

KİÇİK ÖLÇÜLÜ SPEKTRAL CİHAZLAR ÜÇÜN OPTİK SİSTEMİN İŞIĞI GÜCÜ

N.Y. YAQUBZADƏ, T.H. DİLBAZOV

Elmi - Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutu, AMAKA

Cihazın optik sisteminin işıqlanmaya və işıq selinə görə iki hal üçün işıq gücü hesablanmışdır:

- spektral xəttin eni cihaz funksiyasının enindən çox kiçik olan hal;
- spektrin eni cihaz funksiyasının enindən çox böyük olan hal.

Spektral cihazların dalğa uzunluğunun və spektral xətlərin intensivliyinin ölçülməsinin dəqiqliyinə təsir edən xarakteristikaları cihazın dispersiyası, ayırdetmə qabiliyyəti və işıq gücüdür.

Spektral cihazların çıxışında şüaların monoxromatikliyini artırmaq üçün təklif olunan sistemin [1] dispersiyası və ayırdetmə qabiliyyəti hesablanmış və göstərilmişdir ki, [2] belə sistemlərdən istifadə etməklə kiçik ölçülü yüksək ayırdetmə qabiliyyətli difraksiyon spektral cihazlar yaradılması daha səmərəlidir.

Təqdim edilən işdə belə sistemlə işlənmiş monoxromatorun işıq gücünün hesabı verilir.

Ümumi halda işıq gücü, ölçülən fotometrik kəmiyyətlə mənbənin parlaqlığı arasındakı mütənəsiblik əmsəlidir. Ona görə də işıq gücünü işıqlanmaya görə (P) və işıq selinə görə (F) fərqləndirirlər. Bundan başqa spektral cihazın işıq gücü spektrin eni ilə cihaz funksiyasının eni arasındakı nisbətdən asılı olduğundan iki kənar hala baxmaq lazım gəlir:

1) spektr xəttidir - spektral xəttin $\Delta\lambda \ll \delta\lambda$ eni cihaz funksiyasının $\delta\lambda$ enindən əhəmiyyətli dərəcədə azdır - $\Delta\lambda \ll \delta\lambda$.

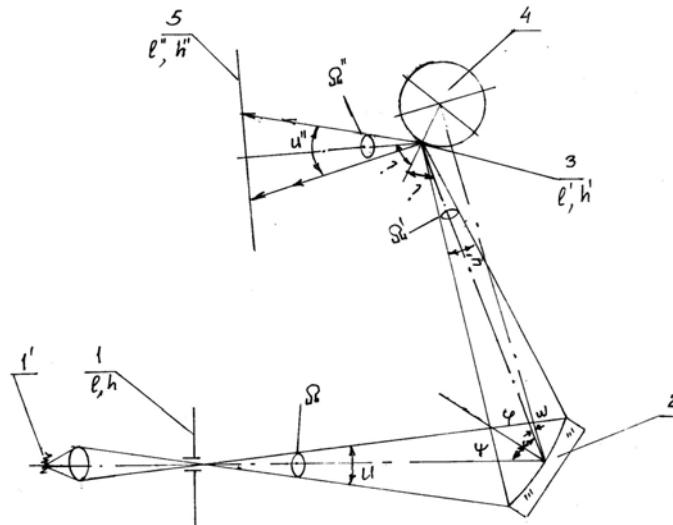
2) spektr kəsilməkdir - $\Delta\lambda \gg \delta\lambda$.

Monoxromator sisteminin işıq gücünü xətti spektr üçün təyin edək (şək.1). Mənbənin l' -xətti spektri eni ℓ -, hündürlüyü h - olan giriş yarığına yönəldilir. Çökük difraksiya qəfəsini (2) işıqlandıran şüaların seli giriş yarığında mənbənin xəyalının parlaqlığı $B'(\lambda)$, qəfəs üçün mənbə rolunu oynayan giriş yarığının sahəsi və Ω cisim bucağı ilə müəyyən edilir. Bu selin qiyməti bütün spektral xətlər üçün

$$\Phi = B_u \cdot \ell \cdot h \cdot \Omega \quad (1)$$

olar. Burada $B_u = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B(\lambda) d\lambda$ - eni $\lambda_2 - \lambda_1$ olan spektral xəttin

inteqral parlaqlığı, Ω -qəfəsin işlək diametri ilə təyin olunan işıq dəstəsinin cisim bucağıdır.



