

## **АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ИЗЛУЧЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ РЕШЕТЧАТЫХ ФОКУСИРУЮЩИХ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Для повышения чувствительности и разрешающей способности неразрушающего акустического контроля часто используются излучающие фокусирующие пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП), в виде фазированных решеток состоящих из отдельных пьезоэлектрических элементов различной формы, на которые подаются возбуждающие электрические сигналы с различными фазами. Применение таких ПЭП в неразрушающем акустическом контроле позволяет также повысить достоверность контроля. Так как акустическое поле ПЭП формируется в результате интерференции когерентных акустических волн, то кроме основных максимумов оно содержит ряд дополнительных, которые могут влиять на эффективность работы ПЭП.

В предлагаемой работе приведены результаты численного анализа акустического поля излучения фокусирующего пьезопреобразователя в виде кольцевой решетки, состоящей из 17 концентрических кольцевых пьезоэлементов, на которые возбуждающие электрические сигналы подаются в одной фазе, т. е. ПЭП представляет собой акустический аналог оптической зонной пластинки Френеля.

Расчетная схема такого ПЭП приведена на рисунке 1.

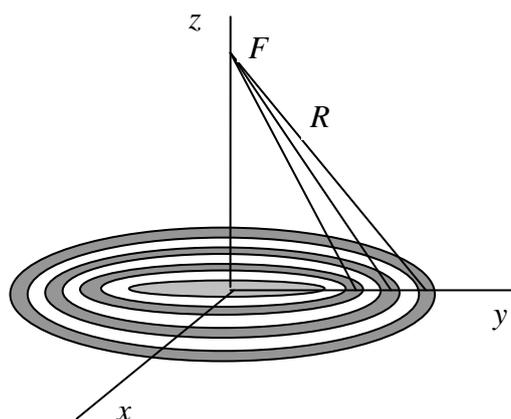


Рисунок 1 – Схема кольцевой фокусирующей фазированной решетки

Параметры решетчатого пьезопреобразователя выбирались таким образом, что радиус кольцевых пьезоэлементов выбирался таким, чтобы расстояние от центра соседних колец до выбранной фокальной точки  $F$  отличалось на длину волны в пространстве, где распространяются акустические волны. Для устранения влияния соседних кольцевых элементов друг на друга кольцевой зазор между элементами выбирался равным половине длины акустической волны в области ее распространения.

Расчеты акустического поля излучения проводились для резонансной частоты пьезоэлементов 5 МГц, и длины волны 0,3 мм, что соответствует нагружению ПЭП на водную среду.

Результирующая величина акустического давления  $P$  (в произвольных единицах) в точке  $F$  с координатами  $0,0,z$  на расстоянии  $R$  от элементарного излучателя площадью  $dS$ , расположенного в точке с координатами  $x, y, 0$  с применением методики расчета пьезоэлектрических преобразователей, приведенной в работе [1], будет определяться следующим выражением:

$$P(0,0,z) = \sqrt{\left(\sum_0^N \frac{rz}{R^2} \cos \frac{2\pi}{\lambda} R\right)^2 + \left(\sum_0^N \frac{rz}{R^2} \sin \frac{2\pi}{\lambda} R\right)^2}, \quad (1)$$

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

$r$  – расстояние от центра ПЭП до элементарного излучателя площадью  $dS$ .

Полученное выражение (1) позволяет определить амплитуду давления  $P$  акустической волны в относительных единицах, генерируемой кольцевым решетчатым ПЭП в любой точке его оси.

Расчет акустического поля излучения проводится следующим образом. Сначала производится расчет структуры кольцевого пьезопреобразователя путем выбора количества кольцевых пьезоэлементов, расстояния между отдельными элементами и ширину и диаметр отдельных колец для определенного фокусного расстояния от плоскости пьезоэлементов до фокальной точки  $F$ , а затем на основании формулы (1), проводится расчет акустического поля излучения ПЭП.

К примеру, на рисунке 2 приведена зависимость давления акустических волн вдоль оси пьезопреобразователя для фокусного расстояния 100 мм с шириной колец, равной половине длины волны.

