

ТРЁХЗЕРКАЛЬНАЯ АНАБЕРРАЦИОННАЯ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

студент гр.113121 С.Я. Прислопский, канд. техн. наук, доцент
Н.К. Артюхина

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время актуальность разработки зеркальных оптических систем определяется тем, что они обладают рядом преимуществ по сравнению с линзовыми. К ним можно отнести широкий рабочий спектральный диапазон, компактность и зачастую меньшую стоимость.

Афокальные зеркальные системы используются в приборах с синтезированной апертурой, применяются как насадки к линзовым объективам регистрирующих оптических приборов специального назначения для увеличения поля зрения.

В предыдущих работах уже рассматривалась трёхзеркальная телескопическая система, состоящая из объектива, выполненного по классической схеме Кассегрена, и окуляра. В представленной работе проведено исследование системы, представленной на рис.1 и содержащей три силовых отражающих компонента с совмещёнными осями, первый из которых – вогнутое параболическое зеркало 1, второй компонент выполнен в виде вогнутой эллиптической отражающей поверхности 2, передний геометрический фокус которой совмещён с фокусом первого компонента, а третий компонент выполнен в виде выпуклой параболической поверхности 3, фокус которой совмещён с задним геометрическим фокусом эллиптического зеркала. Первое и второе зеркала представляют собой объектив (классическая схема Грегори). Наличие промежуточного изображения даёт возможность устранить паразитные лучи с помощью диафрагмы, роль которой выполняет отверстие в третьем компоненте.

Сначала был проведён габаритный расчёт, в результате которого определяются радиусы зеркал и расстояния между ними. При этом работают со сферическими отражающими поверхностями. Расчёт ведётся по формулам нулевых лучей с применением условий нормировки.

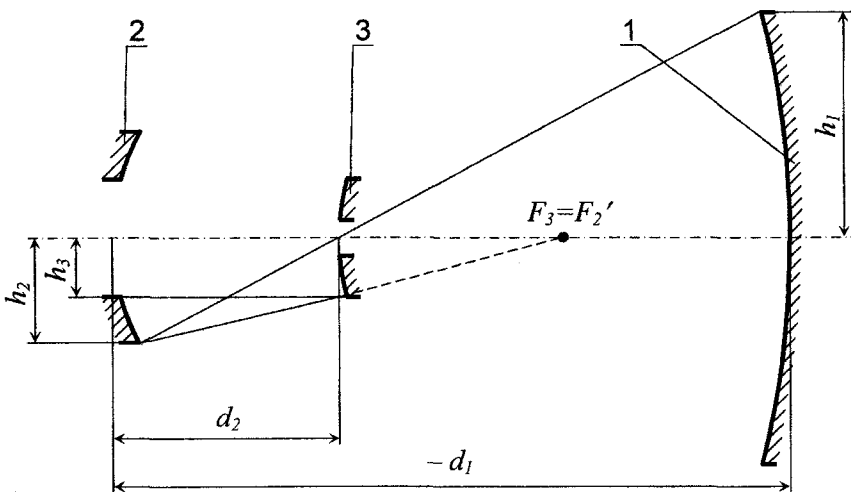


Рис. 1. Оптическая схема телескопической системы

При абберационном расчёте находятся деформации, определяющие квадрат эксцентриситета меридиональных кривых второго порядка поверхностей зеркал.

В нашем случае первое и третье зеркала параболические, то есть у них эксцентриситет меридиональной кривой второго порядка поверхности $e_1^2 = e_3^2 = 1$. Поэтому необходимо вычислить e_2^2 .

Абберационный расчёт может осуществляться по двум методам:

- 1) по суммам Зейделя;
- 2) по формулам Чуриловского.

Для зеркальных систем удобно использовать формулы Чуриловского. Их вид значительно упрощается, так как показатель преломления сред принимает только два значения: 1 и -1 . Выбор второй методики для расчета этой системы обусловлен и тем, что в ней учитывается деформация зеркал.

Для устранения aberrаций третьего порядка: сферической aberrации, комы и астигматизма (исправление кривизны обеспечивается выполнением условия Петцваля, использованного при габаритном расчёте) необходимо решить следующие уравнения:

$$B_0 = \frac{1}{2} \cdot \sum_{s=1}^3 h_s \cdot Q_s = 0; \quad K_0 = -\frac{1}{2} \cdot \sum_{s=1}^3 W_s + \frac{1}{2} \cdot \sum_{s=1}^3 h_s \cdot S_s \cdot Q_s;$$

$$C_0 = \frac{1}{2} \cdot \sum_{s=1}^3 \frac{v_{s+1} \cdot \alpha_{s+1} - v_s \cdot \alpha_s}{h_s} - \sum_{s=1}^3 S_s \cdot W_s + \frac{1}{2} \cdot \sum_{s=1}^3 h_s \cdot S_s^2 \cdot Q_s .$$

Из условия устранения сферической аберрации

$$\sum_{s=1}^3 h_s \cdot Q_s = 0$$

находим деформацию эллиптического зеркала, которая равна и противоположна по знаку квадрату эксцентриситета для кривых второго порядка:

$$e_2^2 = -\sigma_2 = 0,111 .$$

Решение уравнения для устранения комы К0 даёт такой же результат.

Подставляя все полученные параметры исследуемой системы в условие устранения астигматизма, получаем тождество $C_0 = 0$.

Полученные результаты сведены в таблицу.

Конструктивные параметры трёхзеркальной анаберрационной телескопической оптической системы, мм

Γ	2ω	η	$f'_{1,2}$	A	r_1	r_2	r_3	d_1	d_2
-4^\times	3	0,6	1000	1:2	-1000	333,333	500	-750	250

Данная система была исследована на ЭВМ с помощью программы OPAL. Результаты подтвердили исправление аберраций третьего порядка: сферической аберрации, комы, астигматизма и кривизны.

Использованные источники

1. Артюхина, Н.К. Методическое пособие для выполнения расчётно-графических работ по курсу "Теория оптических систем." – Мн.: БПИ, 1985. – 48 с.
2. Михельсон, Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция. М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. – 512 с.
3. Чуриловский, В.Н. Теория хроматизма и аберраций третьего порядка. – Л.: Машиностроение, 1968. – 312 с.