

## АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ФОКУСИРУЮЩЕГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Фокусирующие пьезопреобразователи (ПЭП), применяемые в неразрушающем акустическом контроле материалов и изделий имеют некоторые преимущества перед нефокусирующими, так как они позволяют повысить чувствительность и разрешающую способности контроля применяются. Так как акустическое поле излучения пьезопреобразователей формируется в результате интерференции когерентных акустических волн, излучаемых отдельными элементарными площадками пьезопластин, то результирующая интерференционная картина обычно имеет сложный характер, так как кроме основных максимумов акустическое поле содержит ряд дополнительных максимумов, которые могут исказить результаты акустического контроля.

В предлагаемой работе приведены результаты численного анализа акустического поля излучения пьезопластин в виде участка цилиндрической поверхности при непрерывном возбуждении акустических волн.

Расчетная схема ПЭП в виде участка пьезопластины цилиндрической формы, приведена на рисунке 1.

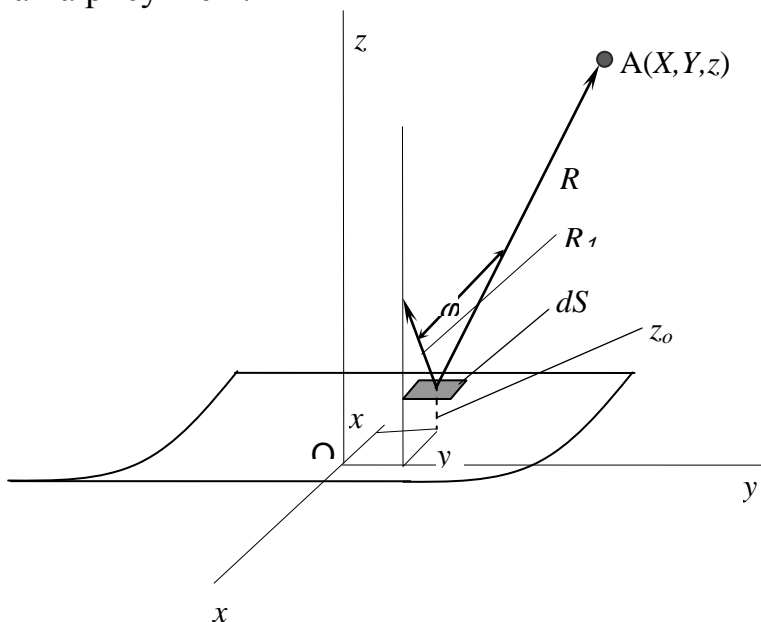


Рисунок 1 – Схема для расчета акустического поля излучения цилиндрического ПЭП

Результирующая величина акустического давления (в произвольных единицах) в точке  $A$  с координатами  $X, Y, z$  на расстоянии  $R$  от точечного излучателя площадью  $dS$ , расположенного в точке с координатами  $x, y, z_0$ , с применением методики расчета пьезоэлектрических преобразователей, приведенной в работе [1], будет определяться следующим выражением:

$$P(X, Y, z) = \sqrt{\left(\sum_0^N \frac{\cos \varphi}{R} \cos \frac{2\pi}{\lambda} R\right)^2 + \left(\sum_0^N \frac{\cos \varphi}{R} \sin \frac{2\pi}{\lambda} R\right)^2},$$

где  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  – модуль волнового вектора (волновое число);

$\lambda$  – длина волны в материале среды, где распространяется акустическая волна.

Полученное выражение позволяет определить амплитуду давления  $P$  (в относительных единицах) акустической волны, генерируемой пьезопластиной в виде цилиндрической поверхности в любой точке полупространства.

Представленные в работе результаты расчета акустического поля излучения проводились для непрерывного режима работы пьезопреобразователя на частоте 5 МГц, граничащего с водой, что соответствует длине акустической волны в водной среде 0,3 мм.

Характерный вид распределения давления акустических волн вдоль оси цилиндрического пьезопреобразователя приведен на рисунке 1.