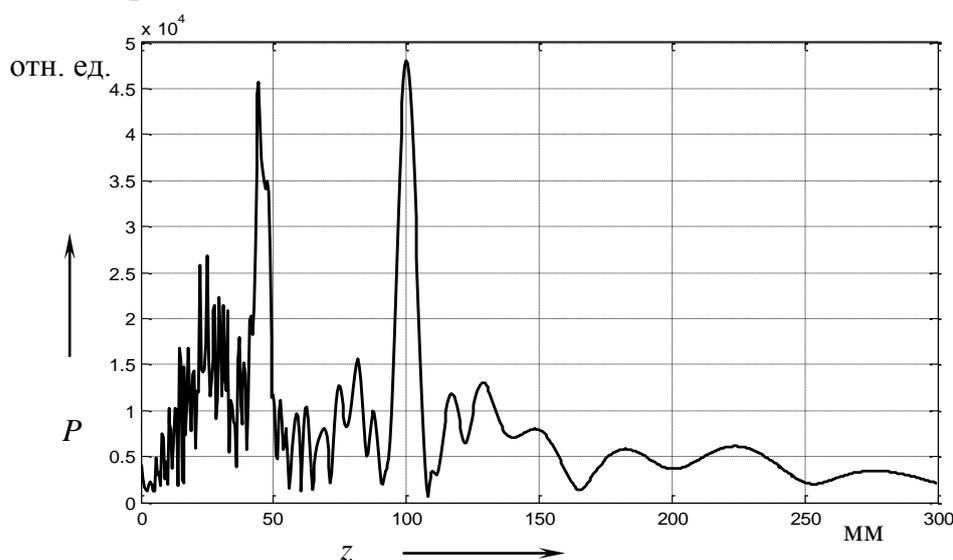


Рисунок 2 – Распределение давления акустических волн вдоль оси пьезопреобразователя при при рассчитанном фокусном расстоянии 100 мм

Из приведенного рисунка 2 видно, что акустическое поле вдоль оси кольцевого решетчатого пьезопреобразователя отличается от акустического поля активных концентраторов на основе вогнутых пьезопластин различной формы [2]. Так для решетчатого ПЭП кроме неупорядоченных осцилляций акустического давления в ближней зоне наблюдается дополнительный фокус, расположенный на расстоянии 45 мм кроме рассчитанного фокуса с фокальным расстоянием 100 мм. Анализ акустических полей кольцевых ПЭП, рассчитанных для других фокусных расстояний показал, что дополнительный фокус в ближней зоне наблюдается на расстояниях, приблизительно в два раза меньше рассчитанных фокусных расстояний. В дальней зоне кольцевых ПЭП наблюдается нерегулярные осцилляции акустического давления.

Рисунок 3 иллюстрирует распределение давления акустических волн 17 элементной кольцевой решетки в зависимости от радиуса  $r$  в плоскости рассчитанного фокусного расстояния 100 мм.

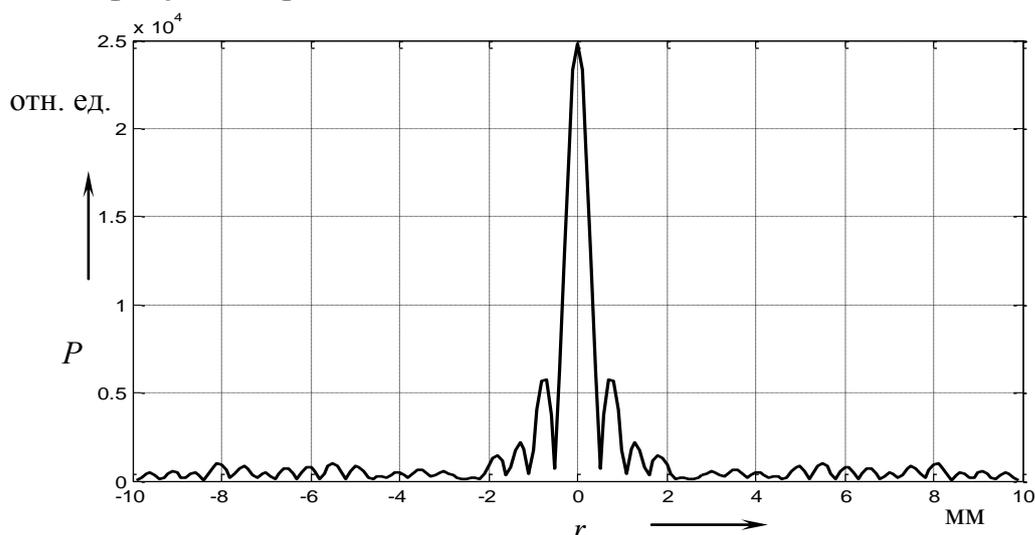


Рисунок 3 – распределение акустического давления в плоскости, перпендикулярной оси пьезопреобразователя на расстоянии 100 мм

Из рисунка 3 видно, что в области основного фокуса вся энергия акустических волн формируется в виде акустического пучка, диаметр которого по уровню половинной амплитуды равен 1,6 мм.

Анализ акустического поля рассматриваемого ПЭП показал, что оно имеет аналогичный вид как для ширины пьезоколец равной половине длины волны, так и для колец шириной в длину волны, а также и для колец с различной шириной, но равной площадью.

#### Литература

1 Борисов, В. И. Тонкая структура акустического поля излучения пьезопреобразователей на основе круглых пьезопластин / В. И. Борисов, С. С. Сергеев, А. С. Никитин. – Вестник Белорусско-Российского университета. – 2015, № 4(48). – С. 102-108.

2 Борисов, В. И. Акустическое поле излучения активных концентраторов на основе пьезопластин в виде поверхностей второго порядка / В. И. Борисов, С. С. Сергеев, В. А. Новиков, Е. Н. Прокопенко. – Вестник Белорусско-Российского университета. – 2018, №1(58). – С. 104-111.