

В.Л. Ларин, Б.Ш. Перкальскис, А.Г. Роот, Г.Н. Сотириади

## ИЗБИРАТЕЛЬНАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ АНТЕННА

Описаны акустические фазовые зонные пластины для фокусировки звука в воздухе. Приведены диаграммы направленности, амплитудно-частотные характеристики.

Высокий уровень неатмосферных помех, порождаемый в основном деятельностью человека, требует разработки акустических антенн с высокой помехозащищенностью. Одним из путей повышения помехозащищенности является создание избирательных акустических антенн, в частности, на основе зонных пластин.

Зонная пластина, преграждающая путь участком фронта звуковой волны соответствующим четным или нечетным зонам Френеля была предложена еще Рэлеем, впервые исследована Польманом [1]. Основные свойства амплитудных зонных пластин хорошо описаны в [2]. Создание акустической зонной пластины, обращающей фазу колебаний половины зон, гораздо сложнее. Причина кроется в том, что акустическое сопротивление любого вещества столь велико по сравнению с этой величиной для воздуха, что звуковые волны отражаются почти полностью. Создать фазовую зонную пластину под руководством профессора Перкальскиса (Томский госуниверситет) удалось путем применения способа, предложенного У. Коком [3]. Метод состоит в том, чтобы заставить волны двигаться между расположенными под углом  $\theta$  пластинами, тогда проходимый путь возрастает в  $1/\cos\theta$  раз. Для изготовления зонной пластины с обращением фазы колебаний использована крестовина, на которой закреплены три кольца из латунной трубки. К кольцам под углом  $60^\circ$  припаяны полоски жести, создающие дополнительный сдвиг фаз в  $180^\circ$  для волн, проходящих по наклонному пути между полосками. Размер колец рассчитан для сферических волн с  $\lambda = 32$  мм и для расстояний от зонной пластины до источника звука и приемника по 1 м. Радиусы центральной и последующих зон Френеля в этом случае таковы:  $R_0 = 126,7$ ;  $R_1 = 179,5$ ;  $R_2 = 220,3$ ;  $R_3 = 254,8$ ;  $R_4 = 285,4$ ;  $R_5 = 318$ ;  $R_6 = 337$  мм. В данной установке сдвиг фаз создан на площади центральной, второй и четвертой зон Френеля. Экспериментально подтверждается, что фазовая зонная пластина дает вдвое большее усиление, чем амплитудная зонная пластина. Однако описанная фазовая зонная пластина не имеет осевой симметрии, что приводит к зависимости усиления от ориентации. Поэтому В.Л. Лариным была изготовлена зонная пластина, которая обладает осевой симметрией [4]. Центральная часть, соответствующая центральной зоне Френеля, образована системой усеченных конусов с углом  $120^\circ$  при вершине. Остальные четные зоны состоят из волноводов, образованных пластинами, повернутыми на одинаковый небольшой угол относительно друг друга. Длина пластин определяется из условия  $1 - d = \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}(1/\cos\theta - 1) = 15$  мм, поскольку угол наклона пластинок  $\theta = 60^\circ$  и длина волны 32 мм.

Ширина пластин определяется размерами зон Френеля. Усиление, которое дает осесимметричная фазовая зонная пластина, на 20% больше, чем в случае неосесимметричной пластины.

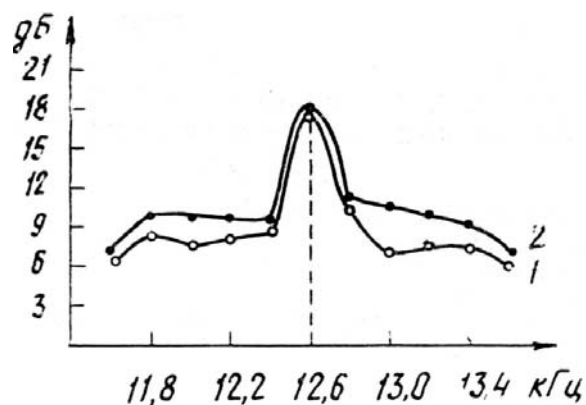


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики фазовых зонных пластин: 1 — с обращением фазы колебаний нечетных зон Френеля; 2 — с обращением фазы колебаний четных зон Френеля

Создана также осесимметричная пластина, в которой отставание по фазе на  $180^\circ$  наблюдается в области 1,3 и 5 зон Френеля. Отметим также, что обе пластины действуют одинаково эффективно при изменении направления волн.

