

объектов с учетом результатов лабораторных экспериментов по формуле :

$$(V_{кр})_{нат} = (V_{кр})_{лаб} \sqrt{\frac{D_{лаб}}{D_{нат}}}.$$

Это позволяет для расчета критических параметров гидро-транспортных комплексов, перемещающих материалы сходного гранулометрического состава, использовать результаты одного лабораторного эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Смолдырев А.Г. Гидро-пневмотранспорт в металлургию. - М.: Металлургия, 1985. - 280 с.
- 2.Силин Н.А., Витошкин Ю.К., Карасик В.М., Очерedyкo В.Ф. Гидротранспорт вопросы гидравлики. - Киев : Наукова думка, 1971. - 160 с.
- 3.Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. - М. : Наука, 1985. - 250 с.

УДК 539.4

В.Л. Руденко, М.В. Мажаров

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ

На современном этапе развития обогащательной технологии технически и экономически оправданным является разработка и внедрение единой технологической линии с мощными машинами способной заменять несколько параллельных линий обычной производительности. В этой связи, ведущие зарубежные производители грохотов, такие как «Carl Schenck AG», «Siebtechnik GmbH», «Krupp Industrietechnik GmbH», «Hewitt - Robins International Ltd.», «Allis - Chalmers», «Crusher - Corp», «Coomo - FHM» ориентируются на производство мощных грохотов с массой коробов 25 - 30 т.

Основной технологической задачей, которая решается на основе использования массивных инерционных грохотов является обеспечение устойчивого режима грохочения. Для этого массивный короб грохота массой M_1 на рабочей частоте Ω разгоняется до амплитуды A_{Π} . Колебания с амплитудой A_{Π} совершаются под углом к горизонту $\varphi=35^0\div45^0$. Типичные параметры массивных грохотов: $M_1\approx10^4$ кг, $\Omega=65\div160$ рад/с, $A_{\Pi}\approx(1\div10)\cdot10^{-3}$ м [1]. Большая масса M_1 обеспечивает устойчивость амплитудной характеристики на рабочей частоте Ω при возможных изменениях массы обрабатываемого материала. Массивный короб развивает значительную динамическую силу $M_1\cdot\Omega^2\cdot A_{\Pi}$, которая подавляет влияние перепадов нагрузки.

Для того, чтобы обеспечить эффективную классификацию обрабатываемого материала через просеивающую поверхность грохота, рабочий орган развивает значительные динамические усилия прежде всего в вертикальном направлении $M_1\cdot\Omega^2\cdot A_0$, где $A_0=A_{\Pi}\cdot\sin\psi$. Эффективность классификации определяется величиной виброускорения $A_0\cdot\Omega^2$, где A_0 достигает величины $4\div5\cdot10^{-3}$ м.

Существование значительных виброускорений в вертикальном направлении, обусловленных технологическими требованиями, создают нетривиальную проблему для эффективной виброзащиты опорных конструкций и фундаментов производственных зданий, от воздействия со стороны работающих массивных инерционных грохотов. На грохотах отечественного производства амплитуда ускорений короба достигает величины $3\div3,5$ g, а на зарубежных аналогах $5\div7$ g.

В одномассовой системе виброизоляции ось, вдоль которой действует сила задаваемая инерционным вибровозбудителем с моментом инерции J_0 проходит через центр масс грохота, а упругие звенья виброопор равномерно распределены относительно центра масс. Такая конструкция обеспечивает плоскопараллельный характер колебаний короба грохота. При этом исключаются угловые колебания, а движение грохота распадается на два линейно независимых колебания в горизонтальном и вертикальном направлении

ях. Наиболее остро проблема виброзащиты стоит для вертикальной составляющей колебаний, так как виброопоры в вертикальном направлении выполняют двойную функцию. С одной стороны, они являются несущими элементами и для выполнения этой функции они должны быть достаточно жесткими. С другой стороны, они выполняют роль виброопор, а значит должны быть минимально жесткими. Это противоречие является главной проблемой эффективной виброзащиты фундаментов под действующими массивными инерционными грохотами. Применение находят разнообразные конструкции виброопор, такие как стальные пружины повышенной вибрационной прочности, обрезиненные пружины и резиновые виброизоляторы.

