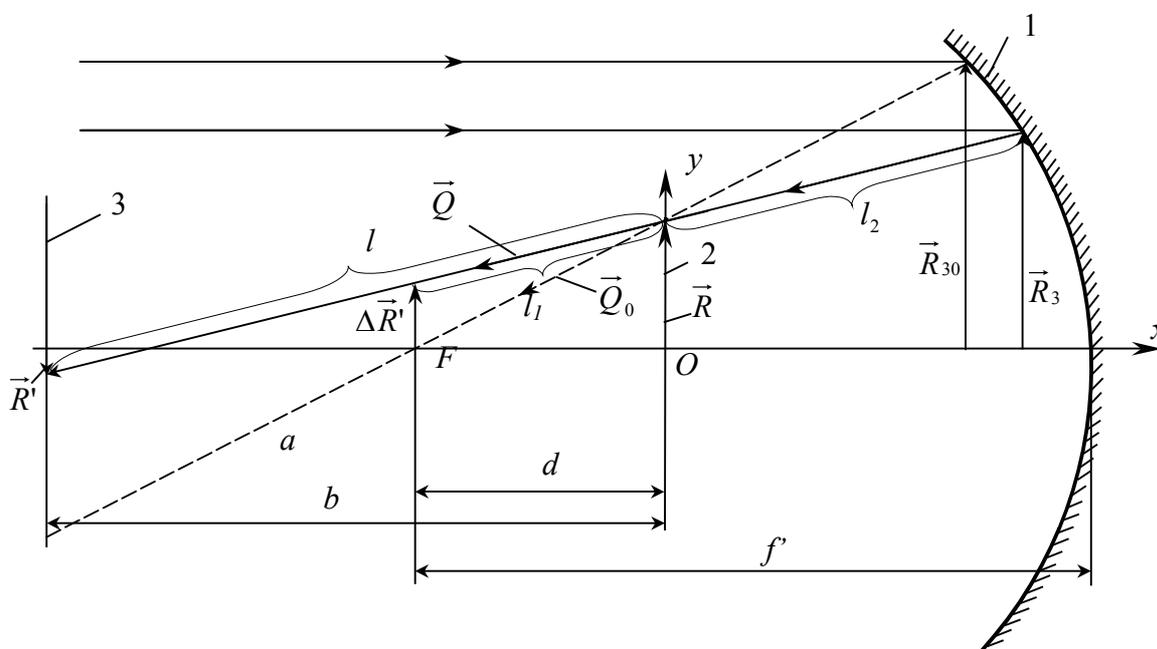


ПРИМЕНЕНИЕ ДИАФРАГМЫ ГАРТМАНА В СХОДЯЩЕМСЯ ПУЧКЕ ЛУЧЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТЕЛЕСКОПОВ В ОБСЕРВАТОРИИ

В. А. ЗВЕРЕВ, С. А. РОДИОНОВ, М. Н. СОКОЛЬСКИЙ, В. В. УСОСКИН

Для контроля качества изображения оптических систем телескопа в условиях обсерватории широкое распространение получил метод Гартмана [1]. Существенным недостатком известного метода являются сложность и длительность установки диафрагмы, а также необходимость для крупных телескопов, например БТА, перебалансировки трубы из-за значительной массы диафрагмы. Поэтому установка последней в параллельном ходе лучей не обеспечивает оперативности контроля в процессе эксплуатации инструмента. Указанные недостатки могут быть устранены, если диафрагму поместить в сходящемся ходе лучей вблизи первичного фокуса (см. рисунок).



