

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПАРАНТА НА КОРРЕЛЯЦИОННУЮ  
ФУНКЦИЮ ПРИ ОПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ

В. А. Зубов, А. В. Крайский, Т. Т. Султанов, А. Г. Хлебников

УДК 621.378.9:772.99

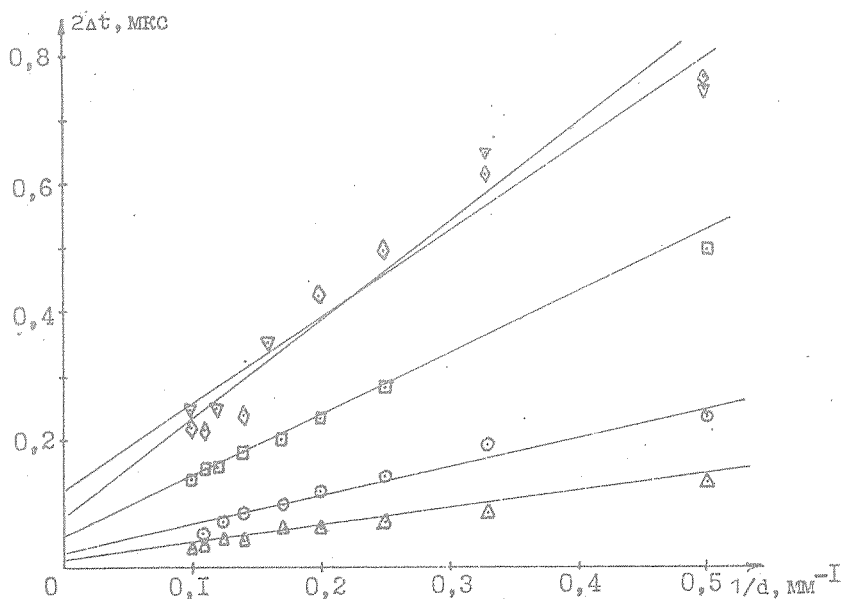
В работе проанализировано влияние характеристик транспарантов на работу интерференционного коррелятора, основанного на схеме модифицированного двухлучевого интерферометра Маха-Цендера. Показано, что модель, основанная на разбиении транспаранта на отдельные элементы, удовлетворительно описывает наблюдаемые экспериментально закономерности.

Проблемы опознавания образов и выделения сигнала на фоне помех тесно связаны с характеристиками транспарантов, содержащих информацию, подлежащую обработке. В данной работе рассматривается влияние таких характеристик на работу и формирование функции корреляции в интерференционном корреляторе, основанном на схеме модифицированного интерферометра Маха-Цендера /1,2/. Для исследования применялись транспаранты со случайной структурой, имеющие разный характерный масштаб неоднородностей. Транспаранты и фильтры получались при фотографировании на пленке МИКРАТ поля лазерного излучения, прошедшего через матовое стекло, и были идентичны. Масштаб неоднородностей менялся за счет изменения расстояния  $L$  фотоматериала от матового стекла. Коррелятор работал в режиме вращающегося фильтра в сочетании с линейным смещением транспаранта.

Первая группа экспериментов выполнялась с набором транспарантов, полученных при расстояниях  $L$  от 10 до 80 см. Регистрировалась функция корреляции для вращения фильтра со скоростью  $\Omega$  при совпадении центров изображений объекта на транспаранте и фильтре. Измерялась длительность импульса корреля-

ции  $2\Delta t$  на половине высоты при изменении диаметра  $d$  рабочей области на прозрачных и фильтрах в диапазоне от 2 до 10 мм. Результаты экспериментов для некоторых прозрачных представлено на рис. 1. Для каждой серии по методу наименьших квадратов рассчитывались прямые  $2\Delta t = A + B/d$ , аппроксимирующие линейную зависимость. Результаты представлены в табл. I. Выборочный коэффициент корреляции  $R$  очень близок к единице, что показывает надежность аппроксимации. В последней колонке приведены значения  $2\Delta t$  для диаметра рабочей области  $d = 3$  мм, которые используются при дальнейшем анализе.

Вторая группа экспериментов выполнялась при фиксированном размере рабочей области  $d = 3$  мм. Зависимость величины корреляционного пика для вращения от линейного смещения прозрачного относительно фильтра дает трансляционную корреляционную



Р и с. 1. Зависимости  $2\Delta t = A + B/d$ . Экспериментальные значения для  $L = 10$  см (Δ), 20 см (○), 40 см (◻), 60 см (◇), 80 см (▽).

