



УДК 693.546

*В.И. Сивко, д-р техн. Наук, профессор КНУСА,
Д.А. Мироношенко, магистрант КНУСА,
В.М. Гринченко, студент КНУСА*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УПЛОТНЯЕМОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА ВЫБОР РЕЖИМОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА ВИБРОМАШИНЫ

Актуальность. Существуют методы расчета вибрационных машин основаны на ряде допущений, которые приводят к тому, что режимы их работы в реальных условиях не соответствуют расчетным. Так, рекомендуемые параметры машин назначаются без учета геометрического фактора изделий, изменения плотности смеси и ее физико-механических свойств. Со стороны бетонной смеси вводятся грубые допущения в части постоянства сопротивления в процессе уплотнения и независимости его от габаритов изделия. Не учитывается отрыв изделий от рабочего органа. Теория колебаний, традиционно применяемая для описания работы вибрационных машин, ограничивает учет перечисленных факторов, в частности не позволяет учесть взаимодействия рабочих органов со средой, которое, как показывает опытные исследования, имеет ударный характер.

При взаимодействия вибрационной машины с уплотняемым изделием происходит упругопластический удар. В конце удара центры тяжести тел движутся некоторое время с одинаковыми скоростями. Поэтому задача нахождения: момента отрыва изделия; скорости полета и времени встречи изделия с рабочим органом; скорости движения рабочего органа после удара.

Методика решения задачи. Уравнение совместного движения среды и рабочего органа имеет вид

$$M_0 X_0 \omega^2 + CX_0 + \sigma_x(0)F = P_0(t), \quad (1)$$

где X_0 - амплитуда колебаний виброплощадки; M_0 - масса рабочего органа виброплощадки с формой; C - жесткость упругих связей виброплощадки; $\sigma_x(0)$ - напряжения в смеси в месте контакта с дном формы; F - площадь проекции изделия на горизонтальную плоскость; $P_0(t)$ - вынуждающая сила рабочего органа; ω - угловая частота колебаний.

Напряжения в смеси в зоне контакта с дном формы определяются исследованием напряженно-деформированного состояния изделия. Для одномерной задачи виброуплотнения напряженно-деформированное состояние в первом приближении может быть определено совместным решением уравнений динамического равновесия элемента изделия и сплошности среды. Уравнения динамического равновесия запишется как

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial x} S dx a + 2\sigma_y f dx + \frac{dV}{dt} a dx \rho - g a dx = 0, \quad (2)$$

здесь σ_y - горизонтальное напряжение; S - усредненное значение обратной величины коэффициента боковой распора; a - ширина изделия; f - коэффициент трения смеси о борта формы; V - скорость вибрации; ρ - плотности смеси;

$$S = \frac{1}{a} \int_{-a/2}^{a/2} k(y) dy; \quad \sigma_x(x, y, t) = \sigma_y(x, t) k(y),$$

k_y - обратная величина коэффициента бокового распора.

Уравнение сплошности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + V \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial V}{\partial x} = 0. \quad (3)$$

Представленная система уравнений решается методом характеристик. Она позволяет оценить параметры напряженно-деформированного состояния изделия [1].

В случае положительного значения напряжений в контактной зоне ($\sigma_x(0) > 0$) характер колебаний безотрывный. При $\sigma_x(0) < 0$ имеет отрыв. Зная напряженное состояние вибрируемой бетонной смеси для контактной зоны, можно прогнозировать отрыв и учитывать ударное взаимодействие ее с рабочим органом при оценке качества уплотнения и характера движения среды. Эти же данные используются при изучении движения среды. Эти же данные используются при изучении движения рабочих органов машин.

Скорость смеси при $\sigma_x(0) = 0$ и время встречи ее с рабочим органом находятся из уравнения движения изделия в полете:

$$M_\sigma^* \ddot{x} + P_y(x) + P_n(x, x, x) = 0, \quad (4)$$

где M_σ^* - приведенная масса изделия $P_y(x)$ - упругое сопротивление смеси $P_n(x, x, x)$ - неупругое сопротивление смеси.

Из формулы (4) может быть найдено ускорение смеси в момент отрыва ($x = -B/M_\sigma^*$, где $B = P_y(x) + P_n(x, x, x)$). Приведенная масса M_σ^* определяется из выражение силы инерции движущейся бетонной смеси; $P_n = M_\omega^* \ddot{x}_{1cp}$;

$$x_{1cp} = \frac{1}{h} \int_0^h \ddot{x}_1(h) dh, \quad (5)$$

здесь \ddot{x}_{1cp} - среднее значение ускорения для момента времени t_1 . Величина P_n определяется из деформированной диаграммы для контактной зоны расстоянием от оси абсцисс до центра диаграммы.

