

ОПТИЧНИ УРЕДИ ЗА ОТКРИВАНЕ И ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА ОБЕКТИ ОТ БОРДА НА ОРБИТАЛНА НАУЧНА СТАНЦИЯ

Живко Жеков

OPTICAL DEVICES FOR FINDING AND IDENTIFICATION OF OBJECTS FROM THE BOARD OF AN ORBITAL SCIENTIFIC STATION

Zhivko Zhekov

Резюме: Настоящата разработка е свързана с нови методи и технически средства, които улесняват откриването на отдалечени обекти във видимата и в инфрачервената част на оптичния спектър, при различна фонова яркост.

Несъмнено това е съвременен проблем от световно значение, който привлича все повече внимание, интелектуален и технически потенциал, както и финанси. Тези методи и технически средства са предназначени за намиране на отдалечени обекти при различна яркост на фона с помощта на оптични, електрооптични и оптико-електронни прибори и апарати, монтирани на космически летателни апарати.

Ключови думи: оптични уреди

Abstract: The current work is about new methods and technical means, which facilitate the distant objects discovery in the visible and in the infrared part of the optic specter, in varying background brightness. Undoubtedly, this is a very modern problem of worldwide significance which takes more and more attention, intellectual and technical potential, as well as finance. These methods and technical means are designed to find distant objects at varying background brightness by means of optic, electro-optic and optic-electronic appliances and apparatuses, which are mounted on space flying machines.

Key words: optic devices

Въпросите по мониторинг на атмосферата и на околната среда са едни от особено важните и актуални при визуалните методи на изследване и наблюдение.

Един от най-ефективните и информационни методи са оптичните изследвания [1...5].

За да се осигури надеждно регистриране в зрителното поле, необходимо е още в стадия на проектиране на оптичните уреди да се

обосноват и изберат необходимите характеристики, които трябва да притежава оптичната система. Известно е, че за изследване на обекти, от съществено значение е оптичната система да притежава голямо зрително поле и малко увеличение. За идентифициране е необходимо по-голямо увеличение и намалено зрително поле, за да може наблюдателят детайлно да наблюдава и надеждно да характеризира изследвания обект.

Обект на изследването е разработването на оптични уреди, за откриване и идентифициране на отдалечени обекти от борда на научна станция.

Целта е, съобразно спецификата на отдалечените обекти, да се предложат такива оптични уреди, които да позволяват откриването и идентифицирането на различни по големина обекти, от борда на космически летателни апарати.

Предмет на изследването е разработването на конкретни оптични уреди, решаващи поставената цел.

Желателно е, ако има възможност, наблюдателят да насочва оптичната система в различни направления. Ако това е невъзможно, то трябва да се предвиди възможност за конструктивно осигуряване на насочването поне в едно от направленията – хоризонтално или вертикално.

Известни са способности за реализиране на дискретно, променливо увеличение, посредством смяна на окуляри, на обективи и на лещи в обръщателната система. Характерното за първите два способа е, че процесът на смяната на увеличението (респективно на зрителното поле), се извършва бавно.

При третия способ на смяната на увеличението, подвижните части извършват радиално постъпателно движение, като оптичната ос и зрителното поле се пресичат. Недостатък на тези способности е нарушаването на зрителното поле от постъпващи и излизащи оптични компоненти.

В процеса на изследване, наблюдаваният обект е с голямо зрително поле и малко увеличение. При промяна на увеличението, в момента на постъпването и на излизането на оптични компоненти във и извън оста на зрителното поле на оптичната система, за части от времето не се наблюдава обекта.

Основен недостатък на тези способности е, че въпреки използването на повече оптични елементи в системата за промяна на увеличението, те не позволяват да се получи желания резултат.

Целта е да се отстранят посочените недостатъци на съществуващите способности и да се създаде дискретна оптична система, с аксиално преместване по оптичните елементи на обръщателната система, имаща оптимални характеристики и параметри. Това ще

осигури максимален ефект при промяна на увеличението и при използването на минимален брой оптични елементи.

Същността е в подбирането на такъв закон за изменение на мащаба на образа, при който с използването на едни и същи елементи, съставлящи обръщателната система на оптичната система, да се получи възможност за реализиране на две определени увеличения, т.е. създава се аксиално придвижване на монокорпусна обръщателна система.

Елементите на обръщателната система не се движат индивидуално с постъпателно въртливо движение, както при съществуващите, а са поставени в моноблок, който се предвижва аксиално по оптичната ос. При това движение по оста се получава, на две места, ярък образ на мрежата и на наблюдавания обект, с увеличение определено от закона, съответно – β_1 и β_2 :

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\frac{f_{об}^1 f_{обр}}{f_{об}^1 + f_{обр} - d_1}}{\frac{f_{об}^1 f_{обр}}{f_{об}^1 + f_{обр} - d_2}} \quad \dots(1)$$

