

*Н.И. Казаченко, студ.; рук. Е.Н. Прокопенко, ст. преп.
(Белорусско-Российский университет, г. Могилев)*

ПЕРЕСТРОЙКА ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ФРЕНЕЛЕВСКИХ РЕШЕТОК

В настоящее время при проведении ультразвукового неразрушающего контроля все большее внимание уделяется вопросам повышения чувствительности и разрешающей способности. Для этих целей используются многоэлементные пьезопреобразователи (ПЭП) – фазированные решетки, состоящие из отдельных пьезоэлектрических элементов, на которые подаются возбуждающие электрические сигналы с различными фазами. Суммарное акустическое поле такого преобразователя формируется в результате интерференции когерентных акустических волн.

В предлагаемой работе приведены результаты численного анализа возможности перестройки фокусного расстояния фокусирующего преобразователя на основе френелевской решетки. Преобразователь состоит из 17 концентрических кольцевых элементов. Ширина каждого элемента равна половине длины акустической волны и каждый элемент настроен на определенное фокусное расстояние. Возбуждающие сигналы подаются на элементы с последовательным увеличением фазового сдвига на отдельных кольцевых элементах акустической решетки в направлении от центрального элемента решетки к периферийным и наоборот.

Расчетная схема такого ПЭП приведена на рисунке 1 [1].

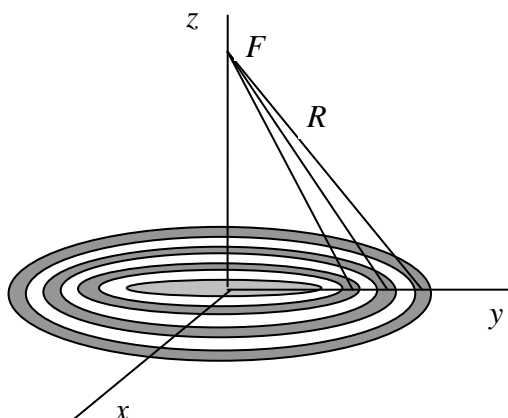


Рисунок 1 – Схема кольцевой фокусирующей фазированной решетки

Расчеты были проведены для резонансной частоты пьезоэлементов 5 МГц и длины волны 0,3 мм, что соответствует нагружению ПЭП на водную среду.

Расчет преобразователя был проведен в соответствии с методикой, представленной в [2]. Результирующая величина акустического давления P в точке F будет определяться в соответствии со следующей формулой:

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

где λ – длина волны в материале среды, где распространяется акустическая волна;

r – расстояние от центра ПЭП до элементарного излучателя;

φ – фаза подаваемого на кольцевые элементы решетки возбуждающего электрического сигнала.

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

На рисунке 2 приведена зависимость давления акустических волн вдоль оси пьезопреобразователя, рассчитанного для фокусного расстояния 100 мм, при подаче электрических возбуждающих сигналов на элементы решетки от цен-

трального к периферийному, а на рисунке 3 – сигналы подаются в обратном порядке. Сдвиг фаз $\varphi = \pi/17$.