функцию. Некоторые результаты экспериментов представлены на рис. 2. Они также обрабатывались по методу наименьших квадратов, и по этим расчетам определялся трансляционный радиус корреляции транспаранта. Рассчитанные значения представлены в табл. 2. Полученные в этих двух группах экспериментальные результаты могут быть сопоставлены с учетом скорости вращения фильтра  $\Omega = 760$  рад/с. Сопоставление представлено графически на рис. 3. В области малых размеров неоднородностей наблюдается линейная зависимость. Нарушение пропорциональности наблюдается лишь для транспарантов с большим характерным размером неоднородностей  $2\Delta r \geq 0,5$  мм, что соизмеримо с размером рабочей области  $d = 3$  мм.

Таблица I

| Расстояние фото-<br>материала от рас-<br>сеивателя |       |       | Выборочный<br>коэффициент<br>корреляции | 2 $\Delta r$ для диамет-<br>ра рабочей об-<br>ласти<br>d = 3 мм, мс |
|--|-------|-------|---|---|
|  | L, см | A     |   |   |
| 10   | 0,016 | 0,023 | 0,986                                   | 0,095 $\pm$ 0,005   |
| 15   | 0,013 | 0,38  | 0,975                                   | 0,14 $\pm$ 0,01   |
| 20   | 0,019 | 0,46  | 0,975                                   | 0,17 $\pm$ 0,01   |
| 25   | 0,042 | 0,50  | 0,962                                   | 0,21 $\pm$ 0,02   |
| 30   | 0,033 | 0,65  | 0,977                                   | 0,25 $\pm$ 0,02   |
| 35   | 0,059 | 0,61  | 0,974                                   | 0,26 $\pm$ 0,02   |
| 40   | 0,053 | 0,89  | 0,999                                   | 0,351 $\pm$ 0,004   |
| 50   | 0,016 | 1,33  | 0,916                                   | 0,46 $\pm$ 0,07   |
| 60   | 0,083 | 1,47  | 0,977                                   | 0,57 $\pm$ 0,05   |
| 70   | 0,149 | 1,30  | 0,948                                   | 0,58 $\pm$ 0,07   |
| 80   | 0,118 | 1,36  | 0,977                                   | 0,57 $\pm$ 0,06   |

Сопоставим результаты с развитой ранее моделью /3/, которая основана на разбиении транспаранта и фильтра на элементы, достаточно малые, чтобы за время, соответствующее смещению на несколько радиусов корреляции, можно было не учитывать их поворот, и в то же время достаточно большие, чтобы функция корреляции в своей центральной части не слишком отличалась от

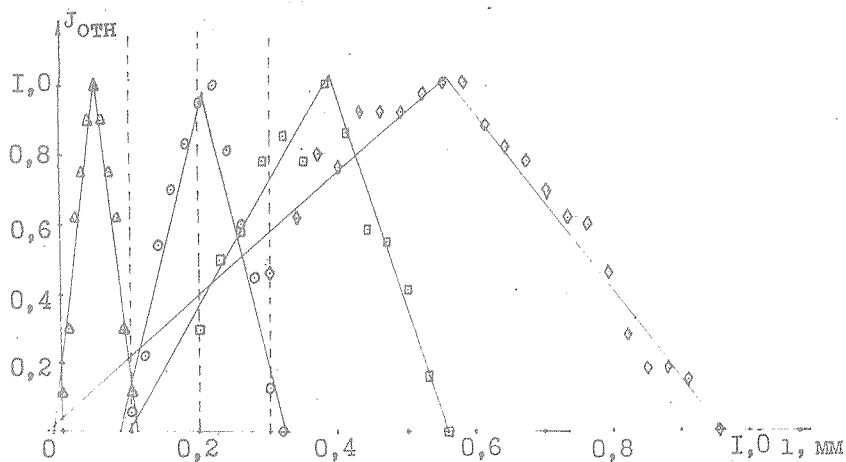
функции корреляции для всего транспаранта. В рамках этой модели ширина функции корреляции  $\Delta\beta_{\Pi}$  для поворота транспаранта по уровню  $1/n$  выражается через функцию корреляции транспаранта  $K(x,y)$  и его площадь  $S$

$$(\Delta\beta_{\Pi})^2 = n \int_S K(x,y) dx dy / K(0,0)S.$$

В частном случае транспаранта диаметром  $D$ , обладающего корреляционной функцией аксиальной симметрии

$$K(r) = \begin{cases} 1 - (r/2\Delta r) & \text{при } r < 2\Delta r \\ 0 & \text{при } r \geq 2\Delta r, \end{cases}$$