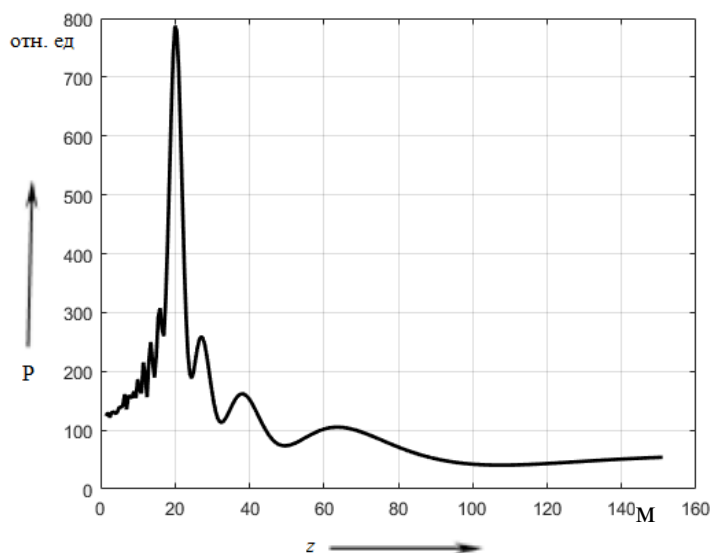


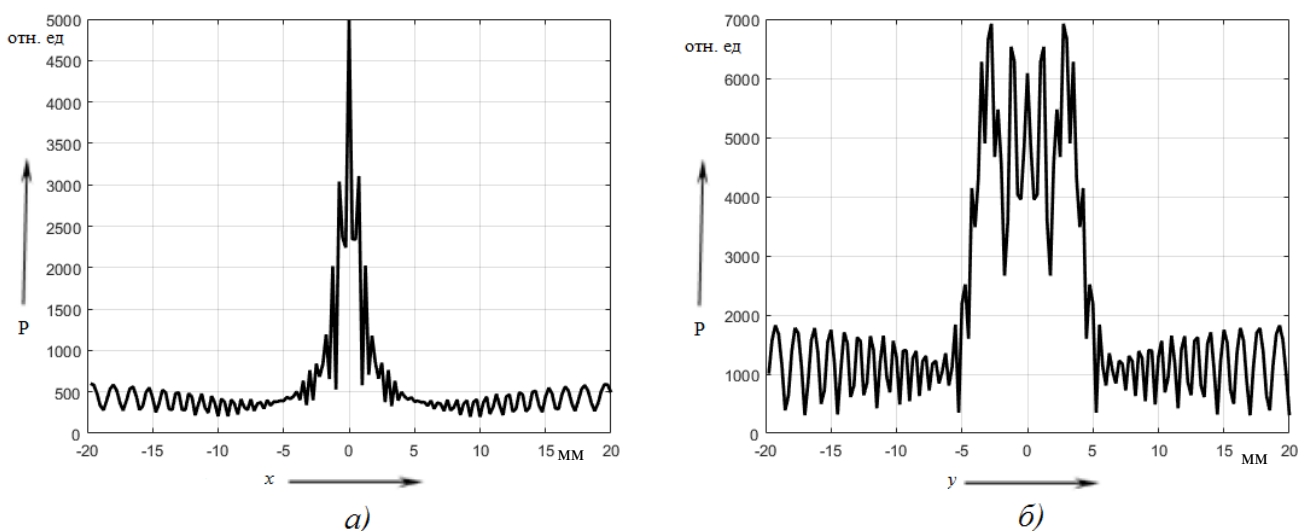
Рисунок 1 – Зависимость акустического давления  $P$  вдоль оси цилиндрической пьезопластины с радиусом кривизны 20 мм и размерами 15×15 мм

Из рисунка 1 видно, что в поле излучения можно четко выделить ближнюю зону, расположенную между пьезопластиной и фокальной плоскостью, где наблюдается осциляция давления акустических волн, фокальную область, в

которой наблюдается фокусировка акустических волн и величина акустического давления достигает максимума, и дальнюю зону, где наблюдается постепенное уменьшение давления при удалении от пьезопластины.

При этом оказывается, что фокусное расстояние не всегда равно радиусу кривизны пьезопластины, а зависит от ее размера. Так для пьезопластины с радиусом кривизны 20 мм и размерами 10×10 мм фокусное расстояние составляет 18 мм, а для пьезопластины с таким же радиусом кривизны, но размерами 15×15 мм фокусное расстояние равно 20 мм.

Характер акустического поля в дальней зоне носит немонотонный характер, а наблюдаются осцилляции акустического давления, глубина и период которых зависят как от размера пьезопластин, так и от их радиуса кривизны. В фокальной плоскости давление акустических волн носит неоднородный характер. Так, к примеру, на рисунке 3 приведено поперечное распределение давления акустических волн в плоскости, перпендикулярной оси пьезопластины с радиусом кривизны 20 мм и размерами 10×10 мм на расстоянии 18 мм (фокальная плоскость).



а) в направлении оси  $Ox$ ; б) в направлении оси  $Oy$ .

Рисунок 3 – Распределение акустического давления  $P$  в области фокуса для цилиндрической пьезопластины, с радиусом кривизны 20 мм и размерами 10×10 мм

Из рисунка 3 видно, что в фокальной плоскости распределение давления акустических волн носит неоднородный характер как в направлении образующей цилиндрической пьезопластины, так и перпендикулярном направлении.

#### Литература

1 Борисов, В.И. Тонкая структура акустического поля излучения прямоугольных пьезопластин / В. И. Борисов, С. С. Сергеев, А. С. Никитин. – Вестник Белорусско-Российского университета, – 2014, №2(43). – С. 105-113.