

УДК 693.95(075.8)

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИБРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

А.Г. Маслов, профессор, д.т.н., Ю.С. Саленко, доцент, к.т.н.,
Е.В. Стукота, аспирантка, Кременчугский национальный университет
имени Михаила Остроградского

Аннотация. Обоснована актуальность выполненных исследований. Описаны конструкция и принцип действия вибрационной установки для обработки строительных смесей. Определены рациональные параметры вибрационной установки. Установлены закономерности движения контейнера с обрабатываемой смесью в зависимости от основных параметров вибрационной установки и физико-механических характеристик обрабатываемой смеси.

Ключевые слова: установка, вибромеханическая обработка, строительные смеси, закон движения.

РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВІБРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

О.Г. Маслов, профессор, д.т.н., Ю.С. Саленко, доцент, к.т.н.,
О.В. Стукота, аспирантка, Кременчугський національний університет
імені Михайла Остроградського

Анотація. Обґрунтовано актуальність виконаних досліджень. Описано конструкцію і принцип дії вібраційної установки для обробки будівельних сумішей. Визначено раціональні параметри вібраційної установки. Встановлено закономірності руху контейнера з оброблюваною сумішшю залежно від основних параметрів вібраційної установки і фізико-механічних характеристик оброблюваної суміші.

Ключові слова: установка, вибромеханічна обробка, будівельні суміші, закон руху.

DEVELOPING A PLANT FOR VIBROMECHANICAL TREATING OF MORTARS

A. Maslov, Professor, Doctor of Engineering Sciences,
J. Salenko, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences,
E. Stukota, post-graduate, Kremenchuk National University

Abstract. Actuality of executed research has been substantiated. A design and principle of action of the vibration plant for treating mortars have been described. Rational parameters of the vibration plant have been determined. Tendencies in the motion of a container with the mixture being treated have been ascertained vs. basic parameters of the plant and physical-mechanical behaviour of the mixture.

Key words: plant, vibromechanical treatment, mortars, law of motion.

Введение

Создание установок для вибромеханической обработки строительных смесей, сочетаю-

щих в себе высокие показатели производительности и качества приготавливаемой смеси с их простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоемкости и энер-

гоемкости, является важной народнохозяйственной задачей. При этом важную роль в разработке таких установок играет интенсификация процесса относительного перемещения обрабатываемых частиц, точность определения энергоемкости процесса измельчения тонких фракций смеси и разрушения окисных пленок на поверхности крупных частиц и перемешивания всех составляющих смеси, что невозможно без точного определения законов движения рабочей емкости и смеси.

Анализ публикаций

Для вибромеханической обработки строительных смесей в большинстве случаев используются вращающиеся барабанные шаровые мельницы и вибрационные шаровые мельницы [1], которые имеют большую энергоемкость и металлоемкость, сложность конструкции и сравнительно невысокую производительность.

Поэтому выполнение исследований, направленных на создание высокоэффективных низкоэнергоемких вибрационных установок для обработки строительных смесей, является актуальным.

Цель и постановка задачи

Цель работы – разработка вибрационных установок для обработки строительных смесей в строительной индустрии: активации цемента, совместный помол цемента с другими материалами, получение безцементных вяжущих (известково-кремнеземистых и др.), производство сухих смесей, приготовление бетонных смесей.

Материал и результаты исследования

Предлагаемая вибрационная установка для обработки строительных смесей (рис. 1) включает подвижную раму 1, которая при помощи упругих амортизаторов 2 установлена на опорной раме 3. На подвижной раме 1 жестко закреплен вибровозбудитель круговых колебаний 4 и при помощи вертикальных стоек 5 смонтирован контейнер прямоугольной формы 6; при этом высота стоек 5 равна

$$h = \frac{m_2(a_2 + r)}{m_1} - a_1 + r, \quad (1)$$

где m_1 – масса подвижной рамы; m_2 – масса контейнера прямоугольной формы; a_1 – расстояние по вертикали от центра тяжести подвижной рамы до основания стоек; a_2 – расстояние по вертикали от центра тяжести контейнера прямоугольной формы до верхнего торца стоек; r – расстояние по вертикали от центра тяжести всей подвижной массы вибрационной мельницы до верхнего торца стоек, $h = (0,1 \dots 0,3)B$; B – ширина контейнера прямоугольной формы.