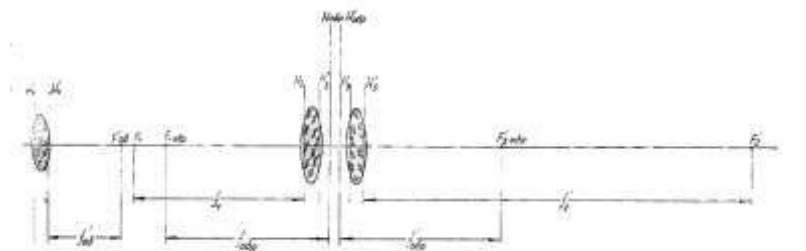
където: $f_{об}^1$ – е задно фокусно разстояние на обектива;

$f_{обр}$ – е еквивалентно фокусно разстояние на обръщателна система;

d_1 – е разстояние от главната равнина на обектива, до главната равнина на обръщателната система, при първо положение;

d_2 – е разстояние от главната равнина на обектива, до главната равнина на обръщателната система, при второ положение.

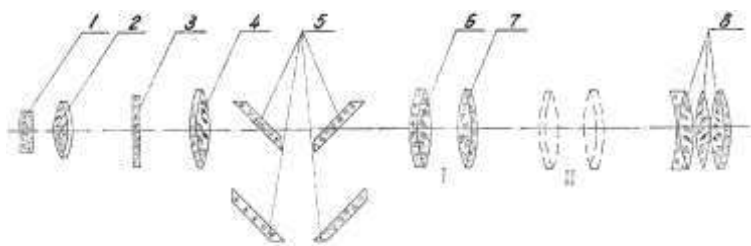
На фиг. 1 са посочени фокусните разстояния на отделните елементи от обръщателната система, и на същата като цяло.



Фигура 1. Фокусни разстояния на отделните елементи от обръщателната система

Предимството спрямо известните до сега системи с променливо увеличение, е в получаването на оптимални характеристики, без да нарушаваме зрителното поле, без да отстраняваме недостатъка за загубване на обекта, при промяна на мащаба на образа, или при възприемането на погрешен обект.

Едно примерно изпълнение на оптична система с дискретно променливо увеличение, е представено на фиг. 2. Тя представлява надлъжен разрез по оста на оптичната система.



Фигура 2. Оптична система с дискретно променливо увеличение

Оптична система с дискретно променливо увеличение се състои от: предпазно стъкло – 1, обектив – 2, мрежа – 3, кондензорна леща – 4, система огледала – 5, първа леща от обръщателната система – 6, втора леща от обръщателната система – 7, окуляр – 8.

Конструкцията позволява преместването на обръщателната система по оптичната ос на разстояние, определено от формулата за промяна на увеличението (1).

И в двата случая, юстировката се извършва до получаване на максимална разделителна способност, яркост на образа на наблюдавания обект и на мрежата, с което се постига максимален ефект при наблюдението.

Действието е следното:

При положение първо (I), на обръщателната система, обектът се наблюдава с малко увеличение, при голямо зрително поле.

Захванат в центъра на зрителното поле и разпознат от заобикалящия фон, обектът се наблюдава по размери – малък, в първо положение. При преместване на обръщателната система във второ положение (II), обектът се наблюдава с голямо увеличение, при малко зрително поле.

Тук се предотвратява възможността за възприемане на погрешен обект и насочването се извършва по-прецизно и по-точно. По такъв начин промяната на мащаба на образа се извършва за сметка на аксиалното преместване на монокорпусната обръщателна система, от положение първо (I) в положение второ (II).

Следователно, обръщателната система, която се измества по определен закон, не нарушава зрителното поле, т.е. тук няма постъпване и излизане на компоненти от обръщателната система във и извън оптичната.

Този способ за възприемане на обекта в положение второ, намалява напрегнатостта на очите.

Оптичната система с дискретно променливо увеличение, при правилна юстировка, позволява да се получат екстремални характеристики: максимален ефект при промяна на мащаба на образа, използване на минимален брой оптични елементи, стабилност, по-голямо зрително поле и малки загуби на светлина в оптична система.

Посредством шарнирния възел – системата от огледала осигурява сканиране в едно направление. Това води до увеличаване на вероятността при сканирането с голямо зрително поле, по-бързо и точно да се откриват и идентифицират отдалечени обекти.

МЕТОДИКА ЗА ПРЕСМЯТАНЕ НА ДВУКОМПОНЕНТНА ПАНКРАТИЧНА ОБРЪЩАТЕЛНА СИСТЕМА

Панкратичните оптични системи позволяват непрекъснато плавно изменение на мащаба на образа. Преимуществото им пред обикновените е във възможността за получаване на произволен по мащаб образ, т.е. посредством едно и също оптично устройство, да се разглеждат обекти, отстоящи се към големи разстояния, с различен мащаб на образа и със съответстващо зрително поле.

За получаване на плавна промяна на мащаба на образа, е необходим механизъм, осъществяващ преместване на компоненти на панкратичната система, които на различно положение, в различни ситуации, е необходимо да осигурят различен мащаб на образа.

Обективно условие за минимални аберации е точното преместване на компонентите по изчислена еволвента, чието изработване е трудно.

При проектиране на системата се приемат различни компромисни конструктивни решения. В резултат на това, качеството на образа, в сравнение с обикновените