

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И РАСЧЕТ ВИБРАЦИОННЫХ ПЛОЩАДОК

1. Методика и пример расчета виброплощадки с вертикально направленными колебаниями

1.1. Исходные данные. Требуется определить основные параметры виброплощадки для формирования железобетонных плит длиной $l = 6$ м, шириной $b = 1,5$ м и высотой $h = 0,3$ м. Изделие формируется из малоподвижной бетонной смеси плотностью $\rho = 2000$ кг/м³. Необходимая амплитуда и частота колебаний рабочего органа выбирается по таблице: $U_0 = 0,6$ мм, угловая частота колебаний $\omega = 314$ с⁻¹.

1.2. Определяем колеблющуюся массу системы.

Масса формируемого изделия $m_{\delta} = \rho \cdot V = 2000 \cdot 2,7 = 5400$ кг. (П.8.1)

Масса формы

$$m_{\phi} = (0,6 \dots 1,0) m_{\delta} = 5000 \text{ кг.} \quad (\text{П.8.2})$$

Масса колеблющихся частей площадки:

а) блочной конструкции

$$m_{\epsilon} = (0,2 \dots 0,4) \cdot (m_{\phi} + m_{\delta}); \quad (\text{П.8.3})$$

б) рамной конструкции

$$m_{\epsilon} = (0,6 \dots 1,0) \cdot (m_{\phi} + m_{\delta}); \quad (\text{П.8.4})$$

В данном примере принята блочная виброплощадка

$$m_{\epsilon} = 0,25(m_{\phi} + m_{\delta}) = 0,25(5400 + 5000) = 2600 \text{ кг.}$$

Полная колеблющаяся масса

$$m_{\text{полн}} = m + m_{\delta} = 13000 \text{ кг,} \quad (\text{П.8.5})$$

где $m = m_{\epsilon} + m_{\phi}$.

1.3. Находим суммарный статический момент массы дебалансов

$$m_0 r_0 = \frac{U_0 \cdot m_{\text{полн}}}{k_{\delta}} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 7600}{1,46} = 3,123 \text{ кгм,} \quad (\text{П.8.6})$$

где коэффициент k_{δ} взят из [табл. П.7.5](#).

1.4. Вычисляем суммарную жесткость опор виброплощадки, исходя из условия виброизоляции:

$$C_0 = \omega_0^2 \cdot m_{\text{полн}} = (44,86)^2 \cdot 13000 = 2,6 \cdot 10^7 \text{ Н/м,} \quad (\text{П.8.7})$$

где ω_0 - собственная частота колебаний виброплощадки

$$\omega_0 = \omega / (7 \dots 10).$$

1.5. Определяем амплитудное значение вынуждающей силы

$$F_0 = m_0 \cdot r_0 \cdot \omega^2 = 3,123 \cdot 314^2 = 30,79 \cdot 10^4 \text{ Н.} \quad (\text{П.8.8})$$

1.6. Устанавливаем мощность привода виброплощадки

$$P = \frac{P_{\text{тр}} + P_{\text{кол}}}{\eta}, \quad (\text{П.8.9})$$

где $P_{\text{тр}} = 0,5 F_0 \cdot \mu \cdot d_y \cdot \omega$ - мощность на трение в подшипниковых узлах площадки,

μ - условный коэффициент трения для подшипников;

d_y - диаметр шейки вала под подшипником.

Мощность на колебания виброплощадки, Вт

$$P_{\text{кол}} = 1/4 \cdot F_0 \cdot U_0', \quad (\text{П.8.10})$$

где U_0' - амплитуда колебаний виброплощадки (при учете только реактивных сил, так как площадка работает в резонансном режиме), м.

$$U_0' = \frac{m_0 r_0}{m_{\delta} a + m},$$

где a - коэффициент влияния реактивных сил сопротивления бетонной смеси (табл. П.8.1).

Численные значения коэффициента a

Высота столба смеси, п. м	Смесь		
	малоподвижная	умеренно жесткая	жесткая
0,1	0,99	0,95	0,9
0,2	0,7	0,65	0,6
0,3	-0,8	-0,75	-0,7
0,4	-0,13	-0,1	-0,09

1.7. Мощность на уплотнение бетонной смеси, Вт

$$P_{\sigma} = m_{\sigma} \cdot \bar{P} = m_{\sigma} \cdot 0,5b \cdot U_0^2 \cdot w^3 \quad (\text{П.8.11})$$

Значения мощности привода виброплощадки с учетом всех видов сопротивления определяются после конструктивной проработки виброплощадки.

2. Методика и пример расчета ударно-вибрационной площадки с закрепленной формой

2.1. Исходные данные.

Определяем основные параметры виброплощадки для формирования изделия длиной $l = 5$ м, шириной $b = 2$ м и высотой $l = 0,5$ м. Бетонная смесь - умеренно жесткая, достигаемая плотность $\rho = 2400$ кг/м³. Необходимый полуразмах колебаний рабочего органа $U_0 = 0,75$ мм, круговая частота его колебаний $w = 157$ с⁻¹.

