

акустического пучка в фокусе на расстоянии 18 мм по уровню половинной амплитуды равна 1 мм. Видно, что в данной точке акустическое поле представляет один основной максимум, расположенный на оси пьезопластины. В области дополнительного максимума на расстоянии 55 мм акустическое поле содержит два максимума, сравнимые по интенсивности, один из которых расположен на оси пьезопластины и ширина которого по уровню половинной амплитуды равна 3 мм, а второй на расстоянии 3,5 мм от оси пьезопластины и ширина которого по уровню половинной амплитуды составляет 13 мм.

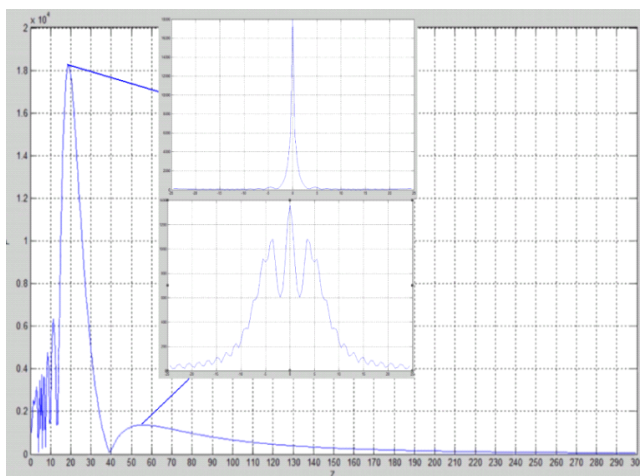


Рис. 3. Распределение амплитуды акустического давления вдоль оси кольцевой фазированной решетки с $Z = 20$ мм

Таким образом, приведенные исследования показали, что при удалении от фокуса акустическое поле носит практически монотонный характер, амплитуда которого постепенно убывает по мере удаления от решетки. Эффективная фокусировка акустических волн наблюдается на расстояниях от 20 до 75 мм от пьезорешетки при наблюдаемых фокусных расстояниях меньших чем те, для которых рассчитывались фазовые задержки, что связано с угловой расходимостью акустического пучка от каждого элемента пьезорешетки. При уменьшении частоты увеличивается амплитуда в максимуме и уменьшается фокусное расстояние.

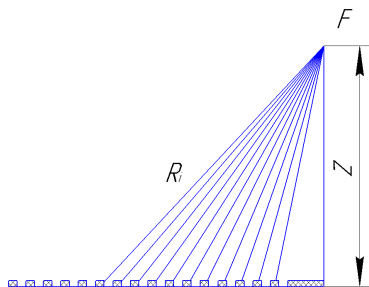


Рис. 1. Схема расчета фазового сдвига на кольцах решетки

На рис. 2 представлено распределение амплитуды акустического давления вдоль оси кольцевой фазированной решетки с фазами, рассчитанными для фокусировки пучка на расстоянии 30 мм от пьезопластины.

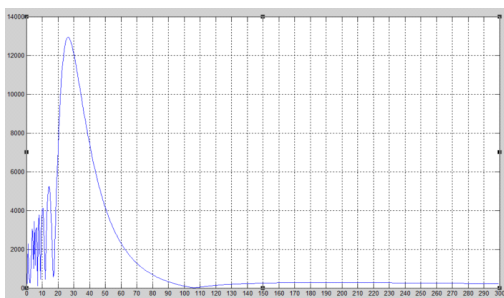


Рис. 2. Распределение амплитуды акустического давления вдоль оси кольцевой фазированной решетки с $Z = 30$ мм и $\lambda = 0,3$ мм

Из приведенного рис. 2 видно, что акустическое поле излучения имеет один основной максимум, расположенный на расстоянии 26 мм, что не совпадает с предполагаемым фокусным расстоянием 30 мм. При дальнейшем увеличении расстояния от пьезорешетки амплитуда акустической волны монотонно убывает.

Проведенный анализ влияния частоты акустических волн на акустическое поле излучения показал, что для пьезопластин с резонансной частотой 2,5 МГц, что соответствует длине волны 0,6 мм, также наблюдается один максимум, величина которого немного больше, чем для частоты 5 МГц. Фокусное расстояние для излучения с частотой 2,5 МГц составляет 22 мм, которое также меньше 30 мм.

На рис. 3 приведено распределение акустического давления вдоль оси пьезопреобразователя с фазовыми задержками, рассчитанными для фокусного расстояния 20 мм. На вставках рис. 3 приведены поперечные распределения акустического поля на разных расстояниях от решетки, которые отмечены соответствующими линиями. Из рис. 1–3 видно, что ширина



В. А. НОВИКОВ

Научный руководитель В. И. БОРИСОВ, д-р физ.-мат. наук, проф.
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Применение фазированных акустических решеток (ФАР) в качестве источников и приемников ультразвука находят широкое применение в акустическом неразрушающем контроле материалов и изделий, благодаря возможности динамической перестройки их акустического поля излучения.

Формы, размеры и конструкции современных ФАР весьма разнообразны; их разнообразие определяется как типом используемых излучателей, так и характером их расположения.

Приведены результаты расчетов акустического поля излучения фазированной решетки в виде 17 колец разного диаметра, с общим диаметром 10 мм. Ширина каждого кольца и расстояние между ними составляет 0,15 мм. Все элементы решетки, нагруженные на воду, работают на частоте 5 МГц, что соответствует длине акустической волны в воде 0,3 мм.

Давление в каждой точке полупространства $A(X, Y, z)$, в которое излучается акустическая волна, определяется по формуле

$$P(X, Y, z) = \int_S \frac{P_0}{R} \cos \varphi (\cos(\omega t - kR)) dS = \int_S \frac{P_0}{R} \cos \varphi \left(\cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} R + \psi \right) \right) dS,$$

где R – расстояние от точечного излучателя площадью dS , до точки A ; λ – длина волны в материале среды, где распространяется акустическая волна; P_0 – амплитуда акустической волны вблизи пьезопластины; ψ – начальная фаза волны.

Для определения результирующего давления для точек, расположенных на оси пьезопреобразователя, фаза от всех элементов на одном кольце будет одинакова. Изменение фазы от разных колец рассчитывалось в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1, на котором приведены геометрические пути от излучающих пьезоэлементов до предполагаемой фокальной точки, расположенной на расстоянии Z от пьезопластин. Расчеты фаз проводились таким образом, чтобы они были одинаковы для всех элементов решетки, т. е. чтобы точка F являлась фокусом.