

Акустические приборы и системы

УДК 534.3

Закономерности формирования акустических полей приемного цилиндрического пьезокерамического преобразователя, расположенного в кольцевом слое

А.В. Коржик, д – р., техн. наук, Е. В.Попсуй, Н.Ю. Филиппова

Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, пр. Победы, 37, Киев-56, 03056, Украина.

Рассматривается задача о приеме звука цилиндрическим преобразователем в кольцевом слое с учетом электроупругих свойств пьезокерамической оболочки и переходного слоя в «сквозной» постановке. Исследованы интерференционные картины распределений давлений перед кольцевым слоем в освещенной зоне при акустически жестком, акустически мягком и промежуточном упругом материале слоя для различных толщин слоя, а также угловые распределения полного поля при различных расстояниях от поверхности преобразователя. Установлена зависимость интерференционных максимумов и минимумов ближнего поля от степени жесткости (упругости) волнового слоя. Показаны закономерности влияния выбора материалов и размеров волнового слоя на величину и местоположение интерференционных максимумов и минимумов давления в освещенной области, а также на угловые характеристики полного поля. Библ. 8, рис.8.

Ключевые слова: прием звуковых волн, цилиндрическая оболочка, пьезокерамический преобразователь, сквозная задача, волновой слой, метод частичных областей.

Введение

В гидроакустических антеннах широко используются акустические экраны – звукоизолирующие пассивные конструкции, которые служат для формирования направленных свойств антенн и повышения эффективности работы преобразователей, входящих в состав акустических антенн [1]. Так, например, в приемных антеннах экраны повышают помехозащищенность, предотвращая прием сигналов с нежелательных (прежде всего тыльных) направлений. Таким образом, проблема формирования акустических полей приемных антенн для обеспечения желаемой пространственной избиратель-

ности связывается с повышением эффективности средств акустической экранировки антенн.

Однако, на сегодняшний день существующие постановки задач учета акустических свойств экранировки не связываются с оценкой электроупругих свойств преобразователя, например работы [1, 2, 5]. Это обедняет результаты расчетов и моделирования. Поэтому привлечение методологии задач стационарной гидроэлектроупругости к ситуации работы цилиндрических пьезокерамических преобразователей в переходных волновых кольцевых слоях на наш взгляд является актуальным и целесообразным. В связи с вышеизложенным целью работы является исследование особенностей формирования акустических полей в рабочей среде в виде интерференционных картин и угловых распределений давления полного приемного цилиндрического преобразователя, размещенного в кольцевом слое с учетом электроупругих свойств пьезокерамической оболочки и переходного слоя в «сквозной» постановке.

Постановка задачи и основные аналитические соотношения

Итак, рассматривается задача о приеме звука бесконечным круговым цилиндрическим преобразователем через замкнутый кольцевой слой в сквозной постановке, принадлежащая к классу задач стационарной гидроэлектроупругости.

При постановке задачи используется «сквозной» метод и привлекается линейная теория электроупругих оболочек, основывающаяся на гипотезах Кирхгофа-Лява. Акустические поля рассмотрены в рамках линейных приближений классической акустики. Постановка и аналитическое решение задачи приведены в работе [7].

Решение проведено с использованием разложений по собственным формам (свойство многомодовости системы «преобразователь-волновой слой»), а также свойств полноты и ор-

тогональности цилиндрических волновых функций и функций вида $e^{in\varphi}$.

В работе [7] получены также выражения для неизвестных коэффициентов разложений полей, использование которых позволяет рассчитать давления в слое и среде для областей существования звукового поля I, II, III (рис.1), выбранных таким образом, что область I ($R_{0s} \leq r_s \leq R_{1s}$) соответствует замкнутому волновому слою, область II ($R_{1s} \leq r_s < \infty$) – рабочей среде, область III ($r_s \leq R_{0s} - h_{0s}$) – внутреннему объему цилиндра. Условие внутренней вакуумизации позволяет исключить из рассмотрения область III (т.е. $p_3 = 0$).

