

Задача 1.19.

1.19. (1), Сферический излучатель звука потребляет 500 Вт электрической мощности. Его КПД составляет 60%. Определить в воде на расстоянии 1 км амплитуды давления в акустической волне и колебательной скорости частиц, а также интенсивность волны. Оценить амплитуду смещения частиц на различных частотах звукового диапазона.

$$P = 500 \text{ Вт} \quad \eta = 60\% \quad r = 1 \text{ км}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{акуст}}}{Q_{\text{электр}}} = \frac{P_1 \cdot \Delta t}{P_2 \cdot \Delta t} \Rightarrow P_1 = \eta \cdot P_2 = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$\Delta E = \langle w \rangle_T \cdot u \cdot \Delta t \cdot \delta S = P_1 \Delta t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I \delta S = P_1 = \eta P_2 \Rightarrow I 4\pi r^2 = \eta P_2$$

$$\Rightarrow I = \frac{\eta P}{4\pi r^2} = \frac{0.6 \cdot 500 \text{ Вт}}{4\pi (10^3)^2 \text{ м}^2} \approx 2.39 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \cdot \text{Н}^{-2}$$

$$I = \langle w_T \rangle u$$

$$\langle w_T \rangle = \left\langle \rho_0 \frac{u^2}{2} + \frac{\epsilon^2 E^2}{2} \right\rangle_T = \rho_0 \langle v^2 \rangle_T = \left\{ u = \frac{V_A}{r} \sin(\omega t - kr) \right\}$$

$$= \rho_0 \frac{V_A^2}{r^2} \int_0^T \frac{\sin^2(\omega t - kr)}{T} dt = \rho_0 \frac{V_A^2}{r^2} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T \sin^2(\omega t - kr) dt =$$

$$= \left\{ \int_0^T \sin^2(\omega t - kr) dt = \int_0^T \frac{1 - \cos 2(\omega t - kr)}{2} dt = \right.$$

$$= \frac{T}{2} - \frac{1}{4\omega} \int_0^T \cos 2(\omega t - kr) d(\omega t - kr) \cdot 2 = \frac{T}{2} \left. \right\} =$$

$$= \rho_0 \frac{V_A^2}{r^2} \cdot \frac{1}{2} = \rho_0 \frac{V_A^2}{r^2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow I = \rho_0 \frac{V_A^2}{2r^2} \cdot u \Rightarrow V_A = \sqrt{\frac{2Ir^2}{\rho_0 u}}$$

$$V = \dot{\zeta}_S \Rightarrow \zeta_{SA} = \frac{V_A}{\omega}$$

$$\zeta_{S_{\max}} \frac{\zeta_{SA}}{r} = \frac{V_A}{\omega r} = \sqrt{\frac{2 I r^2}{\mu \rho_0}} \cdot \frac{1}{\omega r} = \sqrt{\frac{2 I}{\mu \rho_0}} \cdot \frac{1}{\omega} = \sqrt{\frac{2 I}{Z}} \cdot \frac{1}{\omega}$$

$$V_{\max} = \frac{V_A}{r} = \sqrt{\frac{2 I}{Z}}$$

$$Z = \frac{P}{V} \Rightarrow Z = \frac{P_A}{V_A} \Rightarrow P_{\max} = \frac{P_A}{r} = Z \frac{V_A}{r} =$$

$$= Z \cdot \sqrt{\frac{2 I}{Z}} = \sqrt{2 I Z}$$