

## МЕТОДИКА ЗА ПРЕСМЯТАНЕ НА ОБЕКТИВ НА ОЗОНОМЕТРИЧНА АПАРАТУРА

Стилян Стоянов

Институт за космически и слънчево-земни изследвания – БАН

София 1000, ул. Московска 6

e-mail: zhekovz@yahoo.com

### АБСТРАКТ

Methods for calculating two-component optical system for an ozone meter objective: the optical systems are more and more widely used in the space research and especially in the defense sphere. The problem about creating objectives which have telecentric way of the main rays in the image plane is very current issue. The aim of the research is to develop methods for dimensional calculation of optical system for an ozone meter objective. The system consists of two components and in order to create a telecentric way of the main rays and to ensure a constant aperture angle, in the image plane the aperture stop is situated in the front focus of the second component.

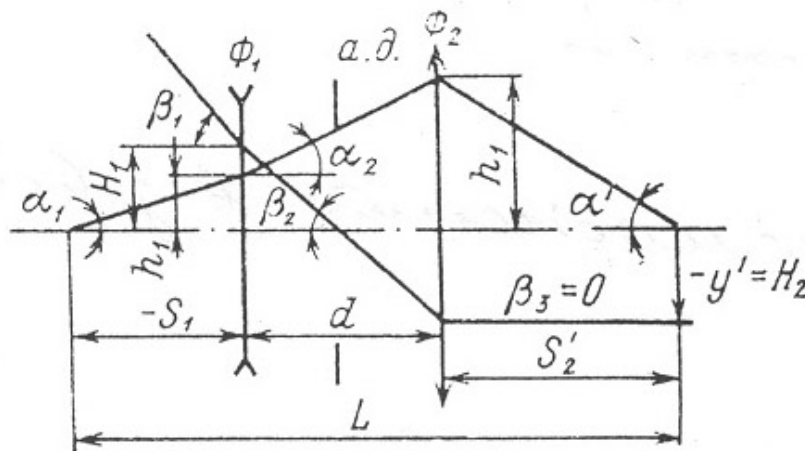
In the research, methods for dimensional calculating are proposed. From the presented figures, the length of the system depending on the necessary change of the image scale can be defined. On a logarithmic scale the scheme for movement of the components is presented, depending on the magnification.

Methods are presented and grounded about the dimensional calculation of a two-components optical system for an ozone meter objective with a straightened curve of the image

*Key words: objective, ozone meter*

Актуален е проблемът по създаване на колиматорни обективи, притежаващи телецентричен ход на главните лъчи в пространството на образа [1...5].

Разгледана е система, състояща се от два компонента (фиг. 1):  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  - оптична сила на първия и втория компонент;  $h$ ,  $H$  - височина на компонентите на първия и втория нулеви лъчи;  $\alpha$ ,  $\beta$  - ъгли с оптичната ос на първия и втория нулеви лъчи;  $S_1$  - разстояние от първия компонент до предмета;  $S'_2$  - разстояние от втория компонент до образа;  $d$  - променлив въздушен промеждутък между компонентите;  $L$  - разстояние от предмета до образа.



Фиг. 1. Двуконпонентна оптична система

За създаване на телецентричен ход на главните лъчи и осигуряване на постоянен апертурен ъгъл в пространството на образа, апертурната диафрагма е разположена в предния фокус  $F_2$  на втория компонент.

За изследвания обектив  $\phi_1 < 0$ ,  $\phi_2 > 0$ . За изправяне на кривината на образа имаме  $\phi_1 = -\phi_2$ . Въвеждаме условие за мащаба:  $\phi_2 = 1$ ;  $\alpha_3 = 1$ ;  $\beta_2 = 1$  и изразяваме всички габаритни параметри на обектива чрез линейното увеличение  $V$  и разстоянието  $d$ :

$$\alpha_1 = V, \alpha_2 = \frac{V-1}{d}, h_1 = \frac{Vd-V+1}{d}, h_2 = \frac{d-V+1}{d};$$

$$\beta_1 = d, \beta_2 = 1, \beta_3 = 0, H_1 = d-1; H_2 = -1;$$

$$S_1 = \frac{Vd-V+1}{dV},$$

$$S_2' = \frac{d-V+1}{d}.$$

$$L = -S_1 + d + S_2', \text{ откъдето}$$

$$(1) \quad d = \frac{1}{2}L \pm \sqrt{\frac{1}{4}L^2 + \frac{(1-V)^2}{V}}.$$

Обозначаваме

$$\frac{1}{4}L^2 + \frac{(1-V)^2}{V} = D$$

и преписваме (9.20) във вида

$$(2) \quad Vd^2 - LVd - 1 + 2V - V^2 = 0.$$

Изследваме зависимостта и построяваме графика на функцията  $d(V)$ . За привеждане на уравнение (2) в каноничен вид, въвеждаме система от координати  $хоу$  с център на координатната система  $\left(0, \frac{L}{2}\right)$ .