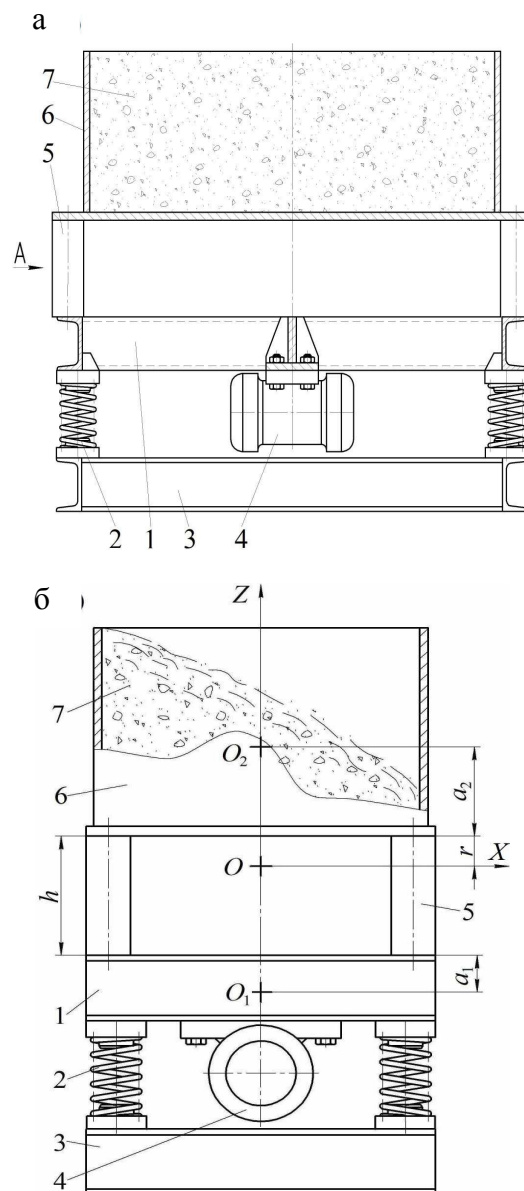


Рис. 1. Конструктивная схема вибрационной установки для обработки строительных смесей: а – общий вид; б – вид А на общем виде

Вибрационная установка для обработки строительных смесей работает следующим образом.

Во внутрь контейнера прямоугольной формы 6 подают смесь минеральных материалов (песка и цемента) 7 и мелющие тела. В качестве мелющих тел может использоваться крупный заполнитель – щебень. Включают вибровозбудитель круговых колебаний 4, со-общающий через подвижную раму 1 и стойки 5 сложные эллиптические колебания контейнеру прямоугольной формы 6. Под действием этих колебаний происходит интенсивная циркуляция мелющих тел и минерального материала, что обеспечивает интенсивное истирание песка и цемента. Циркуляция мелющих тел и минеральной смеси происходит по эллиптической траектории. В результате измельчаются частицы цемента, а с поверхности песка и щебня сдираются окисные пленки. После окончания процесса обработки и помола активированную смесь цемента, песка и щебня выгружают в транспортное средство. Движение подвижных частей вибрационной установки может быть в первом приближении описано следующей системой уравнений

$$(m_1 + m_2 + m_{pr1}) \frac{d^2 z}{dt^2} + b_{pr1} \frac{dz}{dt} + c_3 z = Q \sin \omega t; \quad (2)$$

$$(m_1 + m_2 + m_{pr2}) \frac{d^2 x}{dt^2} + b_{pr2} \frac{dx}{dt} + c_2 x = Q \cos \omega t; \quad (3)$$

$$\left[m_1 (a_1 + h - r)^2 + m_2 (a_2 + r)^2 + m_{pr1} l_1^2 + m_{pr2} l_2^2 \right] \times \\ \times \frac{d^2 \xi}{dt^2} + (b_{pr1} l_1 + b_{pr2} l_2) \frac{d\xi}{dt} + \\ + (0,5c_3 l_3 + c_2 l_4) \xi = Q a_3 \cos \omega t, \quad (4)$$

где z и x – перемещение центра тяжести подвижных частей вибрационной установки в направлении координат Z и X соответственно; ξ – угол поворота подвижных частей вибрационной установки относительно продольной оси Y ; m_{pr1} и m_{pr2} – приведенная масса смеси соответственно в направлении координат Z и X ; b_{pr1} и b_{pr2} – коэффициенты неупругого сопротивления смеси соответственно в направлении координат Z и X ; c_3 и c_2 – коэффициенты жесткости упругих опор соответственно в направлении координат Z и X ; Q – амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя колебаний;

ω – частота вынужденных колебаний; l_1 и l_2 – расстояние от центра тяжести приведенных масс смеси m_{pr1} и m_{pr2} до центра тяжести всей подвижной части установки O ; l_3 – расстояние между упругими опорами по вертикали; l_4 – расстояние от упругих опор до центра тяжести подвижной части установки O по горизонтали.

