

## Список информационных источников

1 Суржиков А.П., Фурса Т.В., Хорсов Н.Н. К вопросу о механизме механоэлектрических преобразований в бетонах. – ЖТФ, 2001, т. 71, вып. 1, с. 57-61.

2 Фурса Т.В., Данн Д.Д. Механоэлектрические преобразования в гетерогенных материалах, содержащих пьезоэлектрические включения.– ЖТФ, 2001, т.91, вып.8,с.53-58.

3 Фурса Т.В., Суржиков А.П., Данн Д.Д. Разработка метода дефектоскопии гетерогенных диэлектрических материалов, основанного на использовании явления механоэлектрических преобразований.– Дефектоскопия,2010,№1,с.8-13.

4 Becker J., Jacobs L.J., Qu J. Characterization of cement-based materials using diffuse ultrasound. – J.Eng.Mech,2003,v.129,№12,p.1478-1484.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ С ФАЗИРОВАННЫМИ РЕШЕТКАМИ

*Мордус Р.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Капранов Б.И., д.т.н., профессор кафедры физических методов и приборов контроля качества*

В данной статье рассматриваются физические особенности формирования сигналов, излучаемых прямыми линейными (одномерными) преобразователями с фазированными решетками в контролируемую среду.

Пусть линейная решетка длиной  $l_p$  образована  $N_s = 2^m$  ( $m = 2,3, \dots$ ) излучающими элементами, расположенными на оси  $Ox$  симметрично относительно начала координат  $O$  системы  $S$  так, как показано на схеме (рис. 1), тогда базовое расстояние между их центрами  $r_0 = \frac{l_p}{N_s}$ .

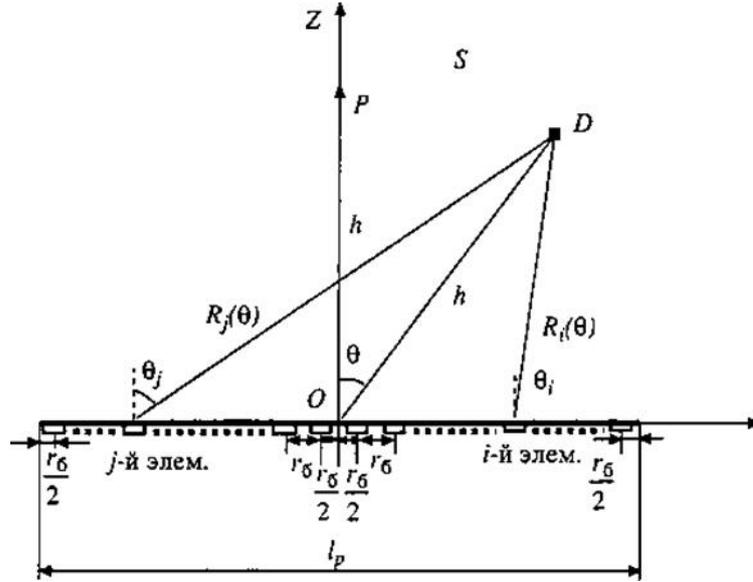


Рис. 1. Схема линейной решетки с излучающими элементами

Сама точка  $O$  расположена в центре решетки. Эти элементы создают давление в направлении оси  $OZ$  в пределах их протяженности по оси  $OX$ , при этом волновые размеры элементов (по  $OX$ ) предполагаются малыми, то есть произведение волнового числа продольной волны в среде на длину элемента не превышает 1. Точка фокусировки  $P$  удалена по оси  $OZ$  на расстояние  $h$  от  $O$ . Дальность от  $i$ -го элемента, удаленного от центра  $O$  по оси  $OX$  на расстояние  $r_0(i - 0,5)$ , до точки  $P$  равна

$$R_i = \sqrt{h^2 + r_0^2 (i - 0,5)^2} \quad (1)$$

а задержка сигнала по отношению к времени распространения по оси  $OZ$  на расстояние фокусировки  $h$  (из начала координат до точки фокусировки)

$$\Delta t_i^{(0)} = \frac{R_i - h}{c} = \left[ \sqrt{h^2 + r_0^2 (i - 0,5)^2} - h \right] / c \quad (2).$$

Для фокусировки суммарного сигнала в точке  $P$  необходимо опережение излучения сигнала  $i$ -го элемента на значение  $\Delta t_i^{(0)}$ . В этом случае излучаемые импульсы достигают указанной точки в одно время, а регистрируемый сигнал максимален.

