

Защита от шума, вибрации, ультра- и инфразвуков.

Воздействие на человека.

Вибрация – это механическое сотрясение тела с частотой 1-100Гц. Она отрицательно влияет на нервную систему, опорно-двигательный аппарат, желудок, зрение, слух. Стойкие нарушения вызывают виброболь. Тело человека поглощает энергию колебаний пропорционально квадрату виброскорости. Поэтому в качестве параметра воздействия приняты среднеквадратичные (усредненные по времени) значения виброскорости V в абсолютных (м/с, мм/с) или относительных единицах (по отношению к пороговому минимальному значению $V_0 = 5 \cdot 10^{-5}$ мм/с)

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{5 \times 10^{-5}}, \text{ дБ}$$

Шум, инфра- и ультразвук – это звуковые волны в воздухе. Инфразвук не слышен, имеет частоту до 20Гц; вызывает усталость, головную боль, недомогание. Они особенно опасны в резонансе с частотой биотоков мозга (7Гц).

Шум – это слышимые звуки с частотой 20-20000Гц. Их воздействие на человека неодинаково. Природные звуки полезны и необходимы. Полное отсутствие звуков – непереносимо. Шум слабой интенсивности может вызвать душевное расстройство, невроз. Шум интенсивностью 90-110дБ вызывает гипертонию, язвенную болезнь, тугоухость; 130-150дБ – травму органов слуха.

Ультразвук человек не слышит. При частоте 20-30КГц ультразвук распространяется в воздухе, а при 30КГц и выше – в колеблющейся среде. Ультразвук интенсивностью 120-130дБ вызывает ультразвуковую патологию: головную боль, чрезмерную утомляемость, сонливость, понижение артериального давления, нарушение вестибулярной функции. Параметр воздействия шума, инфра- и ультразвука на человека – среднеквадратичные значения звукового давления в абсолютных (Па) или относительных единицах

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{2 \times 10^{-5}}, \text{ дБ},$$

где $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ – пороговое значение звукового давления на частоте 1000Гц. Звуковое давление – это дополнительное к атмосферному переменное давление звуковых волн (положительное в фазе сжатия и отрицательное в фазе разрежения).

Частотная область вибрации и шума условно разделена на октавные полосы, в которых $f_v/f_n = 2$, где

f_v – частота верхней границы полосы,

f_n – частота нижней границы полосы.

Полоса характеризуется среднегеометрической частотой

$$f_{с.г} = \sqrt{f_v \times f_n}.$$

Предельно допустимые уровни (ПДУ).

ГОСТом 12.1.012-90 установлены ПДУ вибрации: общей – передающейся через опорные поверхности на тело стоящего или сидящего человека; локальной – передающейся через руки. ПДУ установлены в зависимости от частоты вибрации и характера работ (мм/с, дБ).

ГОСТом 12.1.003-83 установлены ПДУ шума в зависимости от частоты, характера работы и характера шума. Шумы подразделяются на:

- широкополосные с непрерывным сплошным спектром;
- тональные – в спектре имеются дискретные тона с превышением уровня на 10дБ.

Постоянный шум – уровень его меняется <5дБ в течение 8-часового рабочего дня.

Непостоянный шум – уровень его меняется >5дБ.

ГОСТом установлены предельные спектры (ПС) широкополосного постоянного шума. Для тональных шумов ПДУ на 5дБ менее ПС.

Непостоянный шум оценивают эквивалентным по энергии уровнем звука в дБА. «А» - характеризует шумомер для учета воздействия на человека шумов разной частоты.

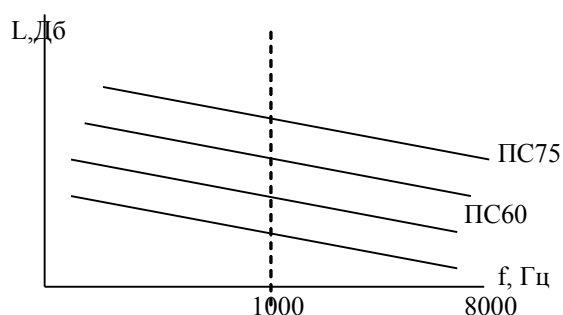
Ультразвук – ПДУ $\leq 75-110$ дБ при $f = 11-20$ КГц.

Интенсивность звука - I (Вт/кв.м) – поток энергии через единицу площади в единицу времени. I можно выразить через звуковое давление

$$I = \frac{\bar{P}^2}{\rho \cdot C}, \text{ Вт/м}^2 \qquad L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}$$

ρ – плотность среды, кг/м^3 , $\rho \cdot C$ – удельное акустическое сопротивление среды (для воздуха 410)

C – скорость звука, м/с, $L_P = L_I$, $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ (для 1000 Гц)



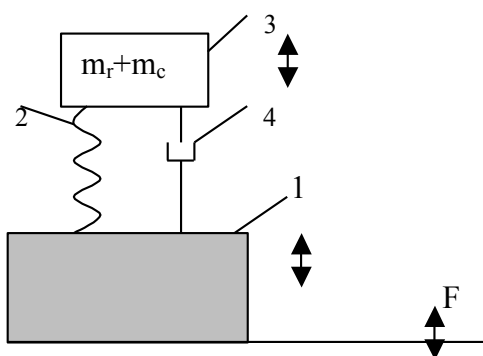
Контроль и измерение.