Şəkil 1. Xətti spektr üçün şüanın yolu.

Şüa dəstəsi qəfəsdən əks olunandan sonra verilmiş dalğa uzunluğu üçün ölçüləri ℓ', h' olan 3 giriş yarığına toplanır. Həmin selin qiyməti

$$\Phi_1 = \rho_1 \cdot \Phi = \rho_1 B_u \ell \cdot h \cdot \Omega \quad (2)$$

burada ρ_1 - qəfəsin əks etdirmə əmsəlidir.

Cismin alınan xəyalında işıqlanmanın paylanması cihaz funksiyasının formasından asılıdır. Geniş giriş yarıqlı (yəni

cihaz funksiyası yarıq tipli) olan hala baxaq. Bu halda cihaz funksiyasının eni giriş yarığının hündürlüyü spektral eninə bərabərdir. Fərz edilən hallarda 3 giriş yarığının xəyalı monoxromatik işıqda ölçüləri ℓ', h' -olan düzbucaqlı şəklində olacaqdır. Həm də hesab edəcəyik ki, parlaqlıq B_u - giriş yarığının eni və hündürlüyü boyunca sabitdir, yəni işıq dəstəsi çıxış yarığının səthində bərabər paylanmışdır. Belə olan halda spektral xəttin işıqlığı

$$E_1 = \frac{\Phi_1}{\ell' \cdot h'} = \rho_1(\lambda) \cdot B_u \frac{\ell \cdot h}{\ell' \cdot h'} \cdot \Omega = \rho_1(\lambda) \cdot B_u \cdot \Omega'$$

Φ_1 -ışığı seli silindrik güzgüdə (4) əks olunaraq zəifləyir və Ω'' cisim bucağı daxilində paylanır. Bu zaman işıq dəstəsi 5 səthindəki səpilmə ləkəsi hüdudlarında E_2 - işıqlanması yaradır.

$$E_2 = \frac{\Phi_2}{\ell'' \cdot h''} = \rho_1(\lambda) \rho_2(\lambda, i) \cdot B_u \cdot \frac{\Omega'}{\ell'' \cdot h''}, \quad (3)$$

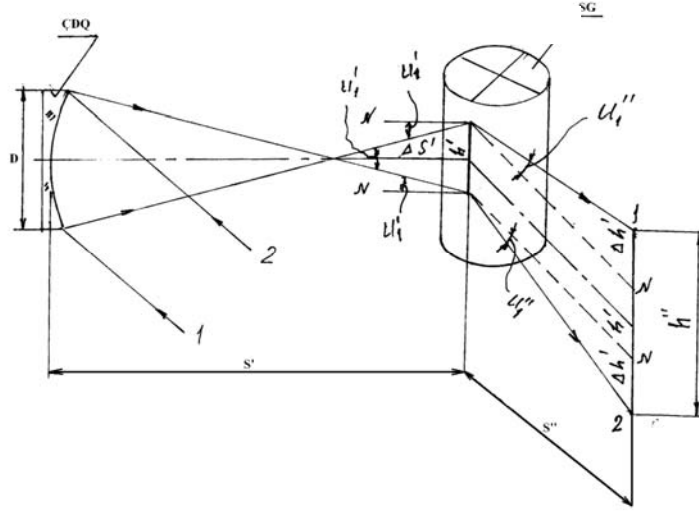
burada $\rho_2(\lambda, i)$ - silindrik güzgünün əksətmə əmsalı olub dalğa uzunluğu və düşmə bucağının funksiyası, ℓ'' , h'' - səpilmə ləkəsinin eni və hündürlüyüdür. Real sistemlərdə

ikinci tərtib kiçilənləri nəzərə almasaq

$$\ell'' = 2 \cdot S'' t q \frac{u''}{2}$$

olduğunu hesablamaq çətin deyil. S'' -güzü ilə 5 səthi arasındakı məsafədir.

h'' -i təyin edək. Səpilmə ləkəsinin hündürlüyü h' -in xəyalının yaradılmasında iştirak edən 1və2 kənar şüalarla hüdudlanır (şək.2).