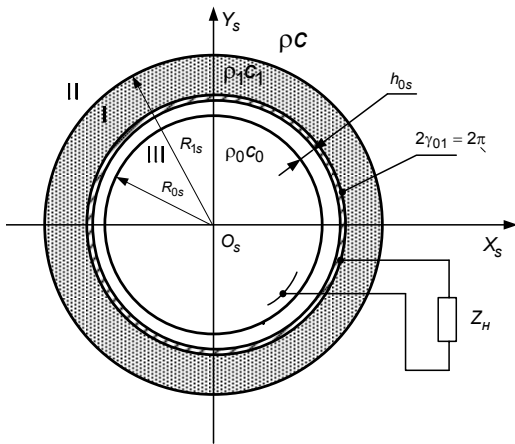


Рис.1. Пьезокерамический преобразователь, расположенный в переходном кольцевом слое

В области II предполагается существование поля падающей волны p_0 и рассеянного поля p_s . При этом полное поле определяется как

$$p_{II} = p_0 + p_s = -i\omega\rho \times \left[\sum_n E_n H_n^{(1)}(kr_s) e^{in\varphi_s} + \sum_n i^n I_n(kr_s) e^{in\varphi_s} e^{-in\alpha} \right] \quad (1)$$

где $n = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots$

k – волновое число;

α – угол падения плоской звуковой волны;

φ_s – окружная координата;

r_s – радиальная координата;

$I_n(kr_s)$ – функция Бесселя первого рода n -го порядка;

E_n – неизвестный коэффициент.

Электродирование поверхностей оболочки (рис. 1) учитывается введением коэффициента $\gamma_{0s} = 2\pi$ [4]

В области I радиальная нагрузка оболочки со стороны среды слоя представляется суперпозицией распространяющихся навстречу друг другу акустических волн вида:

$$p_I = -i\omega\rho_1 \left[\sum_n (A_n I_n(k_1 r_s) + B_n N_n(k_1 r_s)) e^{in\varphi_s} \right] \quad (2)$$

где $k_1 = \frac{\omega}{c_1}$.

Выражения для неизвестных коэффициентов A_n, B_n, E_n разложений полей (1) – (2), позволяющие рассчитать давления в слое и среде, получены в работе [1].

Определению подлежат интерференционные картины распределений давлений перед кольцевым слоем в освещенной зоне при акустически жестком, акустически мягком и промежуточном упругом материале слоя для его различных толщин, а также угловые распределения полного поля при различных расстояниях от поверхности преобразователя для указанных условий.

Условия проведения расчетов

Расчеты проводились для одиночного кругового цилиндрического пьезокерамического преобразователя (рис. 1), выполненного из пьезоматериала ЦТБС-3 с диаметром $2R_{0s} = 135 \cdot 10^{-3}$ (м) и толщиной стенки $h_{0s} = 6 \cdot 10^{-3}$ (м), размещенного в слое с плотностью ρ_1 и скоростью звука c_1 . Электроды нагружены на активное сопротивление, приведенное к единице длины оболочки преобразователя $Z_H = 1000$ (Ом/м). Система «преобразователь – слой» помещена в водную среду с плотностью $\rho = 1000$ (кг/м³) и скоростью звука $c = 1500$ (м/с).

На указанную систему падает плоская звуковая волна под углом $\alpha = 0^\circ$ с частотой $f = 8200$ Гц, что соответствует частоте резонанса нулевой моды пьезокерамической оболочки.

Соотношение между акустическими параметрами слоя и окружающей среды характеризуем параметром $m = \frac{\rho_1 c_1}{\rho c}$. Замкнутый кольцевой

слой в соответствии с предложенным подходом работы [2] считаем приближенно акустически мягким при $m = 0.04$, акустически жестким при $m = 4$ и упругим при $m = 0.65$.

Расчеты проводятся для слоя, выполненного из резины марки 51–1415., скорость распространения звука в которой $c = 1400$ (м/с), а плотность $\rho = 500$ (кг/м³).

Волновая толщина рассеивающего слоя $\frac{h_{сл}}{\lambda_{сл}} = 0.25$ и $\frac{h_{сл}}{\lambda_{сл}} = 0.5$,

что для указанной частоты соответствует $h_{сл} = 5$ (мм) и $h_{сл} = 10$ (мм).