Уровни шума и общей вибрации измеряются на рабочих местах не реже 1 раз в год, локальные вибрации – не реже 2х раз в год.

Защита от вибрации.

На рисунке показаны: 1 – вибрирующая опора; 2 – жесткость системы; 3 – оператор; 4 – трение в системе; F – возбуждающая сила (Н)

Сила F – встречает сопротивление двух сил: 1) восстанавливающей $F_v = CX$, C - коэффициент жесткости виброизоляции, Н/м; X – перемещение, м; 2) силы трения $F_c = \mu V$, μ – коэффициент сопротивления трения Н*с/м, V - скорость перемещения, м/с (F_c вызывает рассеяние механической энергии). Колеблющаяся система оказывает также инерционное сопротивление.



$F_a = ma$; где m – масса (кг), a – виброускорение (м/с²)

Амплитуда виброскорости: $V = \frac{F}{\sqrt{\mu^2 + (m\omega - c/\omega)^2}}$, где

$\omega = 2\pi f$ – угловая частота возбуждающей силы в случае гармонических колебаний.

Способы защиты от вибрации

1. уменьшение возбуждающей силы – F ;
2. вибропоглощение – потери энергии на преодоление сил трения (увеличение коэффициента трения μ)
3. виброгашение – за счет потерь энергии на преодоление инерционного ($m\omega$) и упругого сопротивлений (c/ω)
4. устранение режимов резонанса; собственная угловая частота системы виброизоляции $\omega = \sqrt{c/m}$, $\omega \neq \omega_0$.

Защита от шума.

Интенсивность звуковой энергии на р.м. определяется

$$I = \frac{P \times G}{S \times K_{отл}} + \frac{4P}{\alpha \times S}, \text{ Вт/м}^2$$

где 1-ый член выражает прямую энергию звуковых волн, а 2-ой – отраженную от стен, потолка, оборудования и т.п.

Меры защиты (следуют из формулы):

1. уменьшение звуковой мощности P (Вт);
2. уменьшение фактора направленности излучения шума $\Phi = P^2/P_{ср}^2$;
3. увеличение площади S , на которую распространяется звуковая энергия. В свободном пространстве уровень шума в расчетной точке уменьшается пропорционально квадрату расстояния

$$L_x = L_{\text{ист}} - 20 \lg(x), \text{ дБ};$$

4. повышение коэффициента звукопоглощения (α). Помещения покрывают пористыми материалами, в порах звуковая энергия переходит в тепловую и рассеивается за счет трения воздуха.
5. увеличение коэффициента ослабления $K_{\text{осл}}$ звуковой энергии с помощью звукоизолирующих преград из твердых тяжелых материалов. Звуковая энергия отражается от них в сторону источника.

Звукоизоляция ослабляет шум на 30-40 дБ, звукопоглощение на 6-12 дБ.

Расчет защиты от шума.

Ослабление шума на р.м. должно быть не менее

$$\Delta L_{\text{расч}} \geq (L_{\Sigma \text{ист}} - L_{\text{доп}}) + (3 \div 5), \text{ дБ}$$

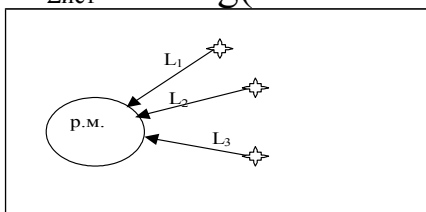
$L_{\text{доп}}$ – допустимый уровень шума, (3-5) дБ – запас;

$L_{\Sigma \text{ист}}$ – суммарный уровень шума на р.м от неск. источников.

Его измеряют или рассчитывают.

$$I_{\Sigma} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n,$$

$$L_{\Sigma \text{ист}} = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + 10^{0,1L_3} + \dots + 10^{0,1L_n}),$$



для однотипных источников (n) - $L_{\Sigma \text{ист}} = L_1 + 10 \lg(n)$,

Ослабление шума средствами шумозащиты:

1. ослабление звукоизоляционной преградой

$$\Delta L = 20 \lg(mf) - 60$$

m – масса 1 м^2 преграды, кг; f – звуковая частота, Гц.

2. ослабление звукоизоляционным кожухом с поглощающим материалом

$$\Delta L = 20 \lg(mf) - 60 + 10 \lg(\alpha), \quad \text{где } \alpha \text{ – коэффициент звукопоглощения ЗПМ.}$$

3. звукопоглощающие облицовки

$$I = I_{\text{прям}} + I_{\text{отр}} = \frac{P \times G}{4\pi x^2} + \frac{4P}{A},$$

$A = \sum \alpha_i \cdot S_i$ – эквив. площадь поглощения,

$$\Delta L = 10 \lg \frac{I_1}{I_2} = 10 \lg \frac{\frac{G}{4\pi x^2} + \frac{4}{A_1}}{\frac{G}{4\pi x^2} + \frac{4}{A_2}},$$

В случае только отраженного звука

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A_2}{A_1} \quad \text{или} \quad \Delta L = 10 \lg \frac{L_2}{L_1}.$$