В одномассовой схеме виброизоляции на короб массой M_1 в вертикальном направлении действует сила $J \cdot \Omega \cdot \cos(\Omega \cdot t)$, где $J = J_0 \cdot \sin(\psi)$, ψ - угол наклона вектора колебаний короба к горизонту, Ω - циклическая частота установившихся колебаний в рабочем режиме. Короб опирается на виброопоры общей жесткостью C_1 и совершает в вертикальном направлении $x = x(t)$ - колебания относительно положения равновесия, которые удовлетворяют уравнению:

$$M_1 \cdot \ddot{x} + C_1 \cdot x = J \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t). \quad (1)$$

Решение динамического уравнения (1) в виде $x = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$ дает значение амплитуды:

$$A = \frac{J \cdot \omega^2}{C_1 - M_1 \cdot \omega^2}. \quad (2)$$

Для вертикальной составляющей амплитуды установившихся колебаний на рабочей частоте $\omega = \Omega$

$$A_0 = \frac{J \cdot \Omega^2}{M_1 \cdot \Omega^2 - C_1}. \quad (3)$$

Здесь учитывается то обстоятельство, что рабочая частота Ω расположена в зарезонансной области $\Omega > \sqrt{C_1/M_1}$, где возможно осуществить эффективное виброгашение.

Амплитуда силы воздействия на фундамент Φ в вертикальном направлении определяется из уравнения $\Phi = C_1 \cdot A_0$, или согласно (3):

$$\Phi = \frac{J \cdot \Omega^2}{\frac{M_1}{C_1} \cdot \Omega^2 - 1} \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что минимальные значения амплитуды силы, передающейся на фундамент, соответствуют минимальному значению жесткости C_1 надфундаментных виброопор. Значения C_1 однако ограничены, так как эти же опоры несут на себе вес грохота и массивность короба не позволяет снижать величину C_1 неограниченно. Действительно, деформация ΔH_1 надфундаментных виброопор высотой H_1 определяется из уравнения:

$$C_1 \cdot \Delta H_1 = M_1 \cdot g, \quad (5)$$

где g - ускорение свободного падения. Из (4) и (5) следует:

$$\Phi = \frac{M_1 \cdot g \cdot A_0}{\Delta H_1} = \frac{M_1 \cdot g \cdot A_0}{\varepsilon_1 \cdot H_1} \quad (6)$$

где ε_1 - относительная деформация упругих виброопор. Так как величины M_1 и A_0 являются исходными, технологическими параметрами процесса классификации, то снижение силы Φ может быть обеспечено повышением относительной деформации ε_1 или/и высоты H_1 . В свою очередь, повышение ε_1 ограничено прочностными возможностями виброопор. Остается реальная возможность регулирования величины Φ за счет увеличения H_1 . При установке виброопор высотой H_1 с максимально допустимой деформацией ε_1 , когда амплитуда силы достигает величины Φ согласно (6), дальнейшее снижение Φ за счет увеличения H_1 может стать нецелесообразным по ряду причин. Во-первых, с увеличением высоты H_1 пропорционально уменьшению жесткости на сдвиг в горизонтальной плоскости; во-вторых, увеличивается высота на которую поднимается центр масс массивного грохота, что также приводит к уменьшению устойчивости по отношению к возможным смещениям в горизонтальной плоскости; в третьих, это приводит к увеличению общего объема материала упругих звеньев надфундаментных виб-

роопор. Так, общее увеличение высоты H_1 в два раза вызывает аналогичное двукратное снижение силы действующей на фундамент.

В самом общем случае вертикальная (A_0) и горизонтальная (A_x) амплитуды колебаний короба грохота на частоте Ω , задаются равенствами:

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= J_0 \cdot \sin(\psi) \cdot f(M_1, M_2, \dots; C_1, C_2, \dots; \Omega) \\ A_x &= J_0 \cdot \cos(\psi) \cdot f_x(M_1, M_2, \dots; C_1, C_2, \dots; \Omega) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где f и f_x зависят только от инерционных и жесткостных параметров системы соответственно для вертикального и горизонтального направлений, а также от рабочей частоты Ω . Для большинства практических приложений имеет место глубокая отстройка по частоте для горизонтальных колебаний, а соответствующая амплитуда выражается согласно $A_x \approx J_0 \cdot \cos(\psi) / M_1$. Следовательно, как бы не изменялись инерционные и жесткостные параметры, постоянство значений технологических параметров A_0 и A_x обеспечивается соответствующим изменением величин J_0 и ψ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет грохотов. — М.:Недра, 1986. — 144 с.
2. О динамической виброизоляции тяжелых грохотов / Дырда В.И., Коваль А.В., Лисица Н.И., Коваленко В.Я., Мажаров М.В., Колосов А.Л.//Металлургическая и горнорудная промышленность. — 1993.- № 3.- с. 50-51.