

УДК 535.31

*К.С. Лісняк, студентка гр. ПО-42, д.т.н., проф. Чиж І.Г.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

## ВАРІООБ'ЄКТИВИ ТРАНСФОКАТОРИ

**Анотація.** Представлено результати огляду об'єктів із змінними параметрами, а саме варіоб'єктивів трансфокаторів. Розглянуті найбільш вживані афокальні дзеркальні систем трансфокаторів, наведені формули розрахунку положення вихідної зінці цих систем.

**Ключові слова:** об'єктиви зі змінними параметрами, варіоб'єктиви, трансфокатори, афокальні дзеркальні насадки, система Мерсена.

### ВСТУП

Розвиток нових оптико-електронних приладів, які вирішують різноманітні науково-технічні завдання, накладає певні вимоги на вибір схемних рішень оптики.

На сьогодні удосконалення технології виробництва оптичних систем та розвиток методів їх розрахунку дозволило розробити і ввести в практику об'єктиви із змінною фокусною відстанню.

Найчастіше в таких об'єктивах використовується дзеркальна оптика. Вона дає можливість розширити спектральний діапазон та знизити вагові характеристики оптичних систем.

Задачею цієї статті є аналіз найпоширеніших афокальних дзеркальних систем трансфокатора, який є різновидом об'єктива зі змінними параметрами. На сьогодні серед різних типів по використанню дзеркальних систем афокальні дзеркальні системи знайшли широке застосування при проектуванні схем телескопів, що складаються з телескопічних секцій та фокушуючого об'єктива.

## ВАРІООБ'ЄКТИВИ, ТРАНСФОКАТОРИ, АФОКАЛЬНІ НАСАДКИ

Перші конструкції об'єктівів, які забезпечують плавну зміну фокусної відстані і кута поля зору, були не зовсім досконалими і не могли створити високоякісне зображення. Це було зумовлено тим, що для отримання задовільної корекції для широкого кута поля зображення та для всіх значень фокусних відстаней при досить великому відносному отворі представляє значні труднощі. Оптимальне виправлення всієї аберації може бути досягнуто лише при якомусь одному значенні масштабу зображення. При всіх інших значеннях фокусної відстані аберацийний стан оптичної системи погіршується, а, отже, знижується і якість одержуваного зображення [1].

По пристрою і за методом корекції аберацій всі об'єктиви зі змінною фокусною відстанню можуть бути розділені на дві групи.

До першої групи належать так звані варіоб'єктиви, що представляють собою єдину оптичну систему, в якій корекція всіх аберацій виконується для всієї системи, а зміна фокусної відстані здійснюється при взаємному пересуванні компонентів і збереженні різкості зображення об'єкту, що знімається.

Найпростішу конструкцію варіоб'єктива можна зібрати з двох склеєних лінз (рис. 1).

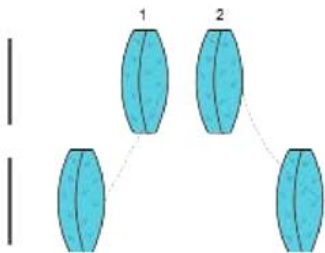


Рис.1 Найпростіша конструкція варіооб'єктива (1- перший компонент, 2- другий компонент)

Зміна фокусної відстані досягається роздільним переміщенням кожного компонента (1, 2). Еквівалентна фокусна відстань та задній фокальний відрізок визначається з рівнянь [1]:

$$f' = \frac{f'_1 f'_2}{f'_1 + f'_2 - d}, \quad (1)$$

$$S' = f' \frac{f'_1 - d}{f'_1}, \quad (2)$$

де  $f'_1, f'_2$  – фокусні відстані компонентів;  $d$  – відстань між задньою головною точкою першого компонента та передньою головною точкою другого компонента;  $f'$  – еквівалентна, нова фокусна відстань;  $S'$  – відстань між останньою поверхнею другого компонента та площиною зображення.

Як видно з рівнянь, в двокомпонентній системі зміна фокусної відстані відбувається зі зміною  $d$ . При цьому найбільший діапазон зміни значень фокусних відстаней дає система, що складається з позитивних і негативних лінз приблизно однаковою оптичною сили. В цьому випадку сума  $f'_1 + f'_2$  дорівнює або майже дорівнює нулю і тому навіть невелика зміна величини дає значну зміну фокусної відстані  $f'$  варіооб'єктива [1,4].

Другу групу об'єктивів із змінною фокусною відстанню складають трансфокатори (рис. 2), що представляють собою поєднання афокальної (телескопічної) насадки (1) і об'єктива (2), в яких фокусна відстань системи змінюється пересуванням окремих компонентів афокальної (телескопічної) групи, яка перебудовується. У такій конструкції аберації об'єктива і афокальної групи трансфокатора виправляються окремо [1, 2].