В качестве исходного значения для отыскания порядка n ограничения количества членов в рядах-разложениях (1) и (2), в соответствии с [2, 6] можно принять:

$$n = [2ka] + \beta$$

где k - волновое число

$2R_{0s} = 2a$ - диаметр преобразователя

[] - целая часть числа

β - коэффициент, величина которого зависит от того, в какой части волнового поля находится точка, для которой рассчитывается значение звукового поля. Для дальнего поля $\beta = 4 \div 8$, а для ближнего $\beta = 9 \div 15$.

Таким образом, в качестве исходных соотношений для решения задачи была принята величина порядка $[2ka] + 10$. Проводимые в ходе выполнения расчетов проверочные вычисления сходимости рядов показали, что точность вычислений решаемой задачи составила величину – не больше 1%. Эта величина была принята достаточной для выполнения всех последующих расчетов.

Результаты расчетов. Интерференционные картины

Результаты расчетов интерференционных картин приведены в виде распределения давлений перед кольцевым слоем в звукоосвещенной зоне ($\varphi = \pi$). Исследуются ситуации акустически жесткого, акустически мягкого и промежуточного упругого материала слоя для четвертьволнового и полуволнового слоя

На рис. 2. показано распределение результатов интерференции отраженной и падающей волн с изменением расстояния r от поверхности колебательной системы перед кольцевым слоем в освещенной зоне для полуволнового слоя. При этом кривая 1 приведена для акустически мягкого, кривая 2 для акустически жесткого и кривая 3 для упругого слоя.

Распределение давлений перед кольцевым слоем в освещенной зоне имеет характер сходный с результатами расчетов проведенных в рамках традиционной постановки задачи работы [2]. Общая закономерность состоит в образовании чередующихся максимумов и минимумов. Эти максимумы обусловлены интерференцией между падающей и отраженной волнами.

Уменьшение амплитуд осцилляций давления и периодичность чередования областей максимумов и минимумов обусловлено природой цилиндрических волн, что в итоге выражается в уменьшении амплитуды полного и рассеянного поля с ростом расстояния от поверхности преобразователя.

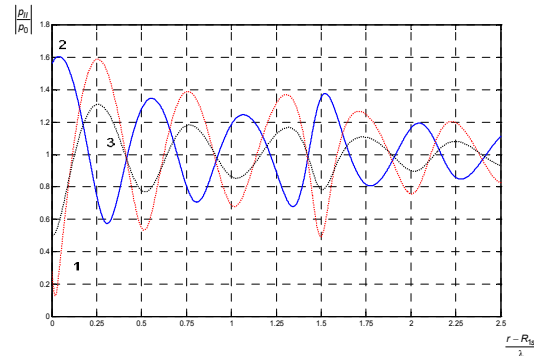


Рис 2. Распределение давлений перед кольцевым

слоем для $h_{0s} = \frac{\lambda_c}{4}$

При этом, в силу того, что амплитуда цилиндрической волны с расстоянием уменьшается, вклад ее в полное поле также будет уменьшаться по мере увеличения $\frac{r - R_{1s}}{\lambda}$. В связи с этим амплитуда осцилляций давления уменьшается, стремясь к единице $\left(\frac{p_3}{p_0}\right) \rightarrow 1$ при

$\frac{r - R_{1s}}{\lambda} \gg 1$). Для плоского слоя эта особенность не имеет места, так как для плоского слоя отраженная волна также является плоской.

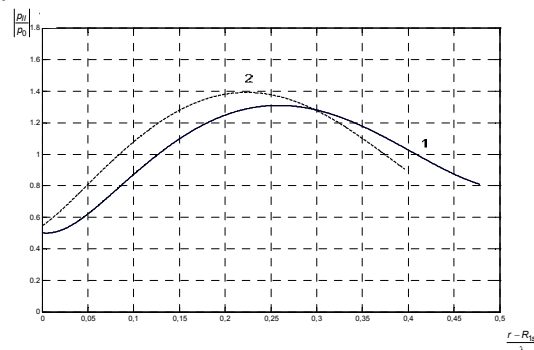


Рис 3. Распределение давлений перед кольцевым

слоем для $h_{0s} = \lambda_c$ (кривая 1) и $h_{0s} = \frac{\lambda_c}{4}$

(кривая 2)

Анализируя результаты интерференции в предлагаемой постановочно-расчетной ситуации, заметим, что прямое и отраженное поля складываются в точке наблюдения либо синфазно либо не в фазе, что приводит к образованию и смещению зоны максимумов давления (рис. 3) для разных толщин кольцевого слоя. Так как амплитуда и фаза падающей плоской звуковой волны фиксированы, местоположение максимума давлений определяется уровнем и фазой отраженной волны и волны прошедшей слой в прямом и обратном направлениях. С увеличением толщины слоя увеличивается волновой размер колебательной системы, а со-

ответственно изменяются условия формирования полного поля за счет волны, рассеянной им и, соответственно, поля внутри слоя.