Решение полученных уравнений (2–3) можно представить в следующем виде

$$z = A_1 \sin(\omega t - \phi_1); \quad (5)$$

$$x = A_2 \cos(\omega t + \phi_2); \quad (6)$$

$$\xi = \Xi \cos(\omega t + \phi_3), \quad (7)$$

где A_1 и A_2 – амплитуды перемещений центра тяжести подвижных частей вибрационной установки в направлении координат Z и X соответственно; Ξ – амплитуда крутильных колебаний подвижных частей вибрационной установки относительно продольной оси Y ; ϕ_1 и ϕ_2 – углы сдвига фаз между амплитудой возмущающей силы Q и перемещениями соответственно в направлении координат Z и X ; ϕ_3 – угол сдвига фаз между амплитудой возмущающего момента $Q a_3$ и крутильными колебаниями подвижных частей вибрационной установки относительно продольной оси Y

$$A_1 = \frac{Q}{\sqrt{(c_3 - m_{s1} \omega^2)^2 + b_{pr1}^2 \omega^2}}; \quad (8)$$

$$A_2 = \frac{Q}{\sqrt{(c_2 - m_{s2} \omega^2)^2 + b_{pr2}^2 \omega^2}}; \quad (9)$$

$$\Xi = \frac{Q a_3}{\sqrt{(K_{pr} - J_{pr} \omega^2)^2 + N_{pr}^2 \omega^2}}; \quad (10)$$

$$\phi_1 = \arctg \frac{b_{pr1} \omega}{c_3 - m_{s1} \omega^2}; \quad (11)$$

$$\phi_2 = \arctg \frac{b_{pr2} \omega}{c_2 - m_{s2} \omega^2}; \quad (12)$$

$$\phi_3 = \arctg \frac{N_{pr1}\omega}{K_{pr} - J_{pr}\omega^2}; \quad (13)$$

$$m_{s1} = m_1 + m_2 + m_{pr1}; \quad (14)$$

$$m_{s2} = m_1 + m_2 + m_{pr2}; \quad (15)$$

$$J_{pr} = m_1(a_1 + h - r)^2 + m_2(a_2 + r)^2 + m_{pr1}l_1^2 + m_{pr2}l_2^2; \quad (16)$$

$$N_{pr} = b_{pr1}l_1 + b_{pr2}l_2; \quad (17)$$

$$K_{pr} = 0,5c_3l_3 + c_2l_4. \quad (18)$$

Используя полученные выражения (5–18), определим законы движения каждой точки днища и боковых стенок контейнера в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Движение днища контейнера может быть описано следующими уравнениями:

– в горизонтальном направлении

$$X_d(t) = A_2 \cos(\omega t + \phi_2) - \Xi r \cos(\omega t + \phi_3); \quad (19)$$

– в вертикальном направлении

$$Z_d(t) = A_1 \sin(\omega t + \phi_1) - \Xi x \cos(\omega t + \phi_3) \text{ при } -0,5x_0 \leq x \leq 0,5x_0, \quad (20)$$

где x_0 – ширина днища контейнера.

Движение стенки контейнера может быть описано следующими уравнениями:

– в горизонтальном направлении

$$X_{st}(t) = A_2 \cos(\omega t + \phi_2) + \Xi(r + z) \cos(\omega t + \phi_3) \text{ при } 0 \leq z \leq h_0; \quad (21)$$

– в вертикальном направлении

$$Z_{st}(t) = A_1 \sin(\omega t + \phi_1) + 0,5\Xi h_0 \cos(\omega t + \phi_3), \quad (22)$$

где h_0 – высота стенки контейнера.

Таким образом, определен закон движения каждой точки днища и стенок контейнера в зависимости от основных параметров установки и физико-механических характеристик обрабатываемой среды. Это позволяет определить рациональный режим вибрационного воздействия на обрабатываемую смесь.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования динамической системы «вибрационная установка – обрабатываемая смесь» позволили обосновать рациональные режимы процесса вибрационной обработки и выбрать основные параметры вибрационной установки. Применение предлагаемой вибрационной установки для помола смеси цемента и песка с одновременной обработкой поверхности крупного заполнителя бетонной смеси позволяет на 40–50 % уменьшить мощность привода и сократить от 4 до 8 раз продолжительность вибрационной обработки. Использование полученной активированной смеси в процессе приготовления цементобетонной смеси позволяет не менее чем на 40 % сократить расход цемента и повысить прочность изделия.

Выводы

Впервые предложена конструкция вибрационной установки для вибромеханической обработки строительных смесей, сочетающая в себе высокие показатели производительности и качества приготовляемой смеси с ее простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоемкости и энергоемкости. Определены рациональные параметры вибрационной установки и режимы вибрационного воздействия на обрабатываемую смесь.

Литература

1. Маслов А.Г. Оборудование для дробления строительных материалов: монография / А.Г. Маслов, Л.М. Сокур, И.Н. Сокур. – Кременчуг: ЧП Щербатых А.В., 2010. – 212 с.

Рецензент: Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 29 мая 2012 г.