

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ НАБЛЮДЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АМПЛИТУДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

к.т.н. С.В. Чёрный, А.А. Жевтюк
(представил д.т.н., проф. Д.В. Голкин)

Рассматривается способ управления разрешающей способностью исследуемой оптической системы при амплитудной фильтрации информационного сигнала. Учтено воздействие звеньев экспериментальной установки на общий результат.

В данной работе предлагается рассмотреть характер изменения разрешающей способности (РС) исследуемой оптической системы (ОС) при амплитудной фильтрации информационного сигнала. В качестве амплитудного фильтра (АФ) в работе используют плоско-параллельную пластину из оптического стекла, дающего минимальные искажения оптического сигнала, с непрозрачной маской прямоугольной формы. Данный фильтр размещают непосредственно перед объективом исследуемой оптической системы. Длина маски АФ равна диаметру входного отверстия объектива, а ширина изменяется в пределах, указанных в табл. 1.

На рис. 1 изображена экспериментальная установка для определения РС ОС при наблюдении эталонного изображения (миры) с учётом всех элементов данной установки. Она состоит из оптической скамьи, на которой установлены:

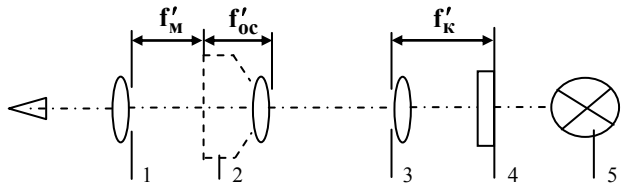


Рис. 1. Схема экспериментальной установки прибор для визуального наблюдения (микроскоп) (1); исследуемая оптическая система с АФ (2); коллиматор (3); испытательная мира (4); осветитель (5). На схеме f'_M – фокусное расстояние микроскопа; f'_{oc} – фокусное расстояние оптической системы; $f'_к$ – фокусное расстояние коллиматора.

В экспериментальной установке используется штриховая мира. В таком случае РС ОС находят путём определения наибольшего номера элемента миры, который разрешается глазом, и вычисляют как

$$R_N = \frac{60}{B} \cdot K_N, \quad (1)$$

где \mathbf{B} , \mathbf{N} – база и номер элемента мира; \mathbf{K}_N – коэффициент ($\mathbf{K}_N = 1,06^{N-1}$).

В нашем случае суммарная РС зависит от РС составляющих согласно соотношения [1]:

$$\frac{1}{R_N} = \frac{1}{R_{Mo}} + \frac{1}{R_{Ocn}} + \frac{1}{R_K}, \quad (2)$$

где R_{Mo} – разрешающая способность системы микроскоп – глаз наблюдателя; R_K – разрешающая способность коллиматора; R_{Ocn} – разрешающая способность оптической системы в плоскости предметов с использованием амплитудного фильтра, $R_{Ocn} = \frac{R_n \cdot R_{oc}}{R_{oc} + R_n}$; R_{oc} – разрешающая способность оптической системы.

При заранее известных значениях R_{Mo} , R_K и определенному по (1) R_N , вычисляем значение РС ОС с использованием АФ.

В процессе проведения эксперимента было установлено, что РС данной ОС уменьшается при увеличении ширины маски АФ. Согласно приведенным данным (табл. 1) фильтрация информационного сигнала осуществляется в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В первом случае разрешение, постепенно уменьшаясь, исчезает при ширине маски АФ $l = 7$ мм (кривая 1, рис. 2, б), при этом осуществляется, в основном, фильтрация изображения горизонтально расположенных штрихов мира.

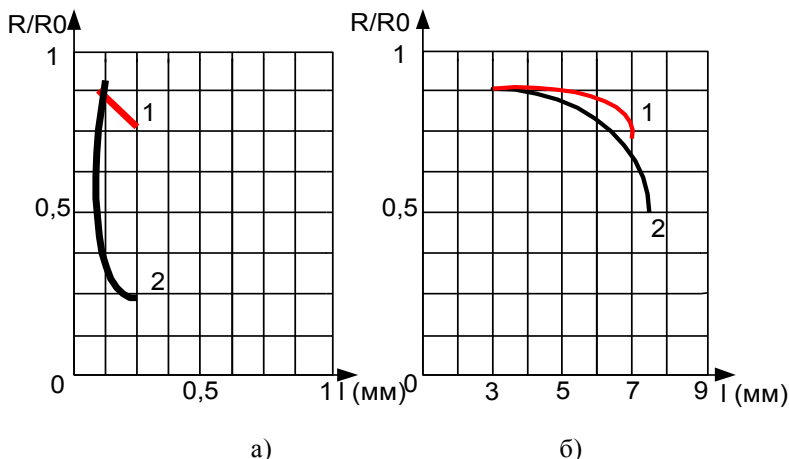


Рис. 2. Зависимость нормированной РС от ширины ДМ (а – расчетная при нормированной апертуре; б – экспериментальная)

Аналогичные преобразования осуществляются при вертикальном расположении маски АФ, однако граничное значение ширины маски АФ равно $l = 7,5$ мм (кривая 2, рис. 2, б); производится фильтрация изображения

вертикально расположенных штрихов мира. Из графиков, приведённых на рис. 2, б, видно, что при горизонтальном расположении маски спад кривой разрешения происходит плавней (кривая 1), чем при вертикальном расположении маски (кривая 2), что указывает на асимметричность АФ в данных плоскостях. Таким образом, изменяя плоскость расположения маски АФ, можно осуществлять управление РС исследуемой ОС в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а изменяя ширину маски АФ, получаем диапазон управляемых значений РС данной ОС.

