscosity coefficient and the density of the concrete mixture under the front and back of the bottom of the vibratory plate were determined. The studies of the considered dynamic system in working mode are carried out. The equations of motion describing the complex spatial oscillations of the vibration plate of the self-propelled vibrating compacting machine in the form of simultaneously acting vertical, horizontal and angular (torsional) vibrations. **Results.** The laws of vibrations of the center of gravity of the vibratory plate in vertical and horizontal directions, as well as the laws of vibrations of torsional vibrations relative to the center of gravity of the vibratory plate in its interaction with the compacted medium. The laws of motion of the vibration plate bottom interacting with the concrete mixture in the vertical direction and horizontal plane, depending on the physical and mechanical characteristics of the compacted medium, the thickness of the compacted layer, the angular frequency of oscillations, the geometric parameters of the vibration plate and the elastic suspension of the vibration plate to the base machine. The analysis of the obtained solutions is given. **Originality.** Theoretical expressions to accurately describe the behavior of the real dynamic system "vibration machine - compacted medium" in the molding of concrete products, both plastic and solid concrete mixtures, by applying spatial oscillations in the form of vertical, horizontal and torsional vibrations. **Practical value.** The obtained analytical dependences allow substantiate the rational parameters of the self-propelled vibrating machine, choose a rational method of vibration impact on the compacted medium and the appropriate mode of operation depending on the consistency of the concrete mixture and the thickness of the compacted layer. References 10, tables 0, figures 1.

Keywords: vibrating plate, the interaction of the sealing environment.

REFERENCES

1. Volkov, S.A., Evtuykov, S.A. (2012), *Stroitel'nye mashiny* [Construction machinery], "DNK", SPb, Russia.

2. Nazarenko, I.I. (1999), *Mashiny dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov* [Machines for the production of building materials], "KNUBA", Kyiv, Ukraine.

3. Itkin, A.F. (2009), *Vibratsionnyye mashiny dlya formovaniya betonnykh izdeliy* [Vibrating machines for molding concrete products], "Les MP", Kyiv, Ukraine.

4. 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. Kremenchug*: KRNU, Issue (67), pp. 93–98.

5. Batsaikhan, Zh. (2015), "Study of the interaction of the vibration plate working body with sealed medium", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. (90), pp. 92–97.

6. Chen, X., Wu, S., Zhou, J. (2013), "Experimental study and analytical formulation of mechanical behavior

of concrete", *Construction and Buildings Materials* 47, pp. 662–670.

7. Banfill, P.F.G. *et al.* (2011), "Rheology and vibration of fresh concrete: Predicting the radius of action of poker vibrators from wave propagation", *Cement and Concrete Research*, vol. 41, no. 9, pp. 932-941.

8. Hu, C., Larrard, F. (1996), "The Rheology of Fresh High-Performance Concrete", *Cement and Concrete Research*, V. 26, No. 2, pp. 283-294.

9. Maslov, A.G., Salenko, Y.S., Zhovtyak, I.I. (2014), "Study of the interaction of the vibrating plate of the working body with the sealing concrete mixture", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. (100), pp. 51–57.

10. Maslov, A.G., Batsaikhan, Zh. (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*, vol. (91), pp. 92 – 97.

Стаття надійшла 20.04.2018.