На рис. 3 приведены результаты формирования первых интерференционных максимумов для толщины слоя равной длине волны (рис. 3, кривая 1) и слоя с четвертьволновой толщиной (рис. 3, кривая 2). При этом уровень давления, формируемый для первого интерференционного максимума преобразователем со слоем $h_{0s} = \lambda_c$ выше чем уровень, создаваемый пре-

образователем со слоем $h_{0s} = \frac{\lambda_c}{4}$. Это связано с тем, что увеличение волнового размера колебательной системы приводит к увеличению отражающей способности, а, соответственно, к увеличению амплитуды отраженной волны.

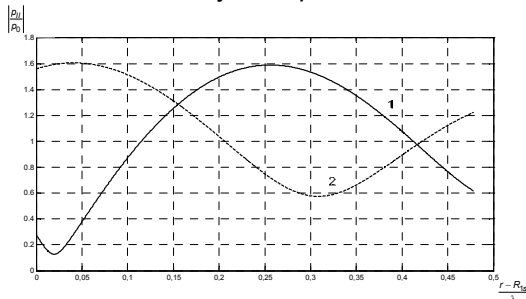


Рис. 4. Распределение давлений для акустически мягкого (кривая 1) и акустически жесткого слоя (кривая 2) с толщиной $h_{0s} = \frac{\lambda_c}{4}$

На рис. 4 кривой 1 показано распределение давления для акустически мягкого слоя ($m=0.04$). Кривой 2 представлены распределения давления для слоя полуволновой толщины при $m=4$. Изменение параметра m , связанное с увеличением плотности материала слоя $\rho_{сл}$, приводит к увеличению массы и уменьшению сжимаемости при неизменных геометрических размерах. Как видим, из рис. 4 (кривая 2) для акустически жесткого слоя амплитуда давления изменяет свой уровень и стремится к удвоенной амплитуде падающей волны, что соответствует падению волны на плоскую жесткую бесконечную поверхность. Для акустически мягкого слоя в освещенной зоне давление стремится к нулевому значению давления, а это соответствует падению плоской волны на плоскую мягкую бесконечную поверхность. При этом расчеты проведенные с использованием методологии «сквозной» задачи показывают отличия в уровнях и местоположением максимумов давления по сравнению с традиционными постановками [2], и составляют величину 1 – 2 дБ.

Угловые распределения давлений

Рассмотрим, как изменяется уровень давления полного поля в зависимости от угловой ко-

ординаты φ (угол φ). Угловое распределение полного поля приведены на рис. 5 – 7 для акустически мягкого, жесткого и упругого кольцевого слоя четверть волновой толщины соответственно. При этом кривые 1, 2, 3 соответствуют давлениям $p_{||}$ при расстоянии от рассеивающей поверхности $\frac{r-R_{1s}}{\lambda} = 0.1$; $\frac{r-R_{1s}}{\lambda} = 0.25$; и $\frac{r-R_{1s}}{\lambda} = 0.4$ соответственно.

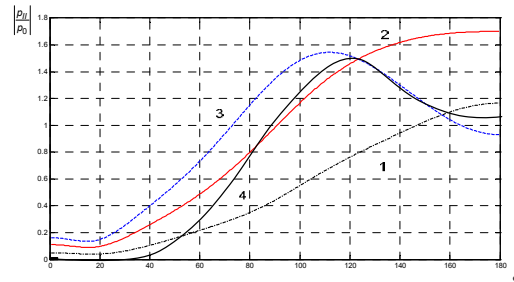


Рис. 5. Угловые распределения давлений $p_{||}$ при различных расстояниях от внешней поверхности (слой – акустически мягкий)

