

ТОНКАЯ СТРУКТУРА АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ КРУГЛОЙ ПЬЕЗОПЛАСТИНЫ

В. И. БОРИСОВ, С. С. СЕРГЕЕВ, А. С. НИКИТИН
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Пьезопреобразователи на основе круглых пьезопластин очень широко применяются в акустическом неразрушающем контроле технических изделий и материалов. Характер акустического поля излучения таких преобразователей влияет на информационные возможности и достоверность проводимого контроля. Аналитическое решение для акустического поля круглых пьезопластин во всей области пространства удается получить лишь для точек, расположенных на акустической оси пьезопластины, также получены удовлетворительные аналитические выражения, описывающие акустическое поле в дальней зоне [1].

В предлагаемой работе приведены результаты численного расчета акустического поля излучения круглых пьезопластин для непрерывного режима возбуждения акустических волн.

Акустическое поле в каждой выбранной точке пространства A с координатами X, Y, Z определяется как результат интерференции всех сферических акустических волн, излучаемых N элементарными излучателями площадью $dS = r dr d\alpha$, расположенными в точке с координатами в цилиндрической системе координат $(r, \alpha, 0)$.

Для расчета акустического поля будем использовать численное интегрирование с применением как декартовой, так цилиндрической систем координат. При проведении интегрирования по поверхности пьезопластины заменяем искомый интеграл суммой, которая после разделения временной и пространственных координат дает следующее выражение для величины, пропорциональной амплитуде результирующей волны в точке A :

$$P(X, Y, z) = \sqrt{\left(\sum_0^N \frac{zr}{r^2 + z^2} \cos \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{r^2 + z^2} \right)^2 + \left(\sum_0^N \frac{zr}{r^2 + z^2} \sin \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{r^2 + z^2} \right)^2}. \quad (1)$$

На рис. 1 приведено распределение амплитуды результирующей волны P в относительных единицах вдоль оси пьезопреобразователя на различных расстояниях z от пьезопластины. Расчеты выполнялись для пьезопластины диаметром 10 мм с резонансной частотой 2,5 МГц, нагруженной на воду, работающей в непрерывном режиме, что соответствует длине волны в воде 0,6 мм.

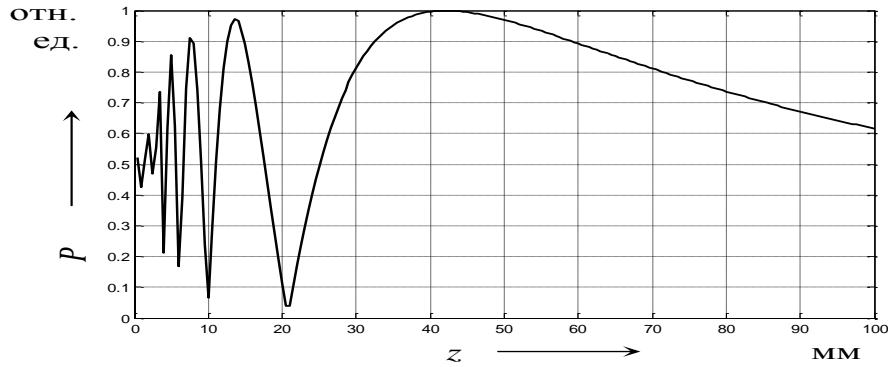


Рис. 1. Распределение амплитуды давления акустической волны на оси круглой пьезопластины диаметром 10 мм

Из рис. 1 видно, что акустическое поле делится на ближнюю (расстояние от пьезопластины от 0 до 42 мм) и дальнюю (расстояние более 42 мм) зоны. Видно, что максимальное давление акустической волны наблюдается на расстоянии 42 мм, что соответствует размеру ближней зоны, определяемому теоретически [1]. На рис. 2 сплошными линиями приведены радиальные зависимости давления в осевых плоскостях пьезопластины на разных расстояниях.

