

для частоты 550 Гц). Фактически оптимизация длины волновода в данном случае позволила расширить полосы глушения на уровне 10 дБ в сторону низких частот до полосы с центральной частотой 400 Гц при скорости потока 25 м/с и до частоты 315 Гц при скорости потока 12,5 м/с. В целом глушитель, несмотря на простоту конструкции, обеспечивает весьма широкополосное заглушение: уровень глушения более 10 дБ достигается при скорости потока 12,5 м/с в полосе 315÷2500 Гц (3 октавы), при скорости потока 25 м/с — в полосах 400÷650 Гц и 1000÷2500 Гц (лишь в $1/3$ -октавной полосе с центральной частотой 800 Гц уровень глушения снижается до 8 дБ). Важно, что указанный результат получен при малом количестве камер в структуре (две) и всего лишь одном соединительном волноводе; это свидетельствует о том, что требование периодичности структуры, принятое в данной работе, не является на деле излишне обременительным, так как эффект от оптимизации полностью проявляется даже при минимальном количестве звеньев в структуре ($I=2$).

Авторы выражают благодарность П. Г. Даниленко за помощь в осуществлении экспериментальной части работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шендеров Е. Л. Волновые задачи гидроакустики. Л.: Судостроение, 1972. 348 с.
2. Бриллюэн Л., Пароди М. Распространение волн в периодических структурах. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 457 с.
3. Егорычев А. В., Прудников А. С., Чернышев К. В. Исследование резонансных свойств некоторых типов неоднородных акустических волноводов.— Акуст. журн., 1973, т. 19, № 3, с. 352–358.
4. El-Sharkawy A. I., Nayfeh A. H. Effect of an Expansion Chamber on the Propagation of Sound in Circular Ducts.— JASA, 1978, v. 63, № 3, p. 667–674.
5. Кравчун П. Н., Чернышев К. В. Влияние стационарного потока среды на акустические свойства многомодовых расширительных камер.— Вестн. МГУ. Сер. 3. Физика. Астрономия, 1981, т. 22, № 5, с. 65–67.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра акустики

Поступило в редакцию
9.XII.1985

УДК 551.463.26

О МЕТОДЕ ЗОНДИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ОКЕАНЕ

Краснобородько В. В., Тарасенко В. М.