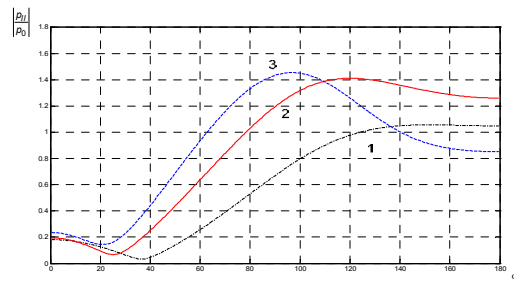


Рис.6. Угловые распределения давлений $p_{||}$ при различных расстояниях от внешней поверхности (слой – акустически жесткий)

Из рис. 5 и рис. 6 следует, что для акустически мягкого и акустически жесткого кольцевых слоев при расстоянии от поверхности слоя 0,1 (кривая 1) угловое распределение давлений полного поля относительно равномерны (отличия в уровнях фронт – тыл составляют до 12 – 14 дБ) и характеризуются одним максимумом, расположенным со стороны падающей плоской волны. На расстоянии $\frac{r-R_{1s}}{\lambda} = 0.4$ проявляется более резкое (18 – 20 дБ) отличие в уровнях давлений фронтальной и тыльной области. В случае традиционной постановки [2] для расстояния $\frac{r-R_{1s}}{\lambda} = 0.4$ (рис. 5, кривая 4) в направлении $\varphi = \pi$ образуется провал, и появляются два симметрично расположенные максимумы в боковых направлениях ($\varphi = 120^\circ$ и $\varphi = 300^\circ$). Расчеты в предложенной постановке показывают смещение этих боковых миниму-

мов ($\varphi = 110^\circ$ и $\varphi = 290^\circ$) на 10° . При этом, их уровень несколько выше (до 1 – 2 дБ).

При падении звуковой волны на абсолютно мягкий цилиндрический слой диаграммы давления полного поля характеризуются меньшей неравномерностью и имеют тенденцию к круговым, что подтверждает монополюсный характер рассеяния для акустически мягкого цилиндра.

Угловые диаграммы полного поля в звукоосвещенной зоне, так как и в работе [7], показывают стремление давления к удвоенной амплитуде падающей волны.

На рис. 7, приведенном для упругого слоя, кривые 1, 2, 3 соответствуют угловым распределениям давлений полного поля при расстоянии от рассеивающей поверхности равные $\frac{r - R_{1s}}{\lambda} = 0,1; 0,25; 0,4$ соответственно.

Угловое распределение давлений полного поля в этом случае показывает наличие в теневой области трех лепестков. В освещенной области неравномерность диаграммы оказывается значительно большей, чем неравномерность поля в случае использования акустически жесткого слоя. В освещенной зоне давление полного поля для больших расстояний $\left(\frac{r - R_{1s}}{\lambda} = 0,4\right)$ стремится к амплитуде давления падающей волны. Кроме того, сама диаграмма во всех направлениях, кроме фронтального, характеризуется большей степенью изрезанности.

С ростом расстояния от рассеивающей поверхности неравномерность поля во фронтальной области в секторе $[70^\circ; 130^\circ]$ растет. Заметим, что результаты формирования полей при рассеивании звука цилиндром с упругим волновым слоем в традиционной не выявлены.

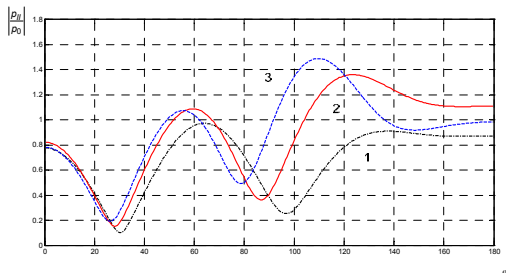


Рис.7. Угловые распределения давлений $p_{||}$ при различных расстояниях от внешней поверхности (слой – упругий)

Рассмотрим диаграммы угловых распределений полного поля на поверхности акустически мягкого, жесткого и упругого кольцевого слоя (рис.8, кривые 1, 2 3 соответственно).