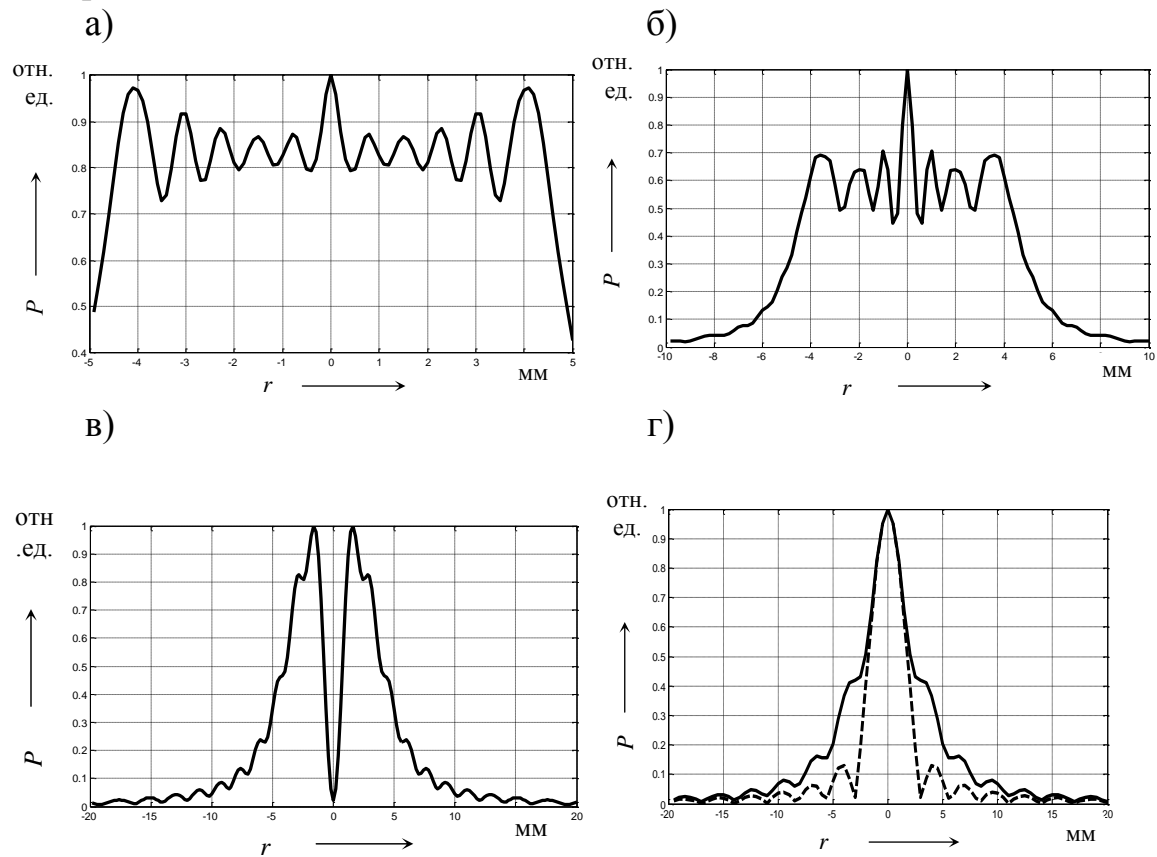


Рис. 2. Радиальные зависимости акустического поля в ближней зоне в осевых плоскостях пьезопластины на разных расстояниях от пьезопластины (а – 2 мм от пьезопластины, б – 5 мм, в – 20,8 мм, г – 42 мм)

Из рис. 2 видно, что акустическое поле в ближней зоне носит неоднородный характер. Вблизи поверхности пьезопластины максимальное значение давления акустической волны наблюдается возле края пьезопластины, но с увеличением расстояния от пьезопластины на ее оси формируется максимум акустического поля, в который перетекает все больше энергии акустической волны по мере увеличения расстояния от пьезопластины. На рисунке 3 сплошной линией приведено радиальное распределение акустического поля в дальней зоне на расстоянии 100 мм от пьезопластины (рис. 3, а) и общий вид поля на этом же расстоянии (рис. 3, б).

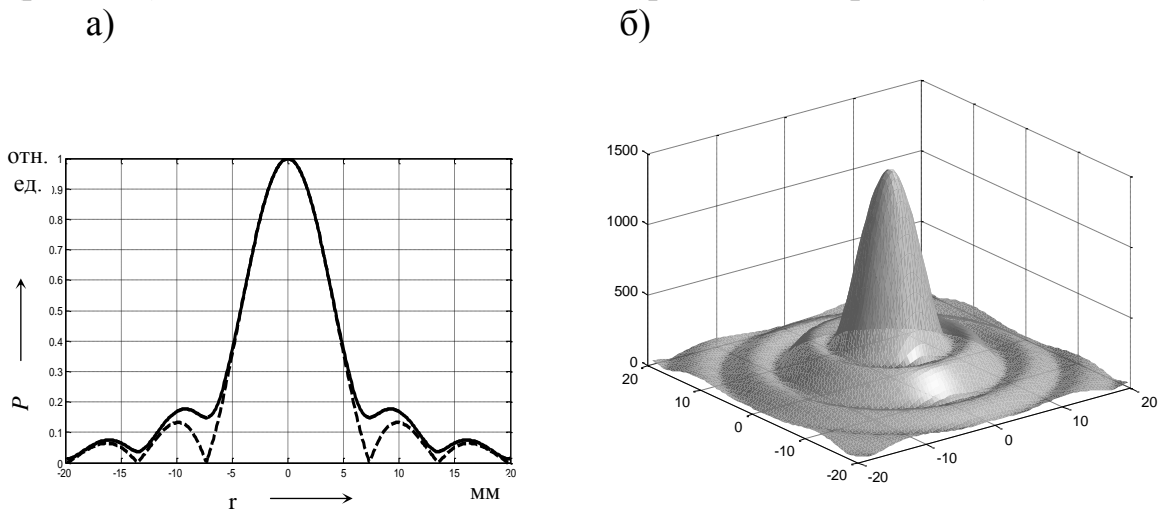


Рис. 3. Распределение акустического поля в дальней зоне на расстоянии 100 мм от пьезопластины

Из рис. 3 видно, что в дальней зоне основная доля энергии акустической волны сосредоточена в околоосевой зоне пьезопластины и по мере удаления все больше энергии перекачивается в основной максимум.

На рис. 2, г и рис. 3, а штриховой линией приведена зависимость радиального распределения амплитуды акустической волны, описываемая известной аналитической зависимостью $\left| \frac{J_1(X)}{X} \right|$, где J_1 – функция Бесселя первого рода первого порядка, а $X = ak \sin \theta$, где a – радиус пьезопластины, k – волновое число акустической волны в воде, а θ – угол, между перпендикуляром к пьезопластине и направлением на точку, в которой определяется амплитуда волны. Видно, что эта функция хорошо описывает акустическое поле в области центрального максимума.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолаев, И. Н. Неразрушающий контроль: практ. пособие в 5 кн. Кн. 2. Акустические методы контроля / И. Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов; под ред. В. В. Сухорукова. – М. : Высш. шк., 1991. – 283 с.