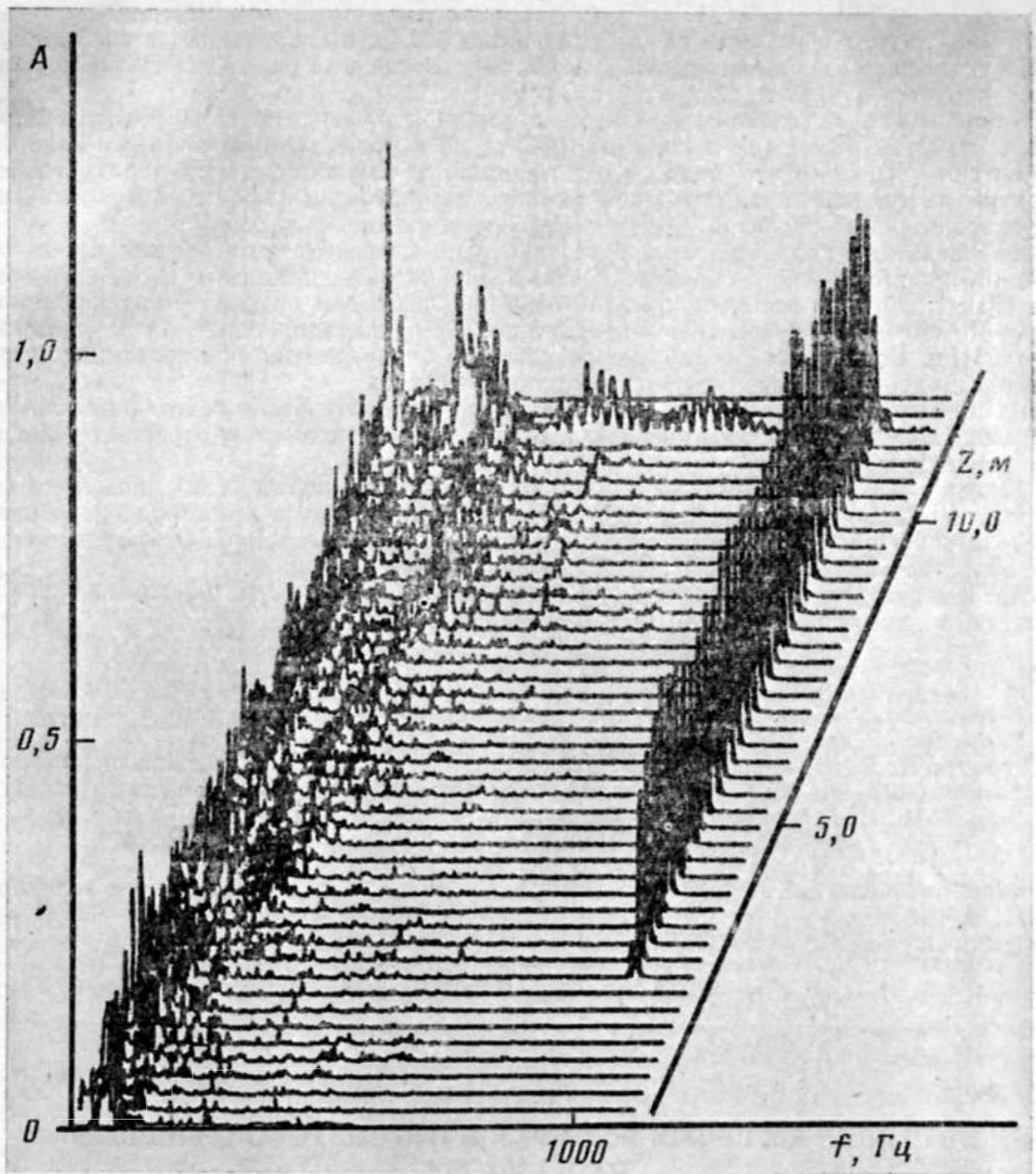
Акустическая волна, распространяющаяся в океане, испытывает сильную рефракцию, что является причиной многих акустических явлений: волноводного распространения, зональной структуры, образования каустик, фокусировки и дефокусировки звука и т. д. [1]. Непосредственные экспериментальные исследования рефракции на большой водной акватории весьма трудоемки и в первую очередь из-за отсутствия оперативных методов измерения акустических полей по глубине.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что акустические поля на больших акваториях можно быстро измерять с помощью свободно падающего акустического зонда, изготовленного на базе хорошо известного теряемого температурного зонда типа ХВТ [2]. Для случая измерения акустического сигнала необходимо в стандартном температурном зонде вместо датчика температуры установить электроакустический преобразователь (гидрофон) со встроенным в него предварительным усилителем. При таком построении системы акустический сигнал, преобразованный в электрический, передается на борт судна по двухпроводному микрокабелю, свободно разматываемому с двух катушек: сбрасываемого зонда и бортового устройства, последняя из которых обеспечивает вертикальный спуск в точке измерения при движении судна. Следует отметить, что при разматывании катушек из-за их безындукционности частотный спектр принимаемого сигнала не искажается.