2.2. Определяем условия, обеспечивающие устойчивый ударно-вибрационный режим колебаний. Он зависит от двух безразмерных параметров q и ξ .

$$q = \frac{(m_1 + m_2) \cdot g}{F_0}; \quad (\text{П.8.12})$$

$$\xi = \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} \cdot \frac{C}{w^2}}. \quad (\text{П.8.13})$$

Физический смысл параметра q заключается в установлении соотношения веса системы $G_C = (m_1 + m_2)g$ к амплитуде вынуждающей силы F_0 . Параметр ξ определяют соотношением собственной частоты колебаний системы при движении ее в контакте с ограничителем к вынуждающей частоте

$$w'_0 = \sqrt{\frac{C}{m_{np}}},$$

где C - жесткость ограничителей колебаний (упругих прокладок, закрепленных на виброблоках);
 $m_{np} = m_1 \cdot m_2 / (m_1 + m_2)$ - приведенная масса системы (m_1 - масса колеблющихся частей площадки, m_2 - масса формы с учетом приведенной массы бетонной смеси) к вынуждающей частоте w , $\xi = w'_0 / w$.

Численные значения q и ξ для обеспечения устойчивого ударно-вибрационного режима находим в пределах:

$$0,9 \leq q \leq 1,5,$$

$$1,3 \leq \xi \leq 1,6.$$

В [табл. П.8.2](#) приведены численные значения коэффициентов, характеризующих усиление амплитуды (k_n), скорости (k_v), ускорения (k_a) виброплощадки и времени контакта формы и виброблока τ , соответствующие значениям q и ξ .

Таблица П.8.2

Параметры расчета ударно-вибрационных площадок

ξ	q	τ	k_n	k_v	k_a
1,3	0,9	2,42	2,10	0,65	4,66
1,3	1,3	2,42	2,67	0,94	5,46
1,5	0,9	2,09	1,73	0,94	4,19
1,5	1,3	2,09	1,93	1,36	4,99
1,6	0,9	1,96	1,62	1,06	4,10
1,6	1,3	1,96	1,85	1,53	4,90

Пользуясь данными [табл. П.8.2](#), примем значения:

$$q = 1,3; \xi = 1,3; k_n = 2,67; k_v = 0,94; k_a = 5,46.$$

2.3. Определяем колеблющиеся системы: масса бетонной смеси

$$m_{\delta} = \rho \cdot V = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 5 = 12 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

Приведенная масса бетонной смеси

$$m_{\delta}' = (0,6 \dots 0,8) m_{\delta} = 0,6 \cdot 12 \cdot 10^3 = 7,2 \cdot 10^3 \text{ кг,}$$

масса формы

$$m_{\phi} = m_{\delta}' = 7 \cdot 10^3 \text{ кг,}$$

масса колеблющихся частей виброплощадки

$$m_e = (0,3 \dots 0,6) \cdot (m_{\phi} + m_{\delta}') = 0,35 \cdot (7,2 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^3) = 4,97 \cdot 10^3 \text{ кг,}$$

таким образом, колеблющиеся массы системы

$$m_1 \simeq m_e = 5 \cdot 10^3 \text{ кг,}$$

$$m_2 \simeq (m_{\phi} + m_{\delta}') = 14,2 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

Приведенная масса системы

$$m_{np} = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 14,2 \cdot 10^3}{(5 + 14,2) \cdot 10^3} = 3,7 \text{ кг.} \quad (\text{П.8.14})$$

2.4. Находим вынуждающую силу и суммарный статический момент массы дебалансов: вынуждающая сила находится из соотношения

$$F_0 = \frac{(m_1 + m_2)g}{q} = \frac{(5 + 14,2) \cdot 10^3 \cdot 9,8}{1,3} = 14,8 \cdot 10^4 \text{ Н,} \quad (\text{П.8.15})$$

значение вынуждающей силы может быть получено также по зависимости

$$F_0 = \frac{U_0 \cdot w^2}{k_n} (m_1 + m_2) = \frac{0,75 \cdot 10^3 \cdot 157^2 \cdot (5 + 14,2) \cdot 10^3}{2,67} = 14 \cdot 10^4 \text{ Н.} \quad (\text{П.8.16})$$

Численное равенство сил, полученных по разным зависимостям, свидетельствует о возможности обеспечения ударно-вибрационного режима колебаний при выбранных параметрах системы.

$$m_0 \cdot r_0 = \frac{F_0}{w_0^2} = \frac{14,8 \cdot 10^4}{157^2} = 6,65 \text{ кгс} \cdot \text{м.} \quad (\text{П.8.17})$$

2.5. Определяем коэффициент упругости ограничителей, который находится из соотношения

$$C = \xi^2 \cdot m_{np} \cdot w^2 = (1,3)^2 \cdot 3,7 \cdot 10^3 \cdot 157^2 = 2,0 \cdot 10^8 \text{ Н/м.}$$

2.6. Вычисляем коэффициент упругости опор из условия виброизоляции виброплощадки

$$C = w_0^2 (m_1 + m_2) = 22,4 \cdot 19,2 \cdot 10^3 = 9,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м.} \quad (\text{П.8.18})$$

Нагрузка на одну опору

$$F_0 = \frac{(m_1 + m_2)g}{n} = \frac{(5 + 14,2) \cdot 10^3 \cdot 9,81}{24} = 7,85 \cdot 10^3 \text{ Н,} \quad (\text{П.8.19})$$

где n - количество опор.