След несложни преобразувания, в новата координатна система се получава

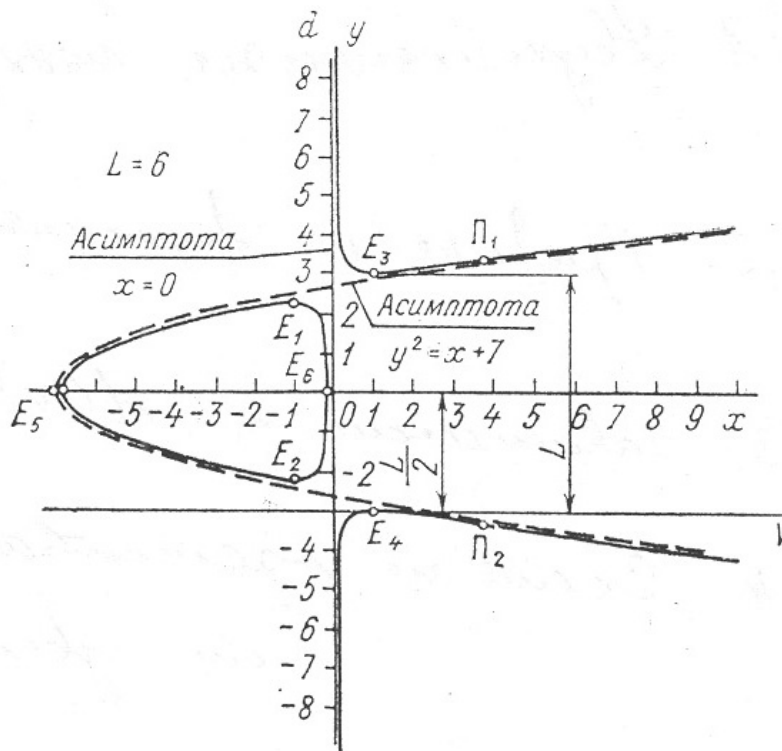
$$(3) \quad y^2 = x + \left[ \left(\frac{L}{2}\right)^2 - 2 \right] + \frac{1}{x},$$

където  $y = d - \frac{L}{2}$ ;  $x = V$ .

Уравнение (3) описва крива от трети порядък – многодиаметрална параболична хипербола, асимптоти на която се явява правата  $x = 0$  и параболата  $y^2 = x + \left[ \left(\frac{L}{2}\right)^2 - 2 \right]$ .

Графиката на функцията  $d(V)$  е представена на фиг. 2. Уравнението на функцията е  $y^2 = x + 7 + \frac{1}{x}$ , а уравнението на параболичната асимптота е  $y^2 = x + 7$ .

От фиг. 2 се наблюдава, че в разглеждания случай кривата  $d(V)$  се състои от три части: овал, пресичащ оста  $ox$  в точките  $E_5$  и  $E_6$  при  $V < 0$ , и два симетрично разположени участъка – хиперболичен тип при  $V > 0$  спрямо оста  $ox$ . Дадената функция в точките  $E_5$  и  $E_6$  има екстремуми по оста  $ox$ . Екстремумите на кривата по оста  $oy$  на фиг. 2 се наблюдават в точките  $E_1, E_2, E_3$  и  $E_4$ . В точките  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  кривата има точки на пресичане; участъците от кривата практически са близки до права линия.



Фиг. 2. Графика на функцията  $d(v)$

При  $d > \frac{L}{2}$ :  $d_e$  (горна част на кривата) и  $d < \frac{L}{2}$ :  $d_\delta$  (долна част на кривата), се определя екстремалната стойност на  $d$

$$d_{e\min} = L \text{ при } V = +1,$$

$$d_{e\max} = \frac{1}{2}L + \frac{1}{2}\sqrt{L^2 - 16} \text{ при } V = -1,$$

$$d_{\delta\min} = \frac{1}{2}L - \frac{1}{2}\sqrt{L^2 - 16} \text{ при } V = -1,$$

$$d_{\delta\max} = 0 \text{ при } V = +1.$$

Необходимо е да се изпълни условието  $D > 0$ , при което се получава

$$(4) \quad \begin{cases} V > 0, \\ L > 0. \end{cases}$$

$$(5) \quad \begin{cases} V < 0, \\ L \geq 4, \\ V_1 \leq V \leq V_2, \end{cases}$$

където  $V_1 = \frac{1}{V_2}$ .

