

мерений рассеянного поля, что в результате фокусировки и временно-го разрешения ведет к уменьшению роли многократного перерассеяния падающей на рассеиватель волны и, как следствие этого, к большей устойчивости алгоритма (2). Это подтверждает модельный эксперимент для случая, когда число рассеивателей больше числа приемников, а недостающая информация восполняется увеличением числа рабочих частот в сочетании с несколькими вариантами первичного поля  $Pf_0$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Буров В. А., Горюнов А. А. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон., 1977, 18, № 6, с. 95. [2] Prosser R. T. J. Math. Phys., 1969, 10, N 10, p. 1819.

Поступила в редакцию  
05.02.82

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, т. 23, № 6.

УДК 534.2

### ОЦЕНКА РАССЕИВАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ УСРЕДНЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ТИПА

В. А. Буров, А. А. Горюнов, А. В. Сасковец

(кафедра акустики)

Значительный интерес, который вызывает в последнее время решение задач томографического типа, основан прежде всего на их большом практическом значении. Однако решение такой задачи, учитывающее многократное перерассеяние падающей на рассеивающий объект волны, в достаточно общей и практически интересной ситуации часто сталкивается с непреодолимыми трудностями. Решение же ее в борновском приближении может быть доведено до конца, поэтому представляется интересным приближенное сведение строгой задачи к решению нескольких задач в борновском приближении с последующим усреднением полученных результатов. Во многих работах эта процедура, по сути дела, широко используется [1, 2], не находя, однако, достаточного обоснования. В работе [3] нами был теоретически рассмотрен вопрос полезности такого усреднения и проведена оценка возникающей при этом ошибки.

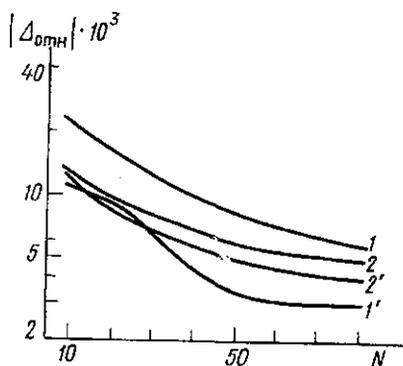
Для дискретного случая относительная ошибка в определении коэффициентов переизлучения дискретных рассеивателей, как показано в [3], составляет

$$|\Delta_{\text{отн}}| \cong \frac{\langle |\varepsilon^B| \rangle \sqrt{M}}{\sqrt{lm}}, \quad (1)$$

где  $\langle |\varepsilon^B| \rangle$  — среднее значение борновских коэффициентов переизлучения,  $M$  — число рассеивающих точек, описывающих данный рассеиватель,  $l$  — число различных частот, на которых проводились измерения, а  $m$  — число положений точечного излучателя.

Таким образом, в (1)  $lm$  — общее число решений борновской задачи. При получении этой оценки предполагалось, что все  $M$  точечных рассеивателей, составляющих рассеиватель в целом, имеют приблизительно одинаковую силу и равномерно расположены в рассеивающей области; кроме того, предполагалось, что рассеивающая область облучается равномерно.

Следующим этапом явилась проверка выводов работы [3] с помощью проведения модельного эксперимента на ЭВМ. Рассматривалась модель, состоящая из одного точечного излучателя, десяти точечных рассеивателей, расположенных на прямой, и такого же количества точечных приемников ( $M=n$ ,  $n$  — число приемников), расположенных на прямой, параллельной первой. Для получения необходимого количества усреднений изменялись положение излучателя и частота облучения. Величина  $\langle \varepsilon^B \rangle$  вычислялась как среднее арифметическое значение модуля борновского коэффициента переизлучения  $\sum_{j=1}^M |\varepsilon_j^B|/M$ . Максимальное число усреднений равнялось 90. Сначала решалась прямая задача, в которой учитывалось многократное перерассеяние падающей на рассеиватель волны, а затем по полученным данным о рассеянном поле вычислялись значения  $\varepsilon_j^B$ . Получаемое таким образом среднее по  $lm$  попыткам значение коэффициента переизлучения  $j$ -го рассеивателя  $\tilde{\varepsilon}_j = \sum_{i=1}^{lm} \varepsilon_{ij}^B / lm$  сравнивалось с истинным значением  $\varepsilon_j$ , которое задавалось при решении прямой задачи.