Скорость полета смеси

$$V_1 = - \int_0^t \left(\frac{B}{M_\sigma^*} \right) dt + V_{omp}, \quad (6)$$

где V_{omp} - скорость смеси в момент отрыва (определяется по напряженному состоянию изделия в контактной зоне). При $V_1 = 0$ имеет верхнюю точку полета смеси (амплитудное ее значение). Отсюда время полета $t = 2V_{omp} M_\sigma^* / B$.

Время встречи рабочего органа и изделия находится совместным решением уравнений движения рабочего органа и изделия в полете:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X}_0 &= x_0 \omega \sin(\omega t); \\ V_1 &= \left(-\frac{B}{M_\sigma^*} \right) t + V_{omp}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Скорость движения рабочего органа в момент встречи с изделием определяется из выражения для упругопластического удара:

$$U_2 = K(U - V_2),$$

где V_2 - скорость движения рабочего органа в момент удара; K - коэффициент восстановления недеформированного состояния; U - общая скорость соударяющихся тел после удара;

$$U = \frac{(M_B V_2 - M_\sigma^* V_1)}{(M_\sigma^* + M_B)}. \quad (8)$$

Коэффициент восстановления зависит от свойств смеси (плотности состава) и колеблется в пределах 0,25...0,8.



Результаты исследований. На рис. 1 приведены результаты расчета напряженно-деформированного состояния для изделия высотой $h=0,5$ м, уплотняемого при амплитуде $X_0 = 0,02$ и частоте 13 и 25 Гц. Определены моменты отрыва и время полета. Формула установившегося режима (по И.И. Блехману) имеет вид при частоте 13 Гц: $5,8 \cap 1,4(O)1,7 \cap$, а при частоте 25 Гц. $2,8 \cap 6,28(O)9,0 \cap$, где символы обозначают: \cap - полет; O - относительный покой. Цифры при символах обозначают фазовые углы момента начала состояния. В рассмотренном примере режим колебаний 13 Гц более благоприятен с точки зрения передачи энергии рабочим органом изделию. Он характерен большим временем безотрывного движения ($5,8 > 2,8$) и меньшим значением фазового угла полета ($1,4 < 6,28$).