Описанные осесимметричные зонные пластины применены совместно с коническим рупором длиной 550 и диаметром апертуры 450 мм. В раскрытие размещается одно или два кольца с обращением фазы колебаний, соответствующие четным или нечетным зонам Френеля.

Экспериментально снятые амплитудно-частотные характеристики зонных пластин приведены на рис. 1. Апертура зонных пластин — 450 мм.

Диаграмма направленности антенны на частоте 12,6 кГц приведена на рис. 2, из которого видно, что обращение фазы колебаний нечетных зон Френеля дает несколько лучшие результаты, чем обращение фазы колебаний четных зон. Это объясняется тем, что центральная зона Френеля дает наибольший вклад в дифракционную картину на оси зонной пластины, при обращении фазы колебаний четных зон ее действие ослаблено волноводами.

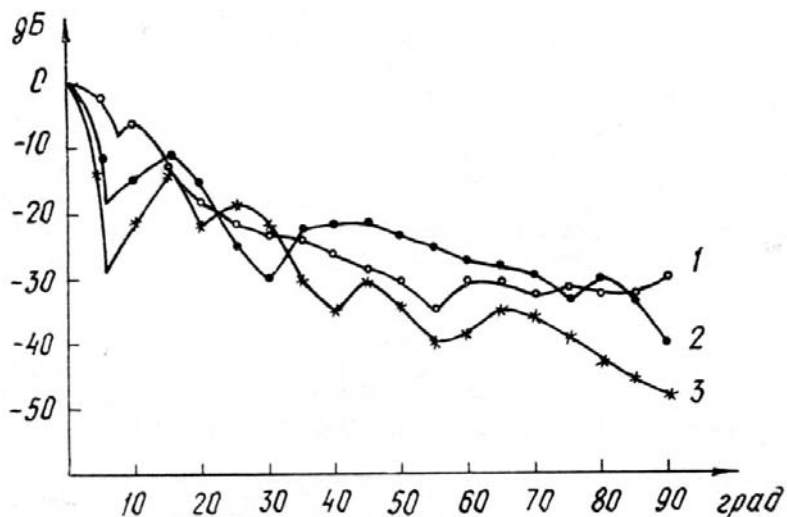


Рис. 2. Диаграмма направленности избирательной акустической антенны: 1 — диаграмма направленности рупора; 2 — диаграмма направленности антенны при обращении фазы колебаний четных зон Френеля; 3 — то же, но с обращением фазы колебаний нечетных зон Френеля

Приведенные в статье данные свидетельствуют о высокой помехозащищенности описанной антенны, которая может быть использована для различных акустических измерений в условиях повышенного уровня шума.

1. Pholman R. //Ned. Pat. Oct. Rooi. 1940.
2. Розенберг Л. Д. Звуковые фокусирующие системы. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1949. С. 45—61.
3. Кок У. Звуковые и световые волны. М.: Мир, 1966. 158 с.
4. Ларин В. Л., Михайличенко Ю. П., Перкальскис Б. Ш., Сотириади Г. Н. //VIII Всесоюз. симп. по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. Томск; ИОА СО АН СССР, 1984. Ч. 2. С. 214—216.

СКБ научного приборостроения «Оптика»,  
Томск

Поступило в редакцию  
10 июля 1989 г.

V. L. Larin, B. Sh. Perkal'skis, A. G. Root, G. N. Sotiriadi. **Selective Acoustic Antenna.**

The paper presents a description of the phase zone plates used for focusing the sound in air. The directional diagrams and amplitude-frequency characteristics of the plates are also presented.