Площадь опор при $[\sigma] = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$

$$S = \frac{F_{on}}{[\sigma]} = \frac{7,85 \cdot 10^3}{4,5 \cdot 10^5} = 1,74 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2. \quad (\text{П.8.20})$$

Тогда высота опоры h при модуле упругости резины $E_d = 3,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ будет равна

$$h = \frac{E_0 \cdot S}{C_0^1} = \frac{3,5 \cdot 10^6 \cdot 1,74 \cdot 10^{-2}}{0,4 \cdot 10^6} = 15,2 \cdot 10^{-2} \text{ м,} \quad (\text{П.8.21})$$

где C_0^1 - коэффициент упругости одной опоры $C_0^1 = C_0 / 24$.

2.7. Устанавливаем мощности привода.

Мощность на потери в ограничителе, кВт

$$P_{\text{опр}} = \frac{\varphi}{4\pi} \cdot C \cdot \delta^2 \cdot w \quad (\text{П.8.22})$$

Мощность на уплотнение бетонной смеси, кВт

$$P_{\bar{c}} = m_{\bar{c}}' \cdot \bar{P}, \quad (\text{П.8.23})$$

где \bar{P} - осредненное значение удельной мощности, вычисляемое по [зависимости \(П.7.8\)](#).

Мощность на трение в подшипниковых узлах, кВт

$$P_{\text{тр}} = F_0 \cdot \mu \cdot \frac{d_u}{2} \cdot w \quad (\text{П.8.24})$$

Численное значение мощности привода устанавливается после определения конструктивных параметров виброплощадки.

3. Методика и пример расчета виброплощадки с многокомпонентными колебаниями

3.1. Исходные данные.

Определить основные параметры виброплощадки для формирования железобетонной плиты с размерами: длиной $l = 17,94$ м, шириной $b = 2,98$ м и высотой (в средней части) $h = 0,9$ м.

Масса плиты - 10000 кг; масса формы с площадкой - 20820 кг; частота колебаний - 25 Гц; амплитуда горизонтальных колебаний - $U = 0,8$ мм.

3.2. Определяем колеблющиеся массы

$$m_{\text{полн}} = 1,05 (m_{\bar{c}} + m) = 1,05 (10000 + 20820) = 32360 \text{ кг.} \quad (\text{П.8.25})$$

3.3. Определяем максимальную вынуждающую силу .

$$F_0 = k_F \cdot m_{\text{полн}} \cdot U_0 \cdot w^2 = 0,4 \cdot 32360 \cdot 0,8^3 \cdot 152,4^2 = 240 \cdot 10^3 \text{ Н,} \quad (\text{П.8.26})$$

где k_F - коэффициент пропорциональности, равный 0,35...0,4.

3.4. Потребная мощность двигателя

$$P_y = k_p \cdot m_{\text{полн}} = 0,6 \cdot 32360 = 19,42 \cdot 10^3 \text{ Вт} \approx 20 \text{ кВт,} \quad (\text{П.8.27})$$

где k_p - коэффициент пропорциональности, численно равный 0,5...0,6 Вт/кг.

3.5. Вычисляем суммарную жесткость опор.

Необходимое количество опор

$$z = \frac{m_{\text{полн}}}{m_{\text{оп}}} = \frac{32360}{4000} = 8,09, \quad (\text{П.8.28})$$

где $m_{\text{оп}}$ - грузоподъемность одной опоры.

Учитывая неравномерность распределения массы по длине формы и с целью обеспечения устойчивости, принимаем $z = 10$.

Допускаемая жесткость упругих опор в горизонтальной плоскости

$$C_{\text{гор}} = \frac{m_{\bar{c}} \cdot w^2}{12z} = \frac{22360 \cdot 152,4^2}{12 \cdot 10} = 4,328 \cdot 10^6 \text{ Н/м,} \quad (\text{П.8.29})$$

где $m_{\bar{c}} = m_{\text{полн}} - m_{\bar{c}} = 32360 - 10000 = 22360$ кг.

Допускаемая жесткость упругих опор в вертикальной плоскости

$$C_{\text{верт}} = \frac{m_{\bar{c}} \cdot w^2}{2,25z} = \frac{22360 \cdot 152,4^2}{2,25 \cdot 10} = 23,081 \cdot 10^6 \text{ Н/м.} \quad (\text{П.8.30})$$