Şəkil 2. Xətti spektr üçün səpilmə ləkəsinin ölçüləri.

Şəkildən görünür ki,

$$\begin{aligned} h'' &= h' + 2\Delta h' \\ \Delta h' &= S'' \cdot t q u'' \\ u'' &= u' \\ t q u'_1 &= \frac{h'}{2\Delta S'} \end{aligned} \quad (4)$$

Üçbucaqların oxşarlığından

$$\frac{D}{h'} = \frac{S' - \Delta S'}{\Delta S'}$$

Buradan da

$$\Delta S' = \frac{S' h'}{D + h'}$$

onda

$$t q u'_1 = \frac{h' + D}{2S'} \quad \text{və (4) ifadəsi}$$

$$h'' = h' + \frac{S''(D + h')}{S'} = \left(1 + \frac{S''}{S'}\right) h' + D \frac{S''}{S'} \quad (5)$$

şəklini alar.

(5) –ifadəsi səpilmə ləkəsinin hündürlüyüdür. Astigmatizmin azaldıldığı sxemlərdə

$$h' = h \cdot \frac{S'}{S}$$

Astigmatizmin azaldılmadığı halda (baxılan sxem bu hala aiddir)

$$h' = h \frac{S'}{S} + h_a \quad (6)$$

burada h_a -astigmatik uzanmadır Məlumdur ki,[3]

$$h_a = D \cdot \cos \varphi (t q \psi \sin \psi + t q \varphi \sin \varphi) \quad (7)$$

Bizim baxdığımız halda $S' = S$ olduğundan

$$h' = h + h_a \quad (8)$$

Beləliklə,(3)-ifadəsinə daxil olan bütün kəmiyyətləri təyin etdik. Xətti spektr üçün işıqlanmaya görə işıq gücü belə şəkil alır.

$$P_\lambda = \rho_1(\lambda) \cdot \rho_2(\lambda, i) \cdot \frac{\Omega'}{\ell'' h''} \quad (9)$$

Burada kiçik Ω' -bucaqları üçün [4]

$$\Omega' = \frac{\pi D^2}{4(S')^2}$$

Böyük - Ω' - bucaqları üçün [4]

$$\Omega' = \pi \sin^2 \frac{u'}{2}$$

Monoxromator sisteminin işıq gücünü kəsilməz spektr üçün təyin edək. Yuxarıdakı şərtlər daxilində $\Delta\lambda$ -spektral eni cihaz funksiyasının $\delta\lambda$ -siektral enindən çox böyük olan spektral sahəsinə baxaq. [3] –də kəsilməz spektr üçün giriş yarığının E_H -ışığılanması təyin edilir. Həmin düsturdan istifadə etməklə baxılan sistem üçün (şəx.1)

$$E_i = \rho_1(\lambda) \cdot \bar{B}(\lambda) \cdot \Omega' \delta\lambda \quad (10)$$

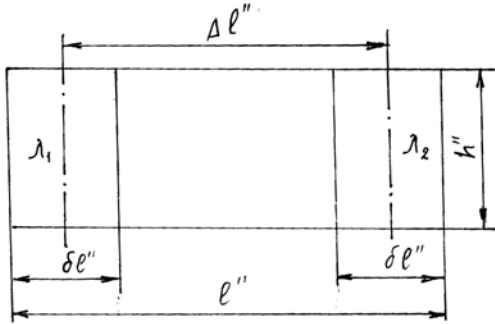
yazmaq olar.