Расстояние от  $i$ -го излучающего элемента, находящегося в области  $X > 0$  (справа от начала координат  $O$ ), до текущей точки  $D$ , удаленной от  $O$  на расстояние  $h$  в направлении под углом  $\theta$  к оси  $OZ$ , равно

$$R_i(\theta) = \sqrt{h^2 + r_0^2 (i - 0,5)^2 - r_0 h (2i - 1) \sin \theta} \quad (3)$$

при этом  $R_i(\theta) = R_i$ , где  $R_i$  определяется формулой (1). Аналогичное расстояние от  $j$ -го излучающего элемента, находящегося в области  $X < O$  (слева от точки  $O$ ), равно

$$R_j(\theta) = \sqrt{h^2 + r_0^2(j-0,5)^2 + r_0 h(2j-1)\sin\theta} \quad (4)$$

Задержка сигналов в точке  $D$  для  $i(j)$ -го элемента по отношению к времени распространения из начала координат  $O$  до точки фокусировки  $P$  равно  $(R_{i(j)}(\theta) - h)/c$ , где расстояния  $R_{i(j)}(\theta)$  определяются формулами (5.3) и (5.4), при этом фактическая задержка с учетом задаваемого времени опережения излучения в соответствии с формулой (2) составляет

$$\Delta t_{i(j)} = \frac{[R_{i(j)}(\theta) - h]}{c} - \Delta t_{i(j)}^{(0)} \quad (5)$$

Регистрируемый в точке  $D$  сигнал  $A(h, \theta)$  представляет собой сумму импульсов  $A_{i(j)}(h, \theta, \Delta t_{i(j)})$  от всех элементов решетки с фактической задержкой (5) с учетом направленности излучения каждого элемента и уменьшения амплитуды сигнала вследствие расхождения волнового фронта (изменение амплитуды за счет поглощения и рассеяния здесь не рассматривается), что достигается умножением функции  $A_{i(j)}$ , описывающей сигнал от излучающего элемента  $i(j)$ , на коэффициент  $\frac{\cos\theta_{i(j)}}{R_{i(j)}(\theta)}$  где  $\theta_{i(j)}$  – угол между положительной нормалью к оси  $OX$  (со направленной с осью  $OZ$ ) в центре элемента и направлением на точку  $D$  из этого центра (рис.1),

$$\cos\theta_{i(j)} = \frac{h\Delta \cos\theta}{R_{i(j)}(\theta)} \quad (6)$$

$$A(h, \theta) = \sum_{i=1}^{N_s/2} \frac{h\Delta \cos\theta}{R_i^2(\theta)} A_i(h, \theta, \Delta t_i) + \sum_{j=1}^{N_s/2} \frac{h\Delta \cos\theta}{R_j^2(\theta)} A_j(h, \theta, \Delta t_j) \quad (7)$$

## Построение графика угловой зависимости максимума суммарного сигнала

График угловой зависимости максимума суммарного сигнала показывает, изменение суммарной амплитуды всех элементов решётки от угла поворота акустической оси.

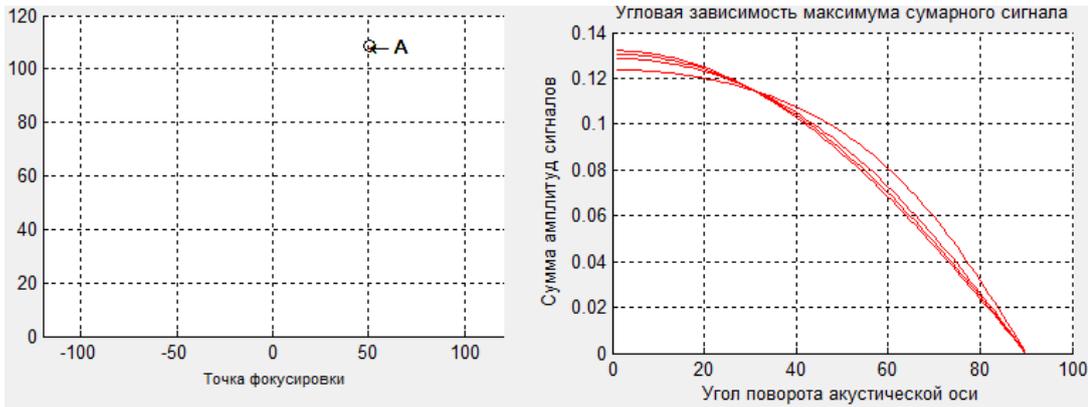


Рис. 2. Угловая зависимость максимума суммарного сигнала преобразователя с фазированной решёткой с изменяющейся длиной решётки  $l = 10, 20, 30, 40$  ;