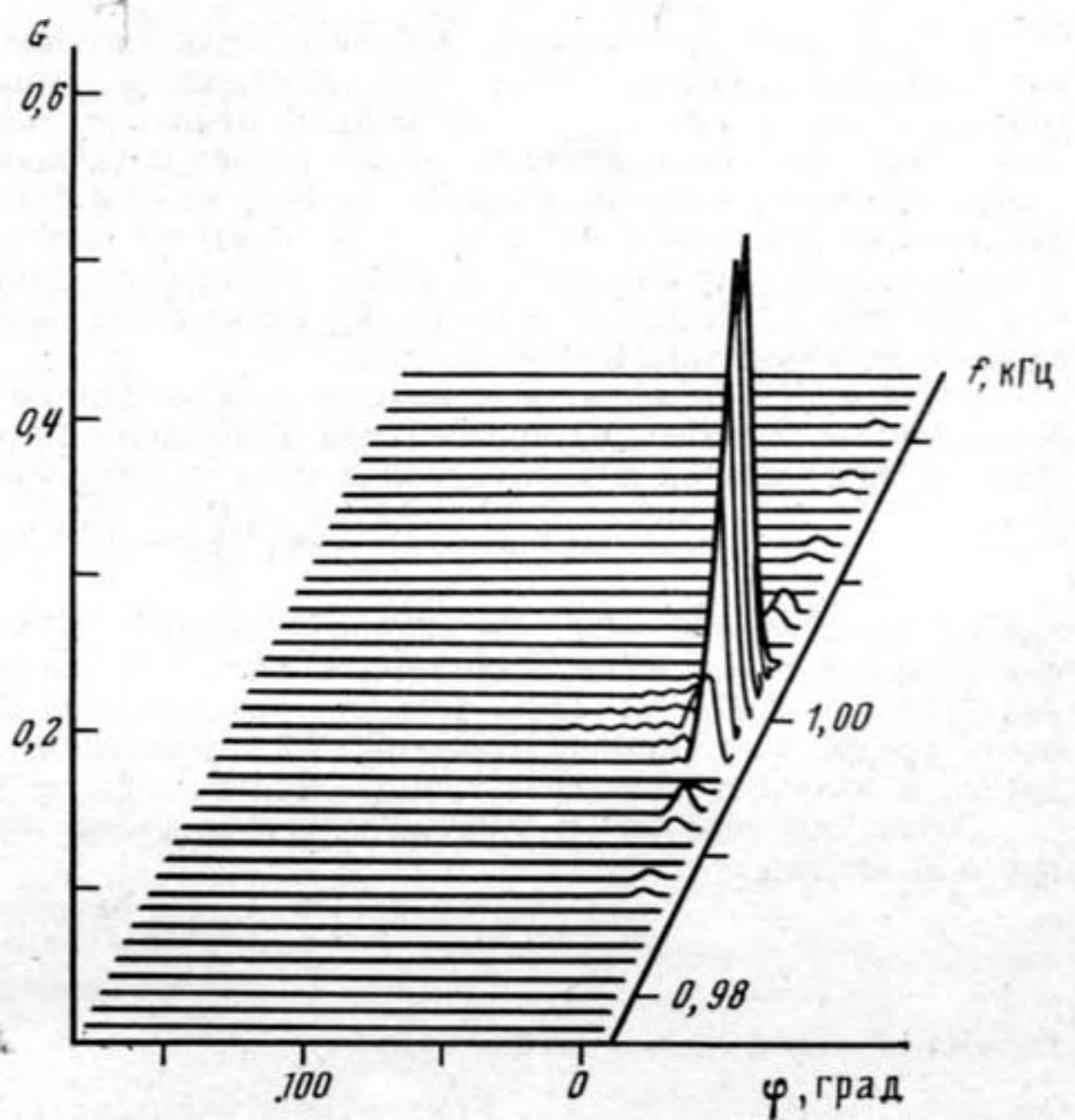
Возможность использования метода была проверена в бассейне глубиной 12 м Центрального морского клуба, на одной из стенок которого закреплялся ненаправленный излучатель на частоту 1 кГц.

На фиг. 1 представлена для иллюстрации обработанная на ЭВМ запись акустического сигнала, принятого свободно падающим акустическим зондом. По оси абсцисс отложена частота принимаемого сигнала в диапазоне 150–1100 Гц. Отдельные 45 реализаций представляют собой энергетические спектры принятого акустического сигнала в относительных единицах (отложенных по оси ординат) при падении зонда от водной поверхности до дна. Глубина отложена по оси аппликат в метрах. Энергетические спектры рассчитывались через каждые 0,1024 с. Скорость падения зонда составляла около 3 м/с. На представленном рисунке видно, что излучатель частотой 1 кГц включили через 0,9 с после начала падения зонда.

Оценка уровня шумов по результатам исследования показала, что шумы обтекания при падении акустического зонда незначительны и уменьшаются с ростом частоты принимаемого сигнала f как f^{-3} , что хорошо согласуется с данными работы [3].



Фиг. 1. Запись акустического сигнала, принятого свободно падающим акустическим зондом после спектральной обработки



Фиг. 2. Пространственный энергетический (угловой) спектр акустического сигнала, изображенного на фиг. 1, в полосе частот 977-1025 Гц

Увеличение шумов обтекания на частотах выше 500 Гц по сравнению со свободновисящим гидрофоном составляло менее 10 дБ. Этот последний результат также хорошо иллюстрируется данными, изображенными на фиг. 1.