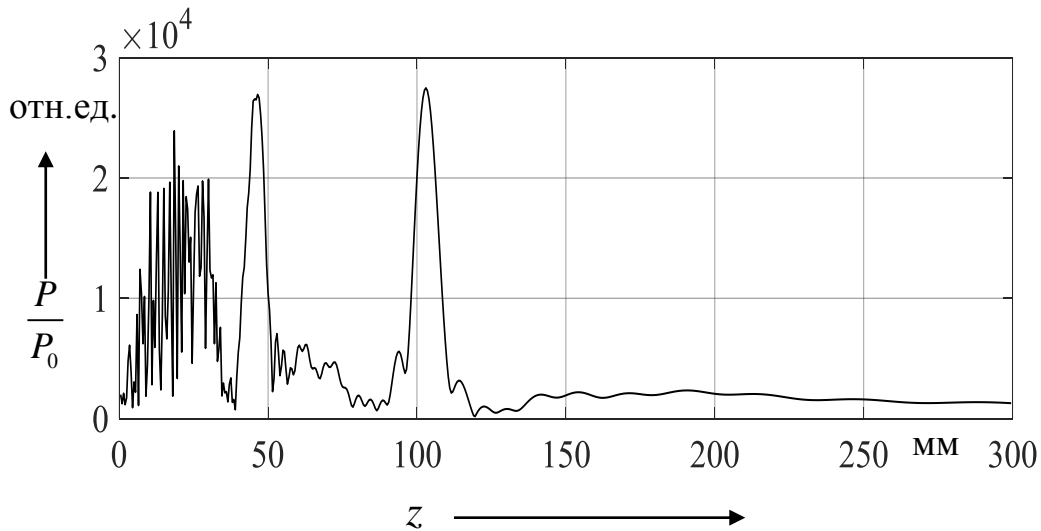


Рисунок 2 – Распределение давления акустических волн вдоль оси пьезопреобразователя при сдвиге фазы от центрального элемента к периферийному

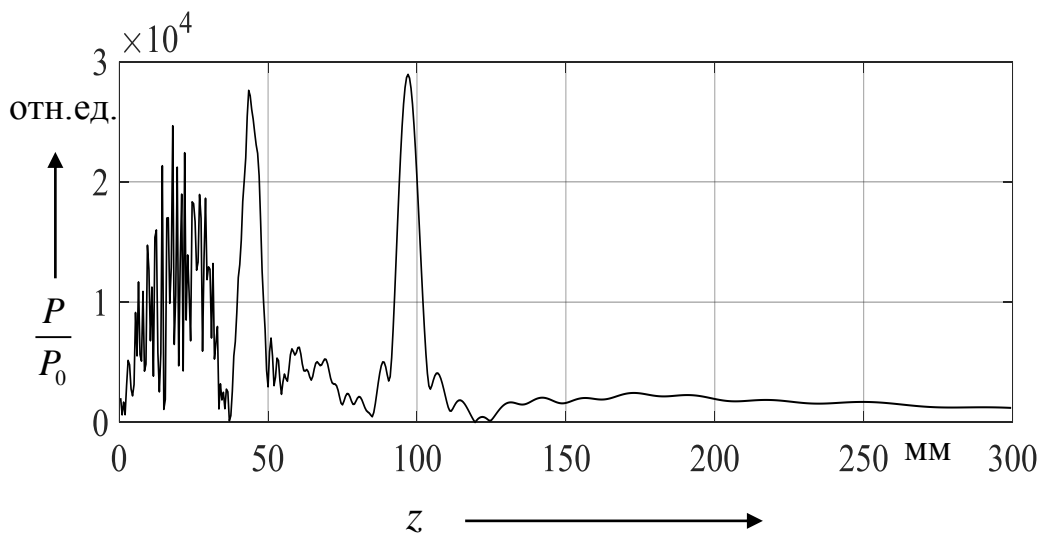


Рисунок 3 – Распределение давления акустических волн вдоль оси пьезопреобразователя при сдвиге фазы от периферийного элемента к центральному

Как видно из приведенных рисунков, при наличии сдвига фаз подаваемых сигналов на элементы решетки происходит смещение максимума давления акустических волн вдоль оси преобразователя, причем при сдвиге фаз от центрального элемента к периферийному максимум сдвигается в сторону увеличения фокусного расстояния (рисунок 2), а при сдвиге фаз от периферийного элемента к центральному – происходит смещение максимума в сторону уменьшения фокусного расстояния (рисунок 3).

На рисунках 4, 5 представлено распределение давления акустических волн в основной фокальной плоскости преобразователя при различном сдвиге фаз между элементами.

