

УДК 535.41:778.38

**ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ НА ВОССТАНОВЛЕННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ****Ю. Х. Исманов**

Рассматриваются результаты компьютерного моделирования процессов записи и восстановления радужных голограмм, записанных по бесщелевому методу.

*Ключевые слова:* радужная голограмма; бесщелевой метод; компьютерное моделирование.

**INFLUENCE OF THE WAVE LENGTH ON THE RECONSTRUCTED IMAGE****Yu. H. Ismanov**

It is considered some results of computer simulation of slitless rainbow holograms recording and reconstruction.

*Keywords:* rainbow hologram; slitless method; computer simulation.

Моделирование процесса записи и восстановления радужной голограммы можно разбить на два сильно различающихся по своей реализуемости блока. Если запись бесщелевой радужной голограммы [1] сводится, по сути, к схеме записи голограммы Френеля, в которую вводится вторая опорная волна, то восстановление такой голограммы смоделировать на компьютере достаточно сложно, если вообще возможно. Дело в том, что восстановление такой голограммы когерентной волной [2] дает возможность получить информацию о записанном объекте во всех трех дифракционных порядках, т. е. она становится более информативной по сравнению с голограммой Френеля, записанной по обычной схеме. Однако в этом случае не используется одно из важнейших свойств радужных голограмм – возможность восстановления белым светом, получение многоцветного радужного изображения. Поэтому моделирование восстановления радужной голограммы – это восстановление белым светом, или, по крайней мере, одновременное восстановление несколькими длинами волн. Задача эта крайне сложная, поэтому как первый шаг на пути ее решения исследуется влияние длины восстанавливающей волны на вид и положение восстановленного изображения. Исследование проводили на компьютерной модели процесса записи и восстановления голограмм Френеля. Так как радужная голография – это голография трехмерная, то, естественно, возникла необходимость обобщения голографии Френеля на случай записи объемных объектов.

В общем случае проблема компьютерной записи голограммы трехмерного объекта сводится

к численному решению дифракционного интеграла. Однако расчет голограммы с использованием дифракционного интеграла даже для простейших трехмерных объектов математически очень трудоемок. Поэтому в численных расчетах голограмм дифракционный интеграл сводят к интегралу Френеля. Преобразования Френеля, которые лежат в основе математического аппарата, описывающего процесс записи голограммы Френеля, это, по сути, двумерные преобразования, позволяющие увязывать точки одной плоскости с точками другой плоскости. То есть переходя от дифракционного интеграла, как трехмерной задачи, к преобразованиям Френеля мы теряем информацию об одной из пространственных координат. Сделав этот шаг, т. е. перейдя от пространственной задачи к плоской, мы, строго говоря, потеряли возможность точного учета глубины и рельефа объекта. Даже в голограмму Френеля входит только расстояние от объекта до плоскости наблюдения, а не глубина рельефа объекта. Тем не менее, остается возможность синтезировать поле, восстанавливающее в определенных условиях объект, а значит, остается наиболее важное свойство голографической визуализации – естественность наблюдения объекта. Что касается передачи рельефа, то для нее можно предложить искусственные приемы.

Задача вычисления распределения амплитуды и фазы световой волны, которая рассеивается произвольным трехмерным объектом на произвольную поверхность наблюдения, является по необходимости трехмерной и сводится к решению интегралов вида

$$\Gamma(\xi, \eta, \zeta) = \int_{F(x, y, z)} A(x, y, z) |b(x, y, z)| \times \exp i[\alpha(x, y, z) + \beta(x, y, z)] \times T(x, y, z, \xi, \eta, \zeta) dx dy dz,$$

где  $A(x, y, z) \exp i\alpha(x, y, z)$  – распределение амплитуды и фазы освещения на поверхности наблюдения. Интегрирование производится по поверхности  $F(x, y, z)$ . Вид ядра этого преобразования  $T(x, y, z, \xi, \eta, \zeta)$  зависит от пространственного расположения объекта и поверхности наблюдения. Вычисление таких интегралов в общем случае требует чрезвычайно громоздких процедур. Но, учитывая естественные ограничения процесса визуального наблюдения, эту задачу можно существенно упростить. Эти ограничения состоят в следующем:

1. Размеры зрачка глаза наблюдателя намного меньше расстояния от объекта до поверхности наблюдения.

2. Человек с нормальным зрением воспринимает объем тел главным образом благодаря бинокулярному зрению, эффекту перспективных искажений и затенению непрозрачными телами тел, находящихся за ними, а также эффекту образования светотеней и бликов на диффузных поверхностях тел.

3. Участки поверхности наблюдения размером в межзрачковое расстояние глаз можно считать плоскими.

4. Глубина рельефа объектов, расположенных на удобном для рассматривания расстоянии от наблюдателя, обычно мала по сравнению с этим расстоянием.

Они позволяют прежде всего свести трехмерную задачу к двумерной. Для этого поверхность наблюдения можно разбить на участки, аппроксимированные плоскостями, а распределение амплитуды и фазы волны на поверхности объекта заменить, пользуясь законами геометрической оптики, распределением амплитуды и фазы волны на плоскости, касающейся объекта (или просто достаточно близкой к нему, чтобы при пересчете амплитуды и фазы волны можно было пренебречь дифракцией) и параллельной данному плоскому участку поверхности наблюдения.