Таблица 1

Экспериментальные данные испытаний
 (аэрофотоаппарат А-42/20; $f = 200\text{мм}$; мира №4; $B = 8,8\text{мм}$;
 $R_{mo} = 220,851\text{мм}^{-1}$; $R_k = 1860\text{мм}^{-1}$; $R_{oc} = 20,243\text{мм}^{-1}$)

Маска АФ размещена горизонтально										
L	N			R _N			R _{афо}			R _и
	верт	гор	общ	верт.	гор.	общ.	верт.	гор.	общ.	общ.
3	18	18	18	18,36	18,36	18,36	20,243	20,243	20,243	0
5	18	18	18	18,36	18,36	18,36	20,243	20,243	20,243	1,256
7	17	17	14	17,321	17,321	14,543	18,987	18,987	15,7	4,543
7,5	14	16	-	14,543	16,34	-	15,7	17,815	-	-
8	14	-	-	14,543	-	-	15,7	-	-	-
8,5	14	-	-	14,543	-	-	15,7	-	-	-
9	14	-	-	14,543	-	-	15,7	-	-	-
11	11	-	-	12,21	-	-	13,015	-	-	-
12	11	-	-	12,21	-	-	13,015	-	-	-
13	11	-	-	12,21	-	-	13,015	-	-	-
Маска АФ размещена вертикально										
3	18	18	18	18,36	18,36	18,36	20,243	20,243	20,243	0
5	18	17	17	18,36	17,321	17,321	20,243	18,987	18,987	1,256
7	14	17	14	14,543	17,321	14,543	15,7	18,987	15,7	4,543
7,5	7	17	7	9,672	17,321	9,672	10,17	18,987	10,17	10,073
8	-	15	-	-	15,415	-	-	16,721	-	-
8,5	-	14	-	-	14,543	-	-	15,7	-	-
9	-	14	-	-	14,543	-	-	15,7	-	-
11	-	14	-	-	14,543	-	-	15,7	-	-
12	-	13	-	-	13,72	-	-	14,745	-	-
13	-	13	-	-	13,72	-	-	14,745	-	-

Из [1] известно, что передаточная характеристика для безабберационного объектива определяется функцией передачи модуляции (ФПМ), которая учитывает явление дифракции. Данная ФПМ определяется ([2], [3]) как автокорреляционная функция распределения амплитуды информационного сигнала в пределах выходного зрачка ОС

$$r(\tau) = \frac{\iint_{-\infty}^{\infty} y(x) y(x - \tau) dx}{\iint_{-\infty}^{\infty} y^2(x) dx} . \quad (3)$$

Подставив в (3) функцию, описывающую распределение амплитуд информационного сигнала $y(x)$ на выходе ОС (т.е. функцию, описывающую апертуру, которая содержит горизонтальную либо вертикальную маску) и задавшись величиной смещения апертуры τ , рассчитаем ФПМ, учитывающую явление дифракции. Далее, используя величину порогового контраста глаза, определим значения РС и построим графики зависимости (рис. 2, а) относительного значения РС от ширины горизонтальной либо вертикальной маски, вычисленные аналитически. Отметим, что зависимости на рис. 2, а имеют существенные различия по форме, но опыт и расчёт подтверждают, что степень уменьшения РС при горизонтальной и вертикальной фильтрации различна.

Полученные данные показывают возможность раздельного изменения значения РС в различных плоскостях оптической системы. Следовательно, данные результаты могут быть использованы для коррекции (выравнивания) значения РС по полю кадра оптического авиационного фотоаппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребрин Ю.К. *Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов*. – К. : КВВАИУ, 1988. – 448 с.
2. Алексеев В.И. *Разведывательное и светотехническое оборудование летательных аппаратов*. – М.: ВВИА им. проф. Жуковского Н.Е., 1971. – 595 с.
3. *Применение методов Фурье-оптики* / Под ред. Г. Старка; пер. с англ. А.А. Васильева, А.В. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1988. – 535 с.

Поступила 25.07.2002

ЧЁРНЫЙ Сергей Вячеславович, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры Харьковского института ВВС. Окончил Киевское ВВАИУ в 1977 году. Области научных интересов – теория оптимальной фильтрации, теория измерений, навигационные системы ЛА.

ЖЕВТЮК Александр Анатольевич, адъюнкт Харьковского института ВВС. Окончил Киевский институт ВВС в 1998 году. Область научных интересов – оптико - электронные системы воздушной разведки.