Оптическая схема контроля: 1 – контролируемое зеркало, 2 – диафрагма Гартмана, 3 – фотопластина

Выведем аналитическое выражение, связывающее координаты центров отверстий на диафрагме, параметры схемы и искомые аберрации в фокальной плоскости. Для каждого центра отверстия из векторных многоугольников находим

$$\vec{R}' = b\vec{i} + \vec{R} + l\vec{Q}, \tag{1}$$

$$\Delta\vec{R}' = d\vec{i} + \vec{R} + l_1\vec{Q}, \tag{2}$$

$$\vec{R}_3 = -(f' - d - x)\vec{i} + \vec{R} + l_2\vec{Q}, \tag{3}$$

где f – фокусное расстояние главного зеркала; b – расстояние от фотопластинки до диафрагмы; d – расстояние от фокуса до диафрагмы; \vec{R} – вектор центра

отверстий на диафрагме; \vec{R}' – вектор центра пятна рассеяния на фотопластине; \vec{R}_3 – вектор точки встречи реального луча с зеркалом; \vec{Q} – орт реального луча; \vec{i} – орт оси x .

Умножив равенства (1)-(3) скалярно на \vec{i} , после преобразований имеем

$$\vec{R}' = \vec{R} + b \left(\vec{i} - \frac{\vec{Q}}{X} \right), \quad (4)$$

$$\Delta \vec{R}' = \vec{R} + d \left(\vec{i} - \frac{\vec{Q}}{X} \right), \quad (5)$$

$$\vec{R}_3 = \vec{R} - (f' - d - x) \left(\vec{i} - \frac{\vec{Q}}{X} \right), \quad (6)$$

где $X = (\vec{Q}, \vec{i})$.

Из (4)-(6) получаем

$$\Delta \vec{R}' = \frac{\vec{R} - V \vec{R}'}{1 - V}, \quad (7)$$

$$\vec{R}_3 = W \vec{R} + (1 - W) \Delta \vec{R}', \quad (8)$$

где $V = 1 - \frac{b}{d}$; $W = \frac{f' - x}{d}$.

Выражение (7) связывает вектор поперечных aberrаций $\Delta \vec{R}'$ с вектором \vec{R} координат центра соответствующего отверстия на диафрагме и вектором \vec{R}' измеренных координат центра пятна рассеяния на фотопластине. Видно, что при $V \ll 1$ погрешность в определении поперечных aberrаций имеет тот же порядок, что погрешности измерения координат \vec{R}' и погрешность изготовления и аттестации диафрагмы, уменьшенная в масштабе V . Из этих соображений необходимо, чтобы величина V не превышала 0,1. В этом случае установка диафрагмы вблизи фокуса не приводит к погрешностям определения поперечных aberrаций.

Дальнейшая математическая обработка производится по схеме, изложенной в работе [2]. Из формулы (8) получим выражение для определения базисной сетки при восстановлении волнового фронта, положив $\Delta \vec{R}'$, равным нулю, и с точностью до 0,5% приняв

$$W \approx \frac{f' \left(1 - \frac{(A_0')^2}{4} \right)}{d},$$

где A_0' – апертурный угол.

Тогда

$$\vec{R}_{30} = \frac{f' \left(1 - \frac{(A_0')^2}{4} \right)}{d} \vec{R}. \quad (9)$$

Выражение (9) связывает координаты центров отверстий на диафрагме с координатами соответствующих точек на зеркале. При наличии aberrаций, как видно из (8), вектор \vec{R}_3 не равен \vec{R}_{30} , что приводит к «дисторсии» построенной карты рельефа функции волновой aberrации и несоответствию координат точек на карте их координатам на зеркале. Однако эта погрешность не превышает 7% от номинального расстояния между проекциями центров отверстия и легко может быть учтена при восстановлении волнового фронта при использовании (8).

Разработанный метод был применен при контроле системы первичного фокуса БГА в обсерватории. Диафрагма имеет радиальную структуру отверстий и конструктивно выполнена в виде откидывающихся шторок, установленных на стекле первичного фокуса. Диафрагма вводится в пучок лучей с пульта управления телескопом. Полученные результаты хорошо согласуются с данными, найденными с помощью полноразмерной диафрагмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зверев В. А. и др. – <ОМП>, 1977, № 3, с. 3.
2. Зверев В. А. и др. – <ОМП>, 1977, № 2, с. 18.