$$N_s = 16, h = 120, c = 5930$$

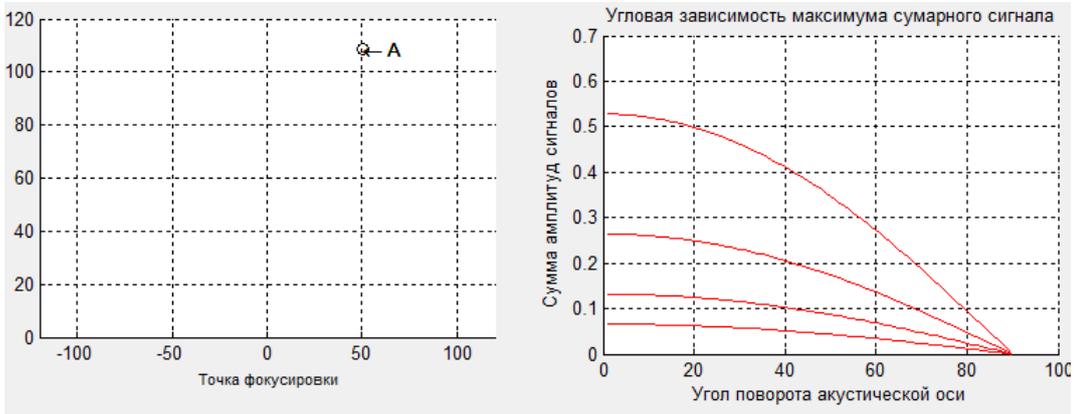


Рис. 3. Угловая зависимость максимума суммарного сигнала преобразователя с фазированной решёткой с изменяющимся количеством элементов

$$N_s = 8, 16, 32, 64; l = 40, h = 120, c = 5930$$

### Заключение

Выполненные в статье расчёты позволяют сделать следующие выводы:

1. С увеличением расстояния до точки фокусировки амплитуда суммарного сигнала уменьшается по закону близкому к экспоненте (по рис. 4).

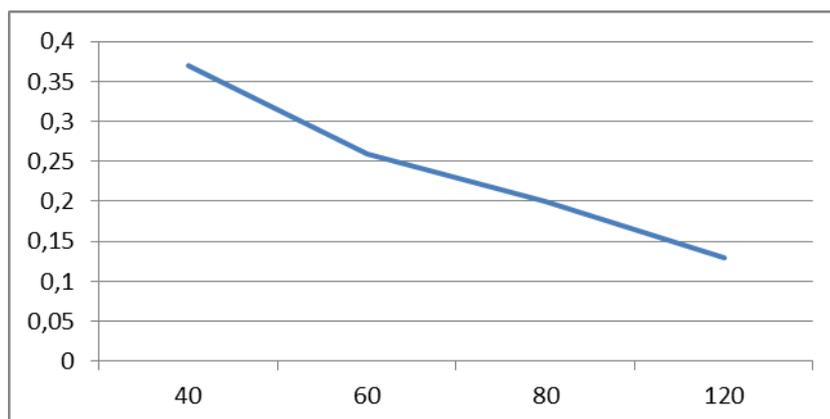


Рис. 4. Угловая зависимость максимума суммарного сигнала от расстояния до фокусировки

2. Суммарная амплитуда мало зависима от ширины каждого из элементов решётки.

3. С увеличением кол-ва элементов в решётке амплитуда суммарного сигнала увеличивается.

### **Список информационных источников**

1. В.Н. Данилов Моделирование работы прямого преобразователя с фазированной решёткой в режиме излучения - Дефектоскопия, 2010, №7, стр. 3-17.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ В ОБРАЗЦАХ ДЛЯ СДАЧИ ПРАКТИЧЕСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО МЕТОДАМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

*Проничев Е.А.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Калиниченко Н.П., к. т. н., доцент кафедры  
физических методов и приборов контроля качества*

### **Классификация контрольных образцов**

Методы и средства неразрушающего контроля имеют большое распространение в связи с возросшими требованиями к обеспечению безопасности и качеству продукции металлургии и машиностроения.

Для повышения качества полученных при дефектоскопии данных, необходимо обеспечивать постоянную градуировку и настройку средств измерений и контроля, их калибровку и проверку на работоспособность. Для этих целей на практике применяются контрольные образцы.