

5. Л. А. Давидович, С. Махкамов, Л. Пулатова, П. К. Хабибуллаев, М. Г. Халиулин. Исследование акустических свойств некоторых органических жидкостей на частотах 0,3–3 Гц. Акуст. ж., 1972, 18, 2, 318–320.
6. М. И. Шахпаронов, Ю. Г. Шорошев, С. С. Алиев, М. Г. Халиулин, П. К. Хабибуллаев. Исследование акустических свойств растворов с критической точкой расслаивания. Ж. физ. химии, 1969, 43, 10, 2543.

Ташкентский государственный педагогический институт им. Низами
Кафедра общей физики

Поступила
7 декабря 1972 г.

УДК 536.26

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ НАПРАВЛЕННОСТИ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ВЕРШИНЕ КЛИНОВИДНОЙ ОБЛАСТИ ПРЕСНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л. Н. Захаров, В. А. Киршов, А. Б. Матвеев, В. В. Наумова

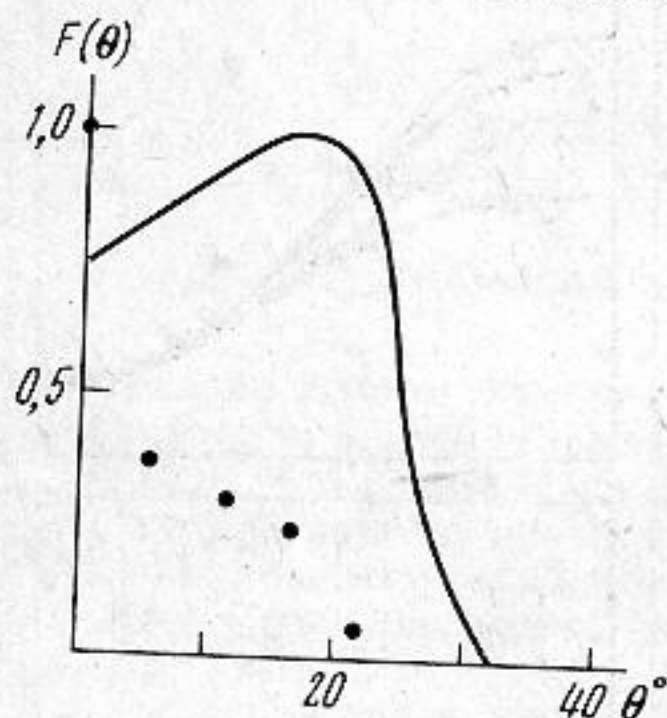
В настоящее время существуют теоретические и экспериментальные работы по исследованию звукового поля в клине с абсолютно отражающими (акустически мягкими и акустически жесткими) границами [1–5]. Работ, в которых рассматривался бы вопрос о распространении звука в клине с учетом потерь в подстилающей среде, нам неизвестно.

Данная экспериментальная работа ставила своей целью определение «диаграмм направленности» точечного источника, расположенного в вершине клина пресноводного водоема, дно которого является неидеальной границей. Полученные нами в реальных условиях диаграммы направленности системы «точечный излучатель – клин» были использованы в работах по изучению пространственных характеристик шумов берегового приобья.