Burada $\bar{B}(\lambda)$ – kəsilməz spektrin orta spektral parlaqlığıdır. $\delta\lambda$ - yarıq cihaz funksiyasının spektral enidir (şəx. 3)

Onda bu xəyaldə cəmlənən Φ_1 - işıq seli

$$\Phi_1 = E_i \cdot h' \ell'$$

olar.



Şəkil 3. Kəsilməz spektr üçün spektral intervalın ölçüləri.

Silindrik güzgüdən (4) əks olunan həmin sel əks olunma nəticəsində azalır və 5 müstəvisində E_2 - işıqlanmasını yaradır (şəx.1).

$$P_H = \rho_1(\lambda) \rho_2(\lambda, i) \delta\lambda \cdot \frac{\Omega'}{(\Delta\lambda \cdot \frac{d\bar{\ell}}{d\lambda} + \delta\ell'')(h' + \Delta h')} \quad (13)$$

Monoxromatordan çıxan şüalanma selini təyin edək. Müşahidə müstəvisində çıxış yarığı, yaxud fotoqəbuledici qurğu yerləşdirək. Çıxış yarığında keçən, yaxud fotoqəbul edicinin qeyd etdiyi selin qiyməti çıxış yarığının sahəsi, yaxud fotoqəbuledicinin işığa həssas sahəsi ilə giriş yarığının xəyalının sahələri nisbətindən asılıdır. Çıxış yarığının eninin ℓ_{zix} hündürlüyünün h_{zix} - olduğunu qəbul edək.

$$\Phi'_\lambda = E_{\lambda,2} \cdot \ell_{cix} \cdot h_{cix} = \rho_1(\lambda) \rho_2(\lambda, i) \cdot B(\lambda) \cdot \frac{\Omega' \cdot \ell_{cix} \cdot h_{cix}}{\ell'' \cdot h''} \quad (14)$$

Spektr kəsilməz olan halda (11) ifadəsini nəzərə alaraq çıxış selinin ifadəsini belə yazmaq olar

$$\Phi'_H = E_{H,2} \cdot \ell_{cix} \cdot h_{cix} = \rho_1(\lambda) \rho_2(\lambda, i) \bar{B}(\lambda) \cdot \delta\lambda \cdot \frac{\Omega' \ell_{cix} \cdot h_{cix}}{\ell'' \cdot h''} \quad (15)$$

(14) və (15) –ifadələrindən görünür ki, istər xətti, istər kəsilməz spektr üçün signal itgisi müşahidə edilir.

2) $\ell_{zix} = \ell''$, $h_{zix} = h''$. Bu halda xətti və kəsilməz spektrin çıxış selinin qiyməti belə təyin edilir.

$$E_2 = \rho_1(\lambda) \rho_2(\lambda, i) \cdot \bar{B}(\lambda) \cdot \delta\lambda \cdot \frac{\Omega'}{\ell'' \cdot h''} \quad (11)$$

ℓ'' və h'' - kəmiyyətlərini təyin edək.

Kəsilməz spektr üçün ℓ'' $\Delta\lambda$ spektral interval sahəsinin uzunluğudur. Onun qiyməti λ_1 - və λ_2 - dalğa uzunluqları ilə hüdudlanan xətlər üçün cihaz funksiyasının mərkəzləri arasındakı $\Delta\ell''$ -məsafəsi və cihaz funksiyasının $\delta\ell''$ -enin cəminə bərabərdir (şəx.3)

$$\ell'' = \Delta\ell'' + \delta\ell''$$

tərifə görə

$$\Delta\ell'' = \Delta\lambda \cdot \frac{d\bar{\ell}}{d\lambda}$$

burada $\frac{d\bar{\ell}}{d\lambda}$ -müşahidə müstəvisində $\Delta\lambda$ - dalğa intervalı üçün orta xətti dispersiyadır.