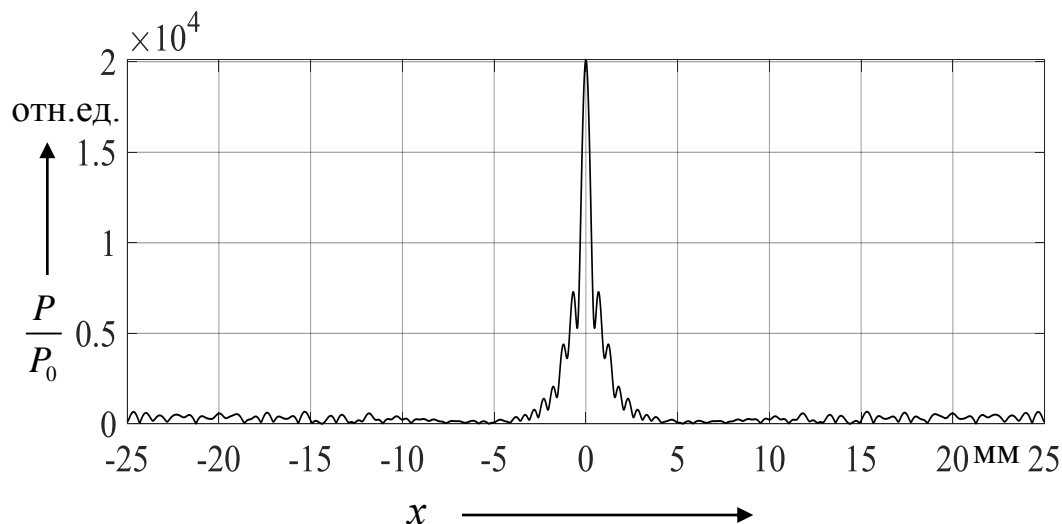


Рисунок 4 – Распределение давления акустических волн в основной фокальной плоскости пьезопреобразователя при сдвиге фазы $\varphi = \pi / 17$

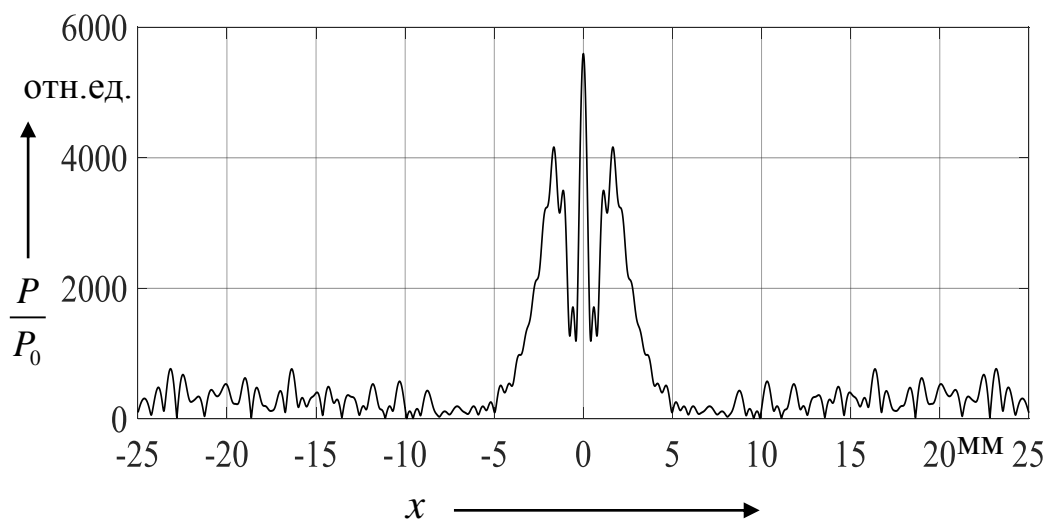


Рисунок 5 – Распределение давления акустических волн в основной фокальной плоскости пьезопреобразователя при сдвиге фазы $\varphi = \pi / 6$

Из рисунка 4 видно, что при небольшом сдвиге фаз между элементами решетки поле в области фокуса формируется в виде акустического пучка, имеющего симметричную форму и один четко выраженный максимум. Диаметр по уровню половинной амплитуды равен 2 мм.

При увеличении значения φ (рисунок 5) происходит формирование дополнительных максимумов поля в поперечном сечении преобразователя в области фокуса. Форма пучка остается симметричной.

Из приведенного численного анализа видно, что наблюдаемая перестройка фокусного расстояния может быть использована для задач акустического неразрушающего контроля материалов и изделий.

Литература

1 Казаченко, Н. И. Акустическое поле излучения кольцевых решетчатых фокусирующих пьезопреобразователей / Н. И. Казаченко, В. И. Борисов // Информационные технологии, энергетика и экономика: сборник трудов XVI МНТК студентов и аспирантов. Т. 1, Смоленск, 25-26 апреля 2019 г. /МЭИ (Смоленский филиал). – Смоленск, 2019.– С. 283–285.

2 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.