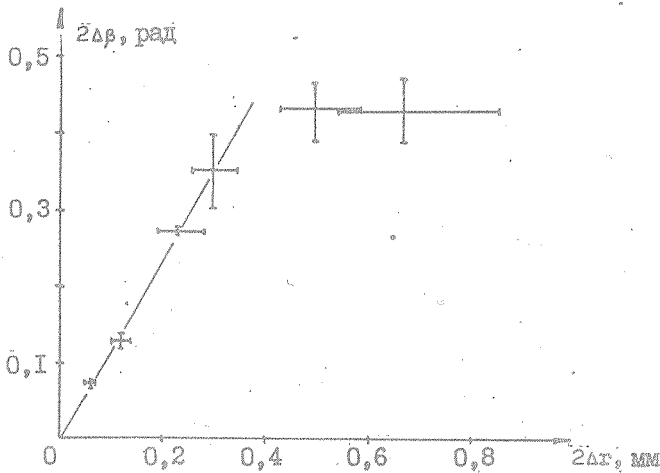
где  $r$  - смещение по радиусу картины,  $2\Delta r$  - ширина импульса корреляции по уровню  $1/2$ , имеем  $\Delta\beta = 3\Delta r/d$ , что дает  $2\Delta t\Omega = 3,2\Delta r/d$ . Полученное соотношение позволяет описать результаты экспериментов. В случае первой группы экспериментов имеем  $2\Delta t = C_1(1/d)$ , где  $C_1 = 3,2\Delta r/\Omega$ , и должно совпадать с  $B$



Р и с. 2. Экспериментальные значения импульса корреляционной функции  $J_{0ТН}$  для  $L = 10$  см ( $\Delta$ ),  $L = 20$  см ( $\circ$ ),  $L = 40$  см ( $\square$ ),  $L = 60$  см ( $\diamond$ )

Таблица 2

| Расстояние фото-<br>материала от рас-<br>сеивателя<br>L, см | $2\Delta r$ ,<br>мм       | $C_I$ | B    |
|---|---------------------------|-------|------|
| 10  | $0,06 \pm 0,01$           | 0,24  | 0,23 |
| 20  | $0,12 \pm 0,02$           | 0,47  | 0,46 |
| 40  | $0,23 + 0,05$<br>$- 0,04$ | 0,91  | 0,89 |
| 50  | $0,30 + 0,05$<br>$- 0,04$ | 1,18  | 1,33 |
| 60  | $0,50 + 0,09$<br>$- 0,07$ | 1,97  | 1,47 |
| 80  | $0,67 + 0,18$<br>$- 0,13$ | 2,65  | 1,36 |



Р и с. 3. Результаты сопоставления ширины функций корреляции, связанных с поворотом и смещением, для транспаранта, имеющего вид круга диаметром  $d = 3$  мм. Прямая описывается выражением

$$2\Delta r = 2\Delta r C_2, \text{ где } C_2 = 1,16 \pm 0,15$$

(см. табл. 1). Сопоставление приведено в табл. 2. Видно, что для не очень больших характеристик неоднородностей транспаранта совпадение удовлетворительное. Второе сопоставление с результатами, представленными на рис. 3, дает  $2\Delta\beta = 2\Delta\gamma C_2$ , где  $C_2 = 3/d = 1,00$ . Значение  $C_2$ , полученное из эксперимента, равно  $1,16 \pm 0,15$ .

Таким образом, в рамках достаточно простой модели возможно описание влияния структуры транспаранта на работу интерференционного коррелятора для транспарантов с не слишком медленно спадающей функцией корреляции.

Поступила в редакцию  
9 декабря 1980 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. В. А. Зубов, А. В. Крайский, Т. Т. Султанов, Препринт ФИАН № 67, М., 1980 г.
2. V. A. Zubov, T. T. Sultanov, Proc. SPIE, 213, 50 (1980).
3. В. А. Зубов, А. В. Крайский, Т. Т. Султанов, Краткие сообщения по физике ФИАН № 7, 24 (1980).