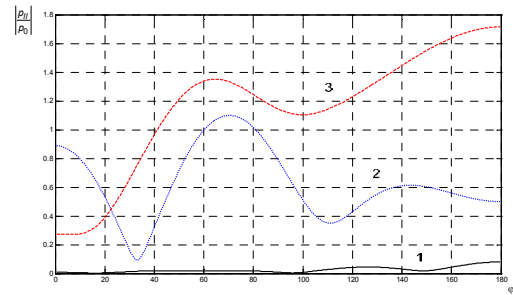


Рис.8. Угловые распределения давлений $p_{||}$ по поверхности акустически мягкого (кривая 1), упругого (кривая 2) и жесткого (кривая 3) слоя

В случае акустически мягкого слоя (рис.8, кривая 1) давление полного поля равномерно распределено во всех направлениях. Видно, что мягкий кольцевой слой изменяет поле падающей волны по фазе, создавая рассеянное поле противоположное по фазе к полю падающей волны.

В случае упругого слоя (рис. 8, кривая 2) в теневой зоне наблюдаются три лепестка, что говорит о сложном угловом фазовом распределении падающего и отраженного полей.

Известно [8], что поле формируемое акустически жестким рассеивателем, кардиоидного типа. В нашем же случае для исследуемой колебательной системы с жестким кольцевым слоем (рис. 8, кривая 3) результаты демонстрируют многолепестковость, создаваемого рассеянного поля.

Таким образом, использование «сквозного» подхода позволяет учесть и реализовать фазо-амплитудные особенности акустических полей в среде и слое для рассматриваемой колебательной системы «преобразователь – слой – среда» в зависимости от параметра m . Напомним, что указанные особенности учтены, в первую очередь, при оценке интерференционных картин в направлении $\varphi = \pi$ (см. рис. 2 – 4).

Выводы

В результате исследования акустических полей приемного цилиндрического преобразователя, расположенного в кольцевом слое с учетом электроупругих свойств пьезокерамической оболочки и переходного слоя в «сквозной» постановке установлено, что:

- полное поле, сформированное в результате падения плоской звуковой волны p_0 на рассматриваемую систему «преобразователь – слой» определяется суперпозицией поля p_0 и поля рассеянного системой p_s , которое, в свою очередь, есть результат суммы полей, форми -

руемых при рассеянии звука объектом, размер которого определяется диаметром слоя, и поля в слое, зависящего от сочетаний параметров слоя, среды и оболочки.

- интерференционные картины в различных волновых ситуациях (сочетание волновых сопротивлений, определяемых параметром m , волновых размеров и волновых расстояний) показывают зависимость интерференционных максимумов и минимумов ближнего поля от степени жесткости (упругости) волнового слоя и позволяют, манипулируя указанными волновыми параметрами слоя (выбор его материалов и размеров), управлять величиной и местоположением интерференционных максимумов и минимумов давления.

- угловые характеристики полного поля и поля рассеяния характеризуются более высокой степенью неравномерности по сравнению с характеристиками, полученными традиционным путем. Эта неравномерность связывается с учетом и использованием инерционных и упругих величин, как слоя, так и упругой оболочки.

- видоизменение элементов угловых диаграмм распределения давлений (максимумы и минимумы, а также их сочетание) связаны с учетом и использованием реальных, а не идеализированных фазо-амплитудных соотношений акустических полей на поверхностях волнового слоя и в рабочей среде.

Литература

1. Глазанов В.Е. Экранирование гидроакустических антенн. – Л.: Судостроение, – 1986. – 148 с.
2. Гринченко В.Т., И. В. Вовк Волновые задачи рассеяния звука на упругих оболочках. – К.: Наук.думка, 1986. – 240 с.
3. Гринченко В. Т., Вовк И. В., Мацыпура В. Т. Основы акустики. – К.: Наук. думка, 2007. – 640 с.
4. Коржик О.В. Об особенностях электромеханических преобразований в приемных пьезокерамических преобразователях с разрезными электродами // Электроника и связь. – 2010, – №2, – С. 224 – 230.
5. Плескач М.Г., Лейко О.Г. Випромінення звуку циліндричним п'єзокерамічним перетворювачем, розміщеним в шарі звукопрозорого матеріалу // Електроніка і зв'язь. – 2010, – №4, – С. 175 – 179.
6. Сенченко И.В. Закономерности колебаний пьезокерамических оболочек с учетом взаимодействия с окружающей средой: Дис. канд. техн. наук: 01. 02. 04. -К.:1986.-129 с.
7. Филиппова Н.Ю., Коржик А.В. Постановка и решение задачи о приеме звука цилиндрическим электроупругим преобразователем с полностью электродированной поверхностью, размещенным в замкнутом волновом слое // Электроника и связь. – 2012, – №1, – С. 18 – 24.
8. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1972. – 348 с

УДК 534.3

Закономірності формування акустичних полів прийомного циліндричного п'єзокерамічного перетворювача, розташованого в кільцевому шарі

О.В. Коржик, д-р техн. наук, Е.В. Попсуй, Н.Ю. Філіпова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056, Україна.