Cihaz funksiyasının $\delta\ell''$ - eni monoxromatik şüalanma üçün çıxış yarığının eninə bərabər olub

$$\delta\ell'' = 2S'' \cdot tq \frac{u''}{2} + \ell' \cdot \left(\frac{tqu''}{2} \right)^2$$

Onda

$$\ell'' = \Delta\lambda \cdot \frac{d\bar{\ell}}{d\lambda} + 2S'' \cdot tq \frac{u''}{2} + \ell' \left(tq \frac{u''}{2} \right)^2 \quad (12)$$

h'' - monoxromatik halda olduğu kimi təyin edilir, çünki bu istiqamətdə sistemin dispersiyası sıfırdır. (11) və (12) – ifadələrini nəzərə alaraq işıqlanmaya görə işıq gücü üçün yazırıq.

Üç hala baxaq:

1) $\ell_{zix} < \ell''$, $h_{zix} < h''$. Onda çıxış yarığında keçən F-selinin qiyməti çıxış yarığında işıqlanmanın qiyməti və çıxış yarığının sahəsi ilə təyin edilir. (3)-ifadəsini nəzərə alıb xətti spektr üçün yazmaq olar

$$\begin{cases} \Phi'_\lambda = \rho_1(\lambda) \rho_2(\lambda, i) \cdot B(\lambda) \cdot \Omega' \\ \Phi'_H = \rho_1(\lambda) \rho_2(\lambda, i) \cdot B(\lambda) \cdot \delta\lambda \cdot \Omega \end{cases} \quad (16)$$

Bu halda faydalı signalın hamısı çıxış yarığında keçir.

3) $\ell_{zix} > \ell''$, $h_{zix} > h''$. Xətti spektr halında çıxış seli bundan əvvəlki halda olduğu kimi

$$\Phi'_\lambda = \rho_1(\lambda)\rho_2(\lambda, i) \cdot B(\lambda) \cdot \Omega' \quad (17)$$

Kəsilməz spektr halında çıxış seli bundan əvvəlki haldan çox olar. Beləki, geniş çıxış yarığından böyük spektral interval keçəcəkdir.

$$\Phi'_H = \rho_1(\lambda)\rho_2(\lambda, i) \cdot \bar{B}(\lambda) \cdot \delta\lambda \cdot \Omega \cdot \frac{\ell_{cix} \cdot h_{cix}}{\ell'' \cdot h''} \quad (18)$$

Əgər çıxış yarığı əvəzinə müşahidə müstəvisində fotoqəbuledici yerləşdirilərsə, onun qəbul etdiyi işıq seli 1, 2, 3-hallarındakı düsturlarla hesablanır, ancaq çıxış yarığının sahəsi əvəzinə fotoqəbuledicinin işığa həssas səthinin sahəsi götürülür.

- [1] T.H. Dilbazov, N.Y. Yaqubzadə. «Fizika», 2006, XII, 4, (çapdadır)
 [2] N.Y. Yaqubzadə, T.H. Dilbazov. AMAKA-nın xəbərləri, 2006, 3, (çapdadır)

- [3] M.İ. Malışev. Vvedeniye v eksperimentalnuyu spektroskopiyu. M. «Nauka», 1975, s.248. (Rusca).
 [4] M.İ. Gpştayn. İzmereniya optičeskoqo izluçeniya v elektronike. M.«Enerqiya», 1975, s.248. (Rusca).

N.Y. Yagubzade, T.G. Dilbazov

OPTICAL EFFICIENCY OF OPTICAL SYSTEM OF THE SMALL-SIZED SPECTRAL DEVICE

It is calculated optical efficiency of optical system of the device taking into consideration the brightness and light flux in the cases, when:

- the spectral line width is much less than spectral width of hardware function;
- the spectrum width is much more than width of hardware function.

Н.Я. Ягубзаде, Т.Г. Дильбазов

СВЕТОСИЛА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МАЛОГАБАРИТНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ПРИБОРА

Вычислена светосила оптической системы прибора по освещенности и по потоку в случаях, когда:

- ширина спектральной линии значительно меньше спектральной ширины аппаратной функции;
- ширина спектра много больше ширины аппаратной функции.

Received: 16.03.07