

## Тема № 8 Волны

- 8–1. Плоская продольная упругая волна распространяется в положительном направлении оси  $x$  в среде с плотностью  $\rho$  и модулем Юнга  $E$ . Найти проекцию скорости  $u_x$  частиц среды в точках, где относительная деформация среды равна  $\varepsilon$ .
- 8–2. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид  $\xi = A \cos(\omega t - kx)$ , где  $\xi$  – смещение частиц среды. Найти отношение амплитуды колебаний скорости частиц среды к скорости распространения волны.
- 8–3. В однородной среде с плотностью  $\rho$  установилась продольная стоячая волна смещений частиц  $\xi = a \cos(kx) \cdot \cos(\omega t)$ . Найти объемную плотность потенциальной энергии  $w_p$  в зависимости от  $x$  и  $t$ .
- 8–4. Струна длины  $l$  и диаметра  $d$ , изготовленная из материала плотностью  $\rho$ , дает основной тон частоты  $\nu$ . Найти силу натяжения струны.
- 8–5. На струне длины  $L$  образовалась стоячая волна, причем все точки струны с амплитудой смещения  $a$  находятся друг от друга на расстоянии  $L/8$ . Найти максимальную амплитуду смещения  $a_{\max}$  частиц струны.
- 8–6. Во сколько раз изменится частота основного тона натянутой струны, если ее длину уменьшить в  $n > 1$  раз, а силу натяжения увеличить в  $m > 1$  раз?
- 8–7. Для определения скорости звука в воздухе использовали трубу с подвижным поршнем и звуковой мембраной, закрывающей один из ее торцов. Какова скорость звука, если расстояние между соседними положениями поршня, при которых наблюдался резонанс на частоте  $\nu$ , равно  $l$ ?
- 8–8. Каково число возможных мод колебаний столба воздуха в трубе, частоты которых меньше некоторого значения  $\nu_0$ , если труба закрыта с одного конца? Длина трубы  $l$ , скорость звука в воздухе  $c$ .
- 8–9. Стержень длины  $l$  закреплен в середине. Найти число продольных мод колебаний стержня в диапазоне частот от  $\nu_1$  до  $\nu_2$ . Модуль Юнга материала стержня равен  $E$ , а его плотность  $\rho$ .

- 8–10. На струне массы  $m$  установились колебания с частотой  $\omega$ , соответствующие основному тону. Максимальная амплитуда смещения частиц струны  $a_{\max}$ . Найти максимальную кинетическую энергию струны.
- 8–11. В однородном стержне, площадь сечения которого  $S$  и плотность  $\rho$ , установилась стоячая волна смещений  $\xi = a \sin(kx) \cdot \cos(\omega t)$ . Найти полную механическую энергию, запасенную между двумя сечениями стержня, которые проходят через соседние узлы смещения.
- 8–12 Звуковая волна распространяется со скоростью  $V$  в положительном направлении оси  $x$ . В ту же сторону движутся наблюдатели 1 и 2 со скоростями  $V_1$  и  $V_2$ . Найти отношение частот  $\omega_2/\omega_1$ , которые зафиксируют наблюдатели.
- 8–13 Неподвижный наблюдатель воспринимает звуковые колебания от двух одинаковых камертонов, один из которых приближается к нему с некоторой скоростью  $V$ , а другой с такой же скоростью удаляется. При этом наблюдатель слышит биения с частотой  $\nu$ . Какова скорость  $V$ , если частота колебаний камертонов равна  $\nu_0$ ? Скорость звука в воздухе  $c$ , наблюдатель и камертоны находятся на одной прямой.
- 8–14 Неподвижный источник излучает монохроматические звуковые волны. К нему приближается стенка со скоростью  $u$ . Скорость распространения звука в среде  $c$ . Найти относительное изменение длины волны звука  $\Delta\lambda/\lambda$  при отражении от стенки.
- 8–15 Амплитуда колебаний давления в звуковой волне равна  $\Delta p$ . Найти поток энергии  $J$  в этой волне через площадку  $S$ , перпендикулярную к направлению распространения волны. Плотность воздуха  $\rho$ , скорость звука в воздухе  $c$ .
- 8–16 В двух стержнях одинаковой длины из разных материалов возбуждены поперечные колебания на основной частоте. Первый стержень закреплен с обоих концов, частота его колебаний  $\nu_1 = 1000$  Гц. У второго стержня закреплен один конец, скорость звука в нем  $\nu_2 = 2000$  м/с. Стержни дают биения с частотой  $f = 10$  Гц. Определить скорость звука в первом стержне.
- 8–17 Две одинаковые струны колеблются на основной частоте  $\nu = 600$  Гц. Во сколько раз надо увеличить натяжение одной из струн, чтобы они давали биения частотой 60 Гц?

- 8–18 На струне длиной 120 см установилась стоячая волна. Все точки струны с амплитудой смещения 3,5 мм отстоят друг от друга на 20 см. Найти максимальную амплитуду смещений для этого обертона.
- 8–19 Неподвижный источник звука излучает плоские волны на частоте  $\nu_0$ . Скорость звука  $c$ . От источника со скоростью  $u$  движется стенка. Найти частоту биений звука от источника и звука, отраженного от стенки, которую услышит наблюдатель, находящийся рядом с источником ( $u < c$ ).
- 8–20 В среде распространяется плоская волна, закон смещения частиц в которой  $\xi = a \cos(\omega t - kx)$ . Средняя плотность энергии волны  $w$ , скорость волны  $v$ , плотность среды  $\rho$ . Какова амплитуда деформаций частиц в волне?
- 8–21 Натяжение струны из материала плотности  $\rho$  равно  $F$ . В струне возбуждаются колебания частотой  $\nu$ , при этом на ней укладывается  $n$  полуволн. Диаметр поперечного сечения струны  $d$ . Какова длина струны?
- 8–22 Стержень, закрепленный с одного конца, звучит на основной частоте 700 Гц. Длина стержня  $L = 0,5$  м. Определить частоту второго обертона.
- 8–23 В однородной упругой среде распространяется плоская волна смещений частиц  $\xi(x, t) = a e^{-\delta x} \cos(\omega t - kx)$ , где  $a$ ,  $\delta$ ,  $\omega$  и  $k$  – заданные постоянные величины. Найти разность фаз колебаний в точках, где амплитуды смещений частиц среды отличаются друг от друга в  $e$  раз.
- 8–24 Точечный изотропный источник звука мощности  $P$  находится в центре круглого полого цилиндра радиуса  $R$  и длины  $l$ . Найти средний поток энергии, падающей от источника на боковую поверхность цилиндра.
- 8–25 Поезд приближается к туннелю в отвесной скале со скоростью  $v = 5$  м/с. Машинист дает гудок, частота которого 340 Гц. Какова частота биений звукового сигнала, который слышит машинист? Скорость звука равна 340 м/с.