Некоторые результаты модельного эксперимента представлены на рисунке графиком зависимости относительной ошибки определения коэффициентов переизлучения рассеивателей от числа усреднений. Кривая 1 показывает поведение средней по всем рассеивателям относительной ошибки

Кривая 2 построена в соответствии с соотношением (1). На рисунке представлены два семейства таких кривых для различных вариантов перемещения излучателя (1, 2 и 1', 2'). Для практических приложений наиболее интересна ситуация, когда число точек, описывающих рассеиватель, больше числа точечных приемников, т. е.  $M > n$ . В этом случае оценка (1) зависит от величины  $M/n$  и может быть представлена в следующем виде:

$$|\tilde{\Delta}_{отн}| = \sum_{j=1}^M \left| \frac{\varepsilon_j - \tilde{\varepsilon}_j}{M\varepsilon_j} \right|. \quad (2)$$

Результаты проделанного для этого случая модельного эксперимента качественно не отличаются от приведенных ранее (см. рисунок).

В заключение отметим, что физически снижение роли перерассеяния объясняется тем, что набор частот, точек излучения и приема позволяет произвести пространственное фокусирование и временное разрешение, дающее возможность отделить перерассеянные сигналы от сигналов однократного рассеяния как по месту источника, так и по частотно-фазовой зависимости.

$$|\Delta_{отн}| \cong \frac{\langle |\varepsilon^B| \rangle (M/n) \sqrt[6]{M}}{\sqrt{lm}}. \quad (3)$$

В заключение отметим, что физически снижение роли перерассеяния объясняется тем, что набор частот, точек излучения и приема позволяет произвести пространственное фокусирование и временное разрешение, дающее возможность отделить перерассеянные сигналы от сигналов однократного рассеяния как по месту источника, так и по частотно-фазовой зависимости.

- [1] Мюллер Р. К., Кавех М., Уэйд Г. ТИИЭР, 1979, 67, № 4, с. 146.  
 [2] Dändliker R., Weiss K. Optics Comm., 1970, 1, N 7, p. 323. [3] Бу-  
 ров В. А., Горюнов А. А., Сасковец А. В. В кн.: Волны и дифракция. Крат.  
 тез. докл. VIII Всесоюз. симпоз. по дифр. и распротр. волн. 1981, т. 1, с. 85.

Поступила в редакцию  
05.02.82

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, т. 23, № 6

УДК 535.417

## О МЕТОДЕ СИНТЕЗА ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕМ НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ

А. В. Тихонравов

(кафедра математики)

Как было показано в [1—4], в ряде акустических задач синтеза необходимые условия оптимальности приводят к требованию экстремальности параметров слоистой среды. Аналогичная ситуация имеет место и для некоторых оптических задач синтеза, в частности для задачи синтеза многослойных оптических покрытий при нормальном падении света. В настоящей заметке показывается, как для последней задачи результаты, вытекающие из исследования необходимых условий оптимальности, могут быть использованы при построении метода синтеза.

Центральным моментом в методах синтеза, основанных на вариационной постановке задачи, является построение эффективного алгоритма минимизации оценочного функционала. Основной проблемой при этом оказывается многоэкстремальность функционала [6]. Предлагаемый ниже путь направлен на преодоление связанных с ней трудностей.

Пусть

$$F = \int_{k_1}^{k_2} \varphi[R(k), k] dk \quad (1)$$

оценочный функционал в задаче синтеза. Здесь  $k$  — волновое число,  $[k_1, k_2]$  — спектральный интервал, в котором проводится синтез,  $R(k)$  — энергетический коэффициент отражения,  $\varphi(R, k)$  — заданная неотрицательная и дифференцируемая по  $R$  функция.

Коэффициент отражения равен

$$R(k) = \left| \frac{n_1 - x(k, T)}{n_1 + x(k, T)} \right|,$$

где  $n_1$  — показатель преломления внешней среды,  $x(k, T)$  — значение адмитанса на внешней границе слоистой среды:  $t=T$ . Адмитанс удовлетворяет уравнению

$$x'(k, t) = ik[x^2(k, t) - \varepsilon(t)], \quad x(k, 0) = n_2, \quad (2)$$

где штрих означает дифференцирование по  $t$ , т. е. по координате вдоль нормали к слоистой среде,  $\varepsilon(t)$  — диэлектрическая проницаемость слоистой среды, а  $n_2$  — показатель преломления подложки.

Пусть  $x_1$  и  $x_2$  — действительная и мнимая части адмитанса. При исследовании необходимых условий оптимальности [5] строится сопряженная система дифференциальных уравнений:

$$\psi_1' = 2k(x_2\psi_1 - x_1\psi_2), \quad \psi_2' = 2k(x_1\psi_1 + x_2\psi_2) \quad (3)$$