С помощью предлагаемого метода можно измерить зависимость не только амплитуды от частоты излучения и глубины приема, но и фазы, которая является важным параметром акустического поля. Это позволяет, в частности, осуществлять синтез апертуры вертикальной акустической антенны теоретически любой длины, что очень существенно для исследования рефракции звука в океане.

На фиг. 2 для иллюстрации представлен один из результатов расчета пространственного энергетического спектра акустического сигнала, принятого падающим зондом. По оси абсцисс отложен угол от 0 до 180°, а по оси ординат — интенсивность принятого сигнала в относительных единицах; 41 реализация получена на частотах 977–1025 Гц. Проведенная обработка результатов эквивалентна сканированию лучом антенны по вертикальному углу на различных частотах.

Из представленных на фиг. 2 данных видно, что излучатель работал на частоте 1 кГц и находился под углом около 4° к горизонту, что полностью отражает условия постановки эксперимента.

Таким образом, предлагаемый метод зондирования акустических полей с помощью свободно падающего акустического зонда позволяет в принципе оперативно определять распределение амплитуды и фазы по глубине и может оказаться полезным при синтезировании протяженных вертикальных антенн.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность Л. М. Бреховских за руководство и внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бреховских Л. М., Лысанов Ю. П. Теоретические основы акустики океана. Л.: Гидрометеиздат, 1982, с. 266.
2. Воробьев В. П., Кузнецов Е. И., Обухова А. В. и Палевич Л. Г. Обрывные термозонды США. — В кн.: Исследование изменчивости гидрофизических полей в океане. М.: Наука, 1974, с. 185–197.
3. Роберт Дж. Урик. Основы гидроакустики. Л.: Судостроение, 1978, с. 445.

Институт океанологии
им. П. П. Ширшова
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
12.VII.1985

УДК 534.26

РАССЕЯНИЕ ИЗГИБНЫХ ВОЛН РЕЗОНАТОРОМ, УСТАНОВЛЕННЫМ НА ПЛАСТИНЕ

Лапин А. Д.

На практике для создания виброизоляции изгибных волн в стержнях и пластинах применяют резонаторы [1–5]. Простейшим резонатором является пружина с грузом. Такой резонатор, расположенный перпендикулярно пластине и присоединенный к ней пружиной, интенсивно рассеивает изгибные волны, распространяющиеся в этой пластине. Рассеяние изгибных волн от резонаторов в безграничной пластине детально исследовано в работах [1–5]. Представляет интерес рассмотреть соответствующую задачу для пластины в форме бесконечно длинной полосы шириной H . Такая пластина является волноводом [6]. Ниже исследовано рассеяние изгибных мод от одиночного резонатора в этом волноводе.

Пусть пластина лежит в плоскости xy и шарнирно оперта на краях $y=0$ и $y=H$. К пластине в точке $(0, y_0)$ присоединен резонатор с массой m и коэффициентом упругости κ . На резонатор падает изгибная мода со смещением

$$w^{(0)}(x, y, t) = \exp[i(\xi_q x - \omega t)] \sin(\zeta_q y), \quad (1)$$

где $\zeta_q = q\pi/H$, $\xi_q = \sqrt{k^2 - \zeta_q^2}$, k — волновое число изгибной волны в безграничной пластине, ω — частота звука. Величина k определяется по формуле $k = [12\rho(1 - \sigma^2)\omega^2 / (Eh^3)]^{1/2}$, где σ , E и ρ — соответственно коэффициент Пуассона, модуль Юнга и плотность среды, h — толщина пластины. Под действием волны (1) резонатор возбуждается и излучает поле $w^{(1)}(x, y, t)$. Полное поле w в пластине равно $(w^{(0)} + w^{(1)})$.

Обозначим через $w'(t)$ — смещение груза резонатора. Уравнение движения этого груза имеет вид

$$m \frac{d^2 w'}{dt^2} = -F(t), \quad (2)$$

где сила F определяется по формуле

$$F(t) = \kappa [w'(t) - w(0, y_0, t)]. \quad (3)$$