Розглядається задача про прийом звуку циліндричним перетворювачем в кільцевому шарі з урахуванням електропружних властивостей п'єзокерамічної оболонки і перехідного шару в «наскрізній» постановці.

Досліджено інтерференційні картини розподілів тиску перед кільцевим шаром в освітленій зоні при акустично жорсткому, акустично м'якому і проміжному пружному матеріалі шару для різної товщини шару, а також кутові розподіли повного поля при різних відстанях від поверхні перетворювача. Встановлено залежність інтерференційних максимумів і мінімумів ближнього поля від ступеня жорсткості (пружності) хвильового шару.

Показані закономірності впливу вибору матеріалів і розмірів хвильового шару на величину і розташування інтерференційних максимумів і мінімумів тиску в освітленій області, а також на кутові характеристики повного поля Бібл. 8, рис. 8.

Ключові слова: прийом звукових хвиль, циліндрична оболонка, п'єзокерамічний перетворювач, наскрізна задача, хвильової шар, метод часткових областей

The Regularities of the formation of acoustic fields receiving cylindrical piezoceramic transducer located in the annular layer

O.V. Korzhyk, E.V. Popsui, N.Y. Filipova

National Technical University of Ukraine 'Kyiv Polytechnic Institute',
pr. Peremogy, 37, Kyiv-56, 03056, Ukraine.

The problem on the reception of sound in a circular cylindrical converter layer with electroelastic properties of piezoelectric membrane and the transition layer in the "through" setting is considered. The interference patterns of the pressure distribution to the circular layer in the illuminated area with acoustically hard, acoustically soft elastic material and an intermediate layer for different layer thicknesses, as well as the angular distributions of the total fields at different distances from the transducer surface is investigated. The dependence of the interference maxima and minima in the near field of the degree of stiffness (elasticity) of the wave layer is showing. The influence of the choice of materials and the size of the wave layer on the size and location of the interference maxima and minima of the pressure in the illuminated region, as well as the angular characteristics of the total field is showing. Reference 8, figures 8.

Key words: *problem of receiving, cylindrical shell, piezoelectric transducer, layer, the method of partial regions, electroelastic converter, closed-wav, multimode fiber based system.*

1. Glazanov V.E. Absorption and disabsorption elements of underwater transducer Array/ – Leningrad.: Sudostroenie, 1986. – 148 p. (Rus)
2. Grinchenko V.T., Vovk I.V. The waves-tasks of sound scattering by elastic shells – Kyiv.: Naukova dumka, 1986. – 240 p. (Rus)
3. Grinchenko V.T., Vovk I.V., Matsipura B.T. The principles of acoustics. – Kyiv.: Naukova dumka, 2007. – 640 p.(Ukr)
4. Korzhyk O. V. On peculiarities of electromechanical conversion in foster piezoceramic transducers of discontinuous electrodes // Electronics and Communication. - 2010, - № 2 - Pp. 224 - 230. (Rus).
5. Pleskach M. G, Leiko A.G Sound Radiation of cylindrical piezoceramic transducer placed in a layer of sound transparent material // Electronics and Communication. - 2010, - № 4 - Pp. 175 - 179. (Ukr)
6. Senchenko I.V. Patterns of vibration of piezoceramic shells with the interaction with the environment: Dis. Candidate. tech. Science 01. 02. 04. -To:, 1986. – 129 p. (Rus).
7. Filippova N.U., Korzhyk O.V. The based and solution of problem of receiving a cylindrical electroelastic audio converter with full electroelical surface, , placed in a closed-wave multimode fiber // Electronics and communications. – 2012. – № 1. – Pp. 17-23 (Rus).
8. Shenderov E.L. The waves-tasks of hydroacoustic . – Leningrad.: Sudostroenie , 1972. – 352 p. (Rus)

Поступила в редакцію 09 января 2013 г.