

УДК 620.179.16

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Студентка гр. 11312122 Бальцевич Д. М.

Кандидат физ.-мат. наук, Красовский В. В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Ультразвуковые исследования (УЗИ) в настоящее время находят широкое применение в технике и в медицине. Эти методы являются неразрушающими (в медицине их называют неинвазивными).

В настоящей работе предлагается использовать метод аналогий между акустическими и электромагнитными волнами. При существенном различии их физической природы многие свойства у них совпадают. Например, рассмотреть в оптический микроскоп можно только объекты с линейными размерами не меньшими длины волны видимого света. Это по порядку величины составляет около 0,5 мкм. Длиной волны λ определяется пространственное разрешение в любом диапазоне электромагнитных волн. К примеру, для радиочастот в FM-диапазоне ($\nu \approx 100$ МГц) длина волны $\lambda = c/\nu \approx 3$ м, где $c = 3,00 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме. Радиолокация на таких частотах не позволит обнаружить объекты субметровых размеров. То же самое относится и к акустическим волнам. Мягкие биологические ткани пропитаны водой, поэтому скорость звука в них близка к скорости звука в воде $v_3 = 1,50 \cdot 10^3$ м/с. Поэтому для пространственного разрешения деталей порядка 1 мм (соответственно, длина звуковой волны не должна превышать эту величину) необходимо использовать частоты, не ниже $\nu = v_3/\lambda \approx 1,5 \cdot 10^6$ Гц. В современных медицинских УЗИ-аппаратах для разных целей используется ультразвук с частотой в интервале от 2 до 29 МГц. Ультразвуковая диагностика различных технических устройств требует использования частот, в несколько раз больших, так как в твердых телах скорость звука в 3–5 раз больше, чем в воде.

Несамосветящиеся объекты видны благодаря отражению падающего на них излучения от внешних источников. При абсолютно одинаковом отражении два совмещенных объекта невозможно различить. Наоборот, прозрачное тело заметно в прозрачной среде, если показатели преломления у тела и среды различны. Коэффициент отражения света при его нормальном падении на границу раздела прозрачных сред с показателями преломления n_1 и n_2 , соответственно, определяется формулой Френеля:

$$R = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2}. \quad (1)$$

Если $n_1 = n_2$, граница раздела становится невидимой. Так, например, стеклянная палочка вполне видна в стакане с водой, но становится «невидимкой» в вазелиновом масле. В акустике энергетический коэффициент отражения звука на границе раздела двух сред с акустическими сопротивлениями $\rho_1 v_{31}$ и $\rho_2 v_{32}$ (для первой и второй среды соответственно) равен [1]:

$$r = \frac{(\rho_2 v_{32} - \rho_1 v_{31})^2}{(\rho_2 v_{32} + \rho_1 v_{31})^2}. \quad (2)$$

При равенстве акустических сопротивлений звук проходит через границу раздела двух сред без отражения.

В акустике чаще возникает проблема ввода звука в исследуемую среду. Например, любой металл, очень «прозрачный» для звука полностью отражает звуковую волну, падающую на него из воздуха, вследствие большой разности акустических сопротивлений металла и газовой среды. Выход находят в использовании для ввода звука промежуточных иммерсионных жидкостных сред. Аналогию в оптике можно найти для фотонных кристаллов либо других метаматериалов, в которых скорость света может быть в тысячи раз меньше, чем в вакууме ($n \gg 1$).

Литература

1. Вощукова, Е. А. Физические основы строительной акустики / Е. А. Вощукова. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2019.