При моделировании записи голограмма объекта (сфера) записывалась длиной волны, соответствующей оранжевому цвету видимого спектра (длина волны равна 0,6). Длины волн нормировались таким образом, что длины волн видимого участка спектра изменялись от 0,4 до 0,7.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты восстановления голограммы сферы (исходный объект расположен в левом верхнем углу рисунка). Результаты восстановления даны, последовательно, для длин волн: 0,4 – фиолетовый цвет, 0,55 – зеленый цвет, 0,6 – оранжевый цвет, 0,7 – красный цвет. На рисунках видно, что при увеличении длины волны центры восстановленных объектов смещаются влево от оси голограммы. Кроме того, при восстановлении голограммы длинами волн меньшими, чем длина записывающей волны, восстановленные изображения растягиваются в горизонтальном направлении, при восстановлении длинами волн большими исходной изображения растянуты по вертикали. Полученный результат совпадает с результатами оптических эксперимен-

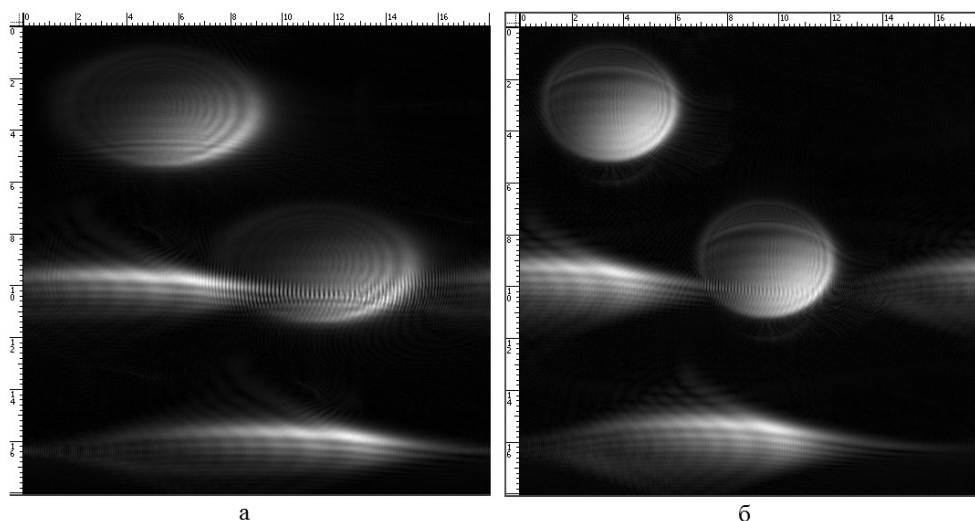


Рисунок 1 – Восстановление голограммы: а – длина волны 0,4 (фиолетовый цвет); б – длина волны 0,55 (зеленый цвет)

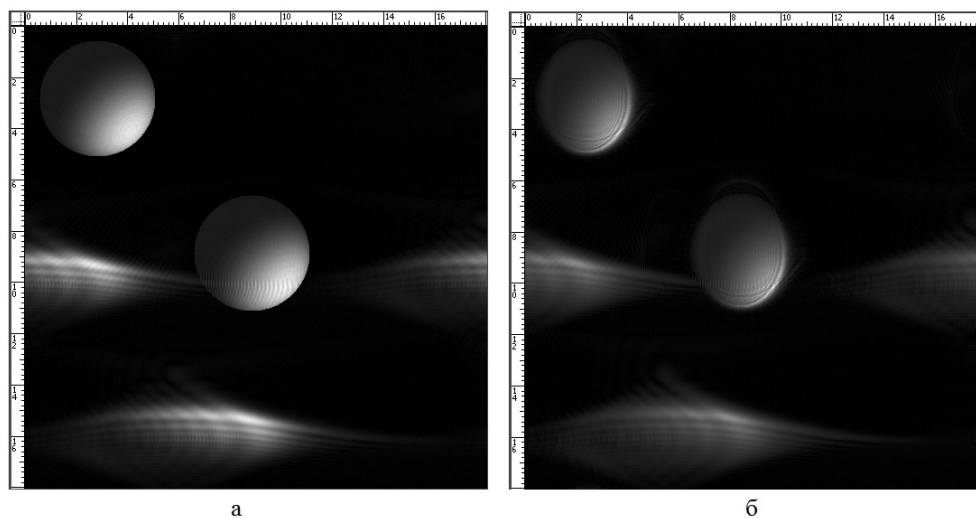


Рисунок 2 – Восстановление голограммы: а – длина волны 0,6 (оранжевый цвет);  
б – длина волны 0,7 (красный цвет)

тов по восстановлению голограммы различными длинами волн и, в какой-то мере, с результатами восстановления радужных голограмм белым цветом, с учетом закономерностей изменения цветов в радужном изображении восстановленного объекта.

#### *Литература*

1. *Maripov A.* Theory of the slitless rainbow holography and the Talbot effect in holography / A. Maripov // *J. Optics (Paris)*. 1995. V. 26. № 5. P. 201.
2. *Исманов Ю. Х., Марипов А.* Моделирование процессов записи и восстановления голограмм, записанных с использованием второго опорного пучка / Ю.Х. Исманов, А. Марипов // *Известия КГТУ им. И. Раззакова*. 2006. № 9. Т. II. С. 154–159.