



Фиг. 2. Зависимость несоответствия акустического и геометрического фокусов системы $\Delta F = (F_r - F_a)/\lambda$ от фокусного расстояния R/λ и закона убывания поля: 1 — $A \sim 1/r$; 2 — $A \sim 1/\sqrt{r}$

ского закона убывания. Этот факт целесообразно использовать в практических целях для увеличения уровня сигнала на выходе считывающей решетки. Следует выполнять акустический блок в виде звукопровода ограниченной толщины и уменьшать расстояние фокусировки, добиваясь, таким образом, максимального совпадения акустического и геометрического фокусов.

Анализируя полученные результаты, можно также сделать следующие выводы: в экспериментах [1] (волны Лэмба в тонкой пластине) реализуется цилиндрический закон убывания амплитуды поля; поперечный размер считывающего преобразователя для хорошего разрешения лучей не должен превышать длину волны; местоположение считывающего элемента следует выбирать с учетом полученных законов трансформации формы фокального пятна, что уменьшит искажения при воспроизведении акустического поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Душаткин В. Н., Попова Е. Н., Харин Н. А. Экспериментальное исследование акустического полигона на основе волн Лэмба // Акуст. журн. 1986. Т. 32. № 3. С. 394–396.
2. Сапогин В. Г., Харин Н. А. О статической характеристике направленности устройства обработки информации на основе бездисперсионной волны Лэмба // Системы сбора и обработки измерительной информации. Таганрог: ТРТИ, 1983. Вып. 5. С. 56–61.
3. Каневский И. Н. Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн. М.: Наука, 1977. 366 с.

Таганрогский радиотехнический институт им. В. Д. Калмыкова

Поступила в редакцию 14.VII.1987

УДК 534.232

РАЗЛИЧЕНИЕ ВОДНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ЛУЧЕЙ ПО ФЛУКТУАЦИЯМ ИХ УГЛА ПРИХОДА

Симанин А. А.

Умение разделять с заданной степенью достоверности водные и поверхностные лучи представляет интерес для ряда практических задач гидроакустики. Известно, что объемные случайные неоднородности и взволнованная поверхность океана приводят к флуктуациям параметров звуковых лучей [1, 2]. Поскольку они определяются в основном качественно разными эффектами, то можно ожидать, что этот факт, соответствующим образом проинтерпретированный, можно положить в основу алгоритмов объективного различения указанных классов лучей.

Рассматриваемые ниже статистические решающие правила основаны на теоретических моделях, описывающих флуктуации угла прихода звукового луча в вертикальной плоскости $\delta\psi$. Для водных лучей модель основана на первом приближении метода геометрической оптики [1]. Согласно ей, $\delta\psi$ следует нормальному закону с параметрами $(0, \sigma^2)$, где σ^2 — дисперсия $\delta\psi$. Для поверхностных лучей теоретическая модель, основанная на приближении Кирхгофа, развита в работе [2]. Анализ $\delta\psi$, проведенный на основании этой работы, показывает, что при небольшом числе контактов луча с неровной поверхностью N величина $\delta\psi$ является негауссовской, ее среднее значение всегда отлично от нуля, а сама функция асимметрична, причем заранее нельзя сказать, какой из хвостов окажется «тяжелее».

Исходя из перечисленных теорий, можно попытаться ответить на вопрос, чем качественно отличаются водные и поверхностные лучи? Ответ на него в терминах структурных свойств плотности распределения $\delta\psi$ изображен в таблице.

Использование этих признаков сводит задачу различения водных и поверхностных лучей к проверке одной из следующих сложных гипотез: а) о нормальности

Луч	Признак		
	плотность распределения $\delta\psi$	среднее значение $\delta\psi$	Симметрия плотности распределения $\delta\psi$
Водный Поверхностный	Гауссовская Негауссовская, нормализуется при $N \rightarrow \infty$	0 $\neq 0$	Симметрична Асимметрична, симметризуется при $N \rightarrow \infty$

$\delta\psi$ при неизвестных среднем и дисперсии, б) о положении среднего значения $\delta\psi$ при неизвестной функции распределения, в) о симметрии $\delta\psi$ при неизвестных центре и функции распределения.

Для проверки каждой из перечисленных гипотез в непараметрической статистике разработан ряд критериев согласия [3]. Поскольку применяемые идеи во многом похожи, то остановимся подробнее лишь на задаче а). Альтернативные гипотезы записываются в виде $H_0: \{F(\delta\psi) \in T\}$, $H_1: \{F(\delta\psi) \notin T\}$, где T — двухпараметрическое семейство нормальных распределений (параметры — среднее и дисперсия). Критерии согласия строятся в форме

$$D(F_n(\delta\psi), \Phi((\delta\psi - \delta\psi_n)/S_n)), \quad (1)$$

где D — некоторый функционал, определяющий меру отклонения выборочной функции распределения F_n от теоретической Φ , Φ — интеграл вероятности, $\delta\psi_n$ и S_n — оценки максимального правдоподобия среднего и дисперсии $\delta\psi$.

Проверка гипотезы о принадлежности выборки известного объема n семейству нормальных распределений сводится к вычислению статистики (1) и сравнению ее при заданном уровне значимости α -критерия с порогом, величина которого определяется из статистических таблиц [4].

Работоспособность предложенного алгоритма была проверена при помощи гистограмм распределения $\delta\psi$ для водного и двух поверхностных лучей [5] при $n=200$. Применялся двусторонний критерий Колмогорова — Смирнова:

$$D = \sqrt{n} \max_{\delta\psi} |F_n(\delta\psi) - \Phi((\delta\psi - \delta\psi_n)/S_n)|.$$

При $\alpha=0,2$ для водного луча гипотеза нормальности была принята, для обоих поверхностных — отвергнута. Однако для $\alpha=0,15$ гипотеза нормальности для водного луча также отвергается (эффект конечности объема выборки) и представляет интерес рассмотреть задачу вновь для больших значений n .

Использование других признаков приводит к снижению достоверности различения водных и поверхностных лучей. Так, в случае б) применение критерия омега-квадрат приводит к тому, что вероятность правильного различения падает до 0,65. Это явление объясняется тем, что в данном случае используется существенно меньше априорной информации о конкурирующих гипотезах, чем в случае а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Распространение звука во флуктуирующем океане/Под ред. Флатте С. М.: Мир, 1982.
2. Фролов В. М. Многократное отражение луча от взволнованной поверхности океана // Акуст. журн. 1985. Т. 31. № 1. С. 103.
3. Handbook of Statistics. V. 4. Nonparametric methods/Ed. by Krishnaiah P. R.: Amsterdam: North Holland, 1984.
4. Biometrika Tables for Statisticians. V. 2/Ed. by Pearson E. S., Hartley H. O.: Cambridge: Cambridge University Press, 1972.
5. Фролов В. М. Влияние объемных неоднородностей и взволнованной поверхности океана на статистические характеристики звуковых сигналов: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: АКИН, 1983.

Акустический институт
им. Н. Н. Андреева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
3.XII.1987