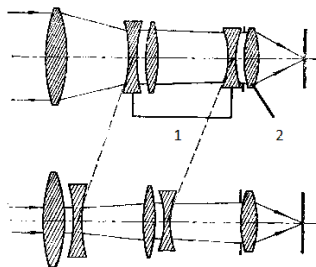


Рис. 2 Оптична схема трансфокатора

Фокусна відстань всієї системи  $f'$  пропорційна кутовому збільшенню афокальної насадки:

$$f' = \Gamma f_o \quad (3)$$

Найбільше застосовуються афокальні насадки, які засновані на використанні класичних систем Мерсена. Відомо, що зображення, утворене системою конфокальних відбиваючих параболоїдів (системою Мерсена), вільне від сферичної аберації, коми та астигматизму, але не виправлене від кривизни зображення [2,4].

При порушенні конфокальності поверхонь в системі Мерсена фокусна відстань перетвореної системи набуває кінцевого значення. Таким шляхом з системи Мерсена кеплерівського типу отримуємо дводзеркальну систему Грегорі (рис. 3,а), а з системи Мерсена галілейського типу – систему Касегрена (рис. 3,б).

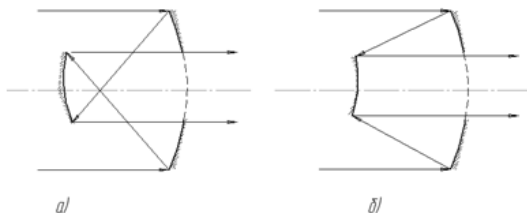


Рис.3 Афокальні дзеркальні оптичні системи Мерсена: а) кеплерівського типу; б) галілейського типу.

У зображення, яке утворене цими системами, виникає деяка сферична аберація. Для її усунення потрібно змінити форму поверхні вторинного дзеркала на еліптичну в системі Грегорі, а в системі Касегрена на гіперболічну [2,3].

Якщо в системі Мерсена кеплерівського типу прийняти оправу головного дзеркала в якості апертурної діафрагми і вхідної зіниці, то її зображення, утворене вторинним дзеркалом системи, буде вихідною зіницею, яка буде віддалена від фокусу головного дзеркала на відстань:

$$z' = \frac{(f'_2)^2}{|(f'_1)|}, \quad (4)$$

де  $f'_2$  – задній фокус вторинного дзеркала,  $f'_1$  – задній фокус головного дзеркала.

А в системі Мерсена галілеївського типу зображення вхідної зіниці, утворене вторинним дзеркалом системи, буде віддалене від фокусу головного дзеркала на відстані:

$$-z' = \frac{(f'_2)^2}{|(f'_1)|}. \quad (5)$$

Найкращою афокальною системою є та, яка має розташування вихідної зіниці ближче до вхідної зіниці об'єктиву, а в найкращому випадку коли вихідна зіниця афокальної насадки співпадає з вхідною зиницею об'єктиву. Це дозволяє уникати суттєвого він'тування нахилених до осі пучків променів. Із аналізу двох типів систем Мерсена, з використанням формул (4), (5), витікає, що кращою є система кеплерівського типу. Для корегування положення зіниці можна застосувати введення в систему коригуючого елементу - третього дзеркала. Коригуюче дзеркало не тільки змінить положення вихідної зіниці афокальної системи, а й зменшить габаритні розміри афокальної насадки та зменшить аберації системи.

Трансфокатори з афокальною дзеркальною системою мають головну перевагу – вони можуть забезпечувати два або навіть три значення фокусної відстані об'єктиву без істотного ускладнення механічної частини. Але для досягнення високої якості зображення вони потребують використання асферичних поверхонь, що утворює технологічні проблеми. Тому актуальною залишається задача схемотехніки і оптимізації конструктивних параметрів оптичної системи трансфокаторів при збереженні мінімальної технологічної собівартості таких систем.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Объективы с переменным фокусным расстоянием и оптическими насадками/Прядко А.,Гребинь А.// ТВ технологии 2008 -С.26-29
2. Принципы построения многозеркальных схем варианты композиции зеркальных объективов на основе оптической системы объективов грегори и кассегрена/ С.В. Гайворонский, В.А. Зверев - С.326-331.
3. Варианты зеркальных оптических систем с главным зеркалом сферической формы/ е. В. Ермолаева, в. А. Зверев, ю. А. Подгорных// изв. Вузов. Приборостроение. 2013. Т. 56, № 11 - С.51-54
4. Артюхина Н.К/ схемотехнический анализ принципов моделирования зеркальных систем с переменными характеристиками.// метрология и приборостроение 2013. -С.22-28