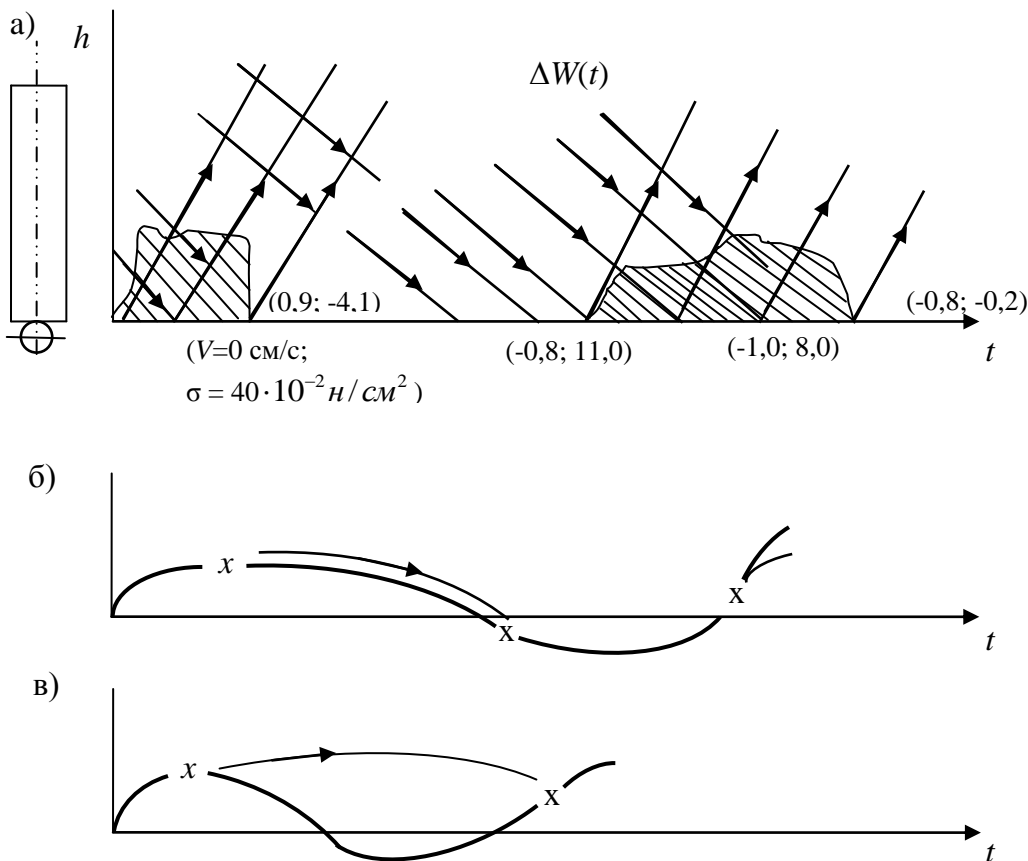


Рисунок 1. Результаты расчета энергоемкости процесса (а) и отрыва изделия от рабочего органа (б, в) а, б – при амплитуде перемещения $X_0 = 0,02$ см и частоте 13 Гц; в - при амплитуде $X_0 = 0,02$ см и частоте 25 Гц.

На рис. 2 показано изменение фазового угла отрыва и падения для изделий $h=0,5$ и $1,0$ м в зависимости от частоты колебаний. С увеличением частоты фазовые углы увеличиваются, что является менее благоприятным по энергопередаче.

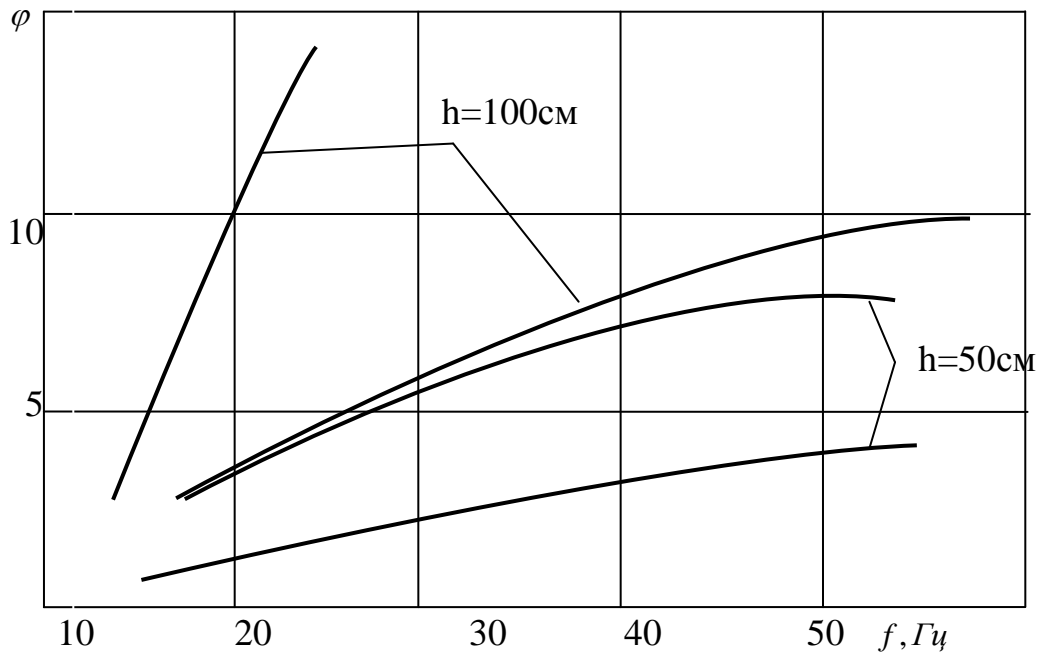


Рисунок 2. Изменение фазового угла отрыва и падения.

Выводы. Расчет динамических параметров вибромашин и воздействия среды на рабочие органы должен производиться с учетом их взаимодействия.

При назначении режимов виброуплотнения железобетонных изделий должны учитываться их геометрические размеры.

Литература

1. Сивко В.И., Ильин В.П., Татаринев А.А. Исследование эффективности виброуплотнения шлакощелочной бетонной смеси// Рациональное использование шлаков и продуктов шлакопереработки в строительстве. – Воронеж: Центр.-чернозем. кн. изд.-во, 1977, С. 78-81.