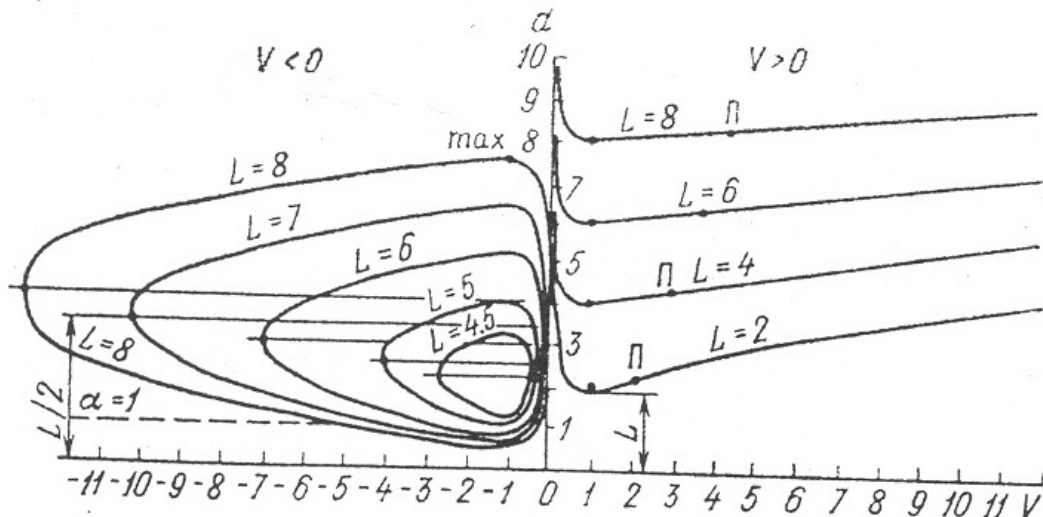
От (4) и (5) следва, че в областта на увеличение  $V > 0$  е необходимо изпълнението и на условието  $L > 0$ , а в областта на увеличение  $V < 0$ , необходимо е да се съгласува условието  $L \geq 4$ , при което промяната на увеличението е ограничено от стойностите  $V_1$  и  $V_2$ .

Стойностите  $V_1$  и  $V_2$  се определят от равенството

$$V_{1,2} = -\frac{L^2}{8} + 1 \pm \frac{L}{8} \sqrt{L^2 - 16},$$

при което  $d = \frac{1}{2}L$ .

На фиг. 3 е представена графиката на  $d(V)$  за различни  $L$  (освен при  $d < 0$ ). Графиката на  $d$  за  $V < 0$  е ограничена от стойностите  $V_1$  и  $\frac{1}{V_1}$ , при които  $d = \frac{L}{2}$ . При  $V > 0$ ,  $d_{\min} = L$ . От графиката за  $V < 0$  може да се определи необходимата дължина на системата в зависимост от необходимия диапазон на промяна на увеличението.



Фиг. 3. Зависимост на  $d(v)$  при различни  $L$

При изследваната двукомпонентна система за обектив, строящ действителен образ, на разстояние  $d$  трябва да бъде поставено допълнително ограничение  $d \leq L$

При телецентричен ход на главните лъчи в пространството на образа  $d > 1$ .

$$(6) \quad \text{При } V > 0 \quad d_{\delta} < 0 \text{ - нереално, } d_e > L;$$

$$(7) \quad \text{При } V < 0 \quad 0 < d_{\delta} < L \text{ и } 0 < d_e > L.$$

От (6) и (7) следва, че за обектив на такава система е възможно да се използва при  $V < 0$ . При използване на системата се налагат ограничения на стойностите на предния и задния фокусен отрязък

$$\begin{cases} S_1 < 0, \\ S_2 > 0, \end{cases}$$

като за  $V < 0$  имаме

$$(8) \quad \begin{cases} d > 1, \\ S_1 < 0, \\ S'_2 > 0, \end{cases}$$

които могат да се определят и като функция на  $L$  и  $V$ :

$$(9) \quad S_{1,2} = -\frac{L-L-2V}{2(V-1)} \pm \sqrt{\left[\frac{2-L-2V}{2(V-1)}\right]^2 - \frac{L}{V-1} - \frac{V-1}{V}}.$$

При това  $S'_2 = 1 - V(1 - S_1)$ . От (9) следва, че функцията  $S_1$  така, както и  $d$  е ограничено в областта  $V_1 \leq V \leq \frac{1}{V_1}$ .

Следователно пресмятането на двукомпонентна оптична система за обектив на озонометрична апаратура с изправена кривина на образа се състои в следното: при зададена стойност на  $L$  при  $V < 0$  се определя  $V_1 = \frac{1}{V_2}$  и възможния диапазон на промяна на увеличението  $m = V_1^2$ , след което се определят  $d_e$  и  $d_{\delta}$ . Винаги  $d_e < d_{\delta}$ . След това се определят стойностите на  $S_1$  и  $S'_2$ , при което е необходимо изпълнение на условие (8) в зададения диапазон на промяна на увеличението.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стоянов С. Оптични методи за изследване на атмосферния озон. Изд. „Фабер”, В. Търново, 2008, 231 с.
2. Стоянов С. Приложна оптика, Изд. „Фабер”, В. Търново, 2009, 234 с.
3. Стоянов С. Изследване влиянието на аберациите на оптична система върху апаратната функция на абсорбционен спектрофотометър. SENS 2008. Fourth Scientific Conference with International Participation, Varna, 2008, p. 212-216
4. Стоянов С. А. Манев. Влияние на параметрите на спектрална апаратура върху точността на асимптотичен подход за възстановяване на вертикалното разпределение на атмосферния озон, Сб. Трудове на Научна сесия на НВУ „В. Левски”, Факултет „Артилерия, ПВО и КИС”, Шумен, 2008, с. 300-303.
5. Mardirossian G, S. Stoyanov, Spectrofotometer for Studying the Atmospheric Ozone, Aerospace Research in Bulgaria N 23, Sofia, 2009, p. 79-84