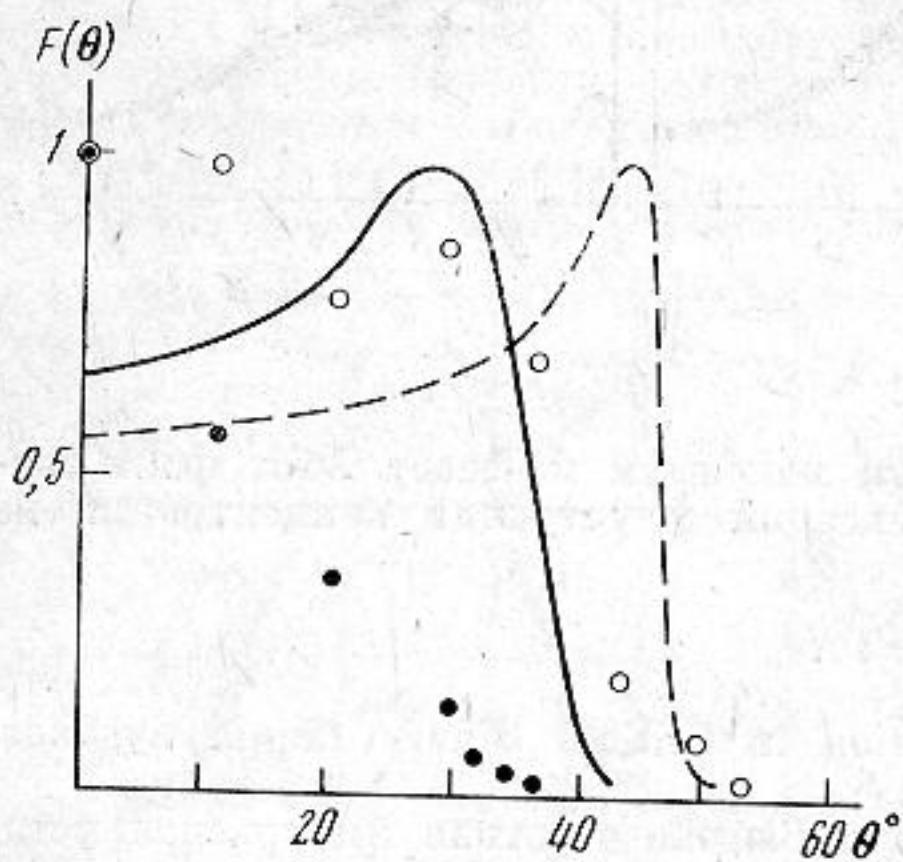
Согласно работе [1], потенциал скоростей для больших значений $r \gg r_0$ (r_0 – координата точечного источника) выражается в виде

$$\Psi = F(\theta) e^{ihr} / \rho, \quad (1)$$

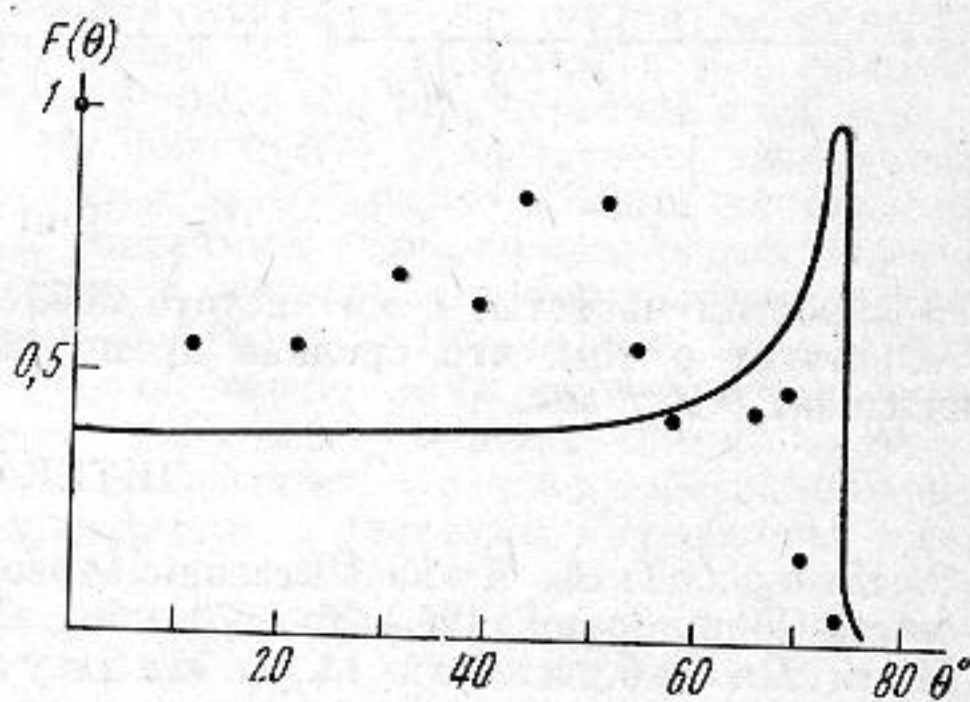
где $F(\theta)$ рассматривается как своего рода «характеристика направленности» точечного источника, расположенного в точке $r=0, z=0$, ρ и θ – полярные координаты в плоскости (r, z) .



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Расчет «характеристики направленности» точечного источника был проведен по формуле для клина с идеально мягкими гранями [1]:

$$F(\theta) = \frac{\pi}{\Phi} \sum_{n=1}^{\infty} e^{in^2/2\Phi} I_{n\pi/\Phi}(kr_0 \cos \theta) \sin \left(\frac{n\pi}{\Phi} \varphi \right) \sin \left(\frac{n\pi}{\Phi} \varphi_0 \right), \quad (2)$$

где k — волновое число для среды, заполняющей клин, φ_0 — угловая координата источника, Φ — угол при вершине клина. В данной работе угол Φ был равен 2° . При расчете характеристик направленности в выражении (2) достаточно было использовать два члена. Из выражения (2) следует, что для $n=1$ $F(\theta)$ максимально при

$$\theta_1 = \arccos \frac{\pi}{\Phi k r_0}.$$

Проведенный расчет позволяет сделать качественное сравнение результатов эксперимента и теории. Поскольку дно пресноводных водоемов принято считать акустически мягкой подстилающей средой, то экспериментальные данные сравниваются с теоретическими для клина с абсолютно мягкими гранями.

В связи с тем что в естественных условиях при наличии взволнованной поверхности (ветровое волнение, сейши) наблюдаются временные изменения как глубины в месте погружения источника, так и положения изобат относительно береговой линии, следует ожидать изменения во времени эффективной ширины характеристики направленности и направления ее оси относительно береговой линии. Поверхностное волнение также в значительной мере смазывает тонкую интерференционную картину поля. Поэтому теоретические кривые на фигурах 1–3 строились как огибающие максимумов функции Бесселя, определяющей, согласно формуле (2), характеристики направленности в плоскости $\varphi = \text{const}$.

На фигурах 1–3 приведены экспериментальные точки, полученные в результате определения характеристик в плоскости $\varphi = \Phi/2$ для частот 1,45; 1,8; 5,0 кгц. При наличии ветрового волнения эксперимент проводился только в том случае, если генеральные направления распространения волнения и сейши были перпендикулярны линии берега; тогда ось характеристики оставалась все время перпендикулярной берегу.

Измерения проводились при различных положениях излучателя относительно ребра клина. Экспериментальные точки получены в результате усреднения звукового давления, запись которого производилась в течение 10–15 мин.

Результаты экспериментального определения характеристик направленности для $f=1,45$ кгц (фиг. 1) получены при эффективной глубине места у источника, равной 55 см. При сравнении со сплошной теоретической кривой видно, что экспериментальная характеристика несколько уже. Такое различие, видимо, связано с наличием потерь в грунте. Диаграммы направленности для $f=1,8$ кгц (фиг. 2) получены при двух положениях излучателя. Эффективные глубины составляли 50 см (сплошная теоретическая кривая и черные экспериментальные точки) и 60 см. Во втором случае характеристика направленности существенно шире. Характеристика направленности, полученная при частоте $f=5$ кгц, приведена на фиг. 3. В этом случае эффективная глубина места у излучателя была 55 см. При построении экспериментальных характеристик нормировка производилась на самый большой максимум, полученный при измерениях на данной частоте.

Сравнение теоретических кривых, построенных в предположении идеальной акустически мягкой нижней границы, с экспериментальными характеристиками направленности показывает, что последние значительно уже на самых низких частотах. С повышением частоты происходит расширение экспериментальных характеристик направленности и они приближаются к теоретически рассчитанным для клина с идеальными акустически мягкими гранями.

В заключение авторы выражают благодарность С. Н. Ржевкину за полученные советы и постоянное внимание.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. П. Сахарова. Асимптотическое представление звукового поля точечного источника в клиновидной области. Акуст. ж., 1959, 5, 2, 215–220.
2. В. К. Кузнецов. О новом методе решения задачи о звуковом поле в жидком клине. Акуст. ж., 1959, 5, 2, 170–175.
3. В. К. Кузнецов. Рефракция нормальных волн в клине. Вестник МГУ, 1967, сер. III, 4, 14–21.
4. В. К. Кузнецов. Экспериментальное исследование звукового поля, возбуждаемого сосредоточенным источником в жидком клине с мягкими границами. Акуст. ж., 1967, 13, 2, 221–230.
5. В. К. Кузнецов. О звуковом поле в клине, возбуждаемом точечным источником. Докл. на VI Всесоюзной акустической конференции, А'IV 7, М., 1968.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
Физический факультет

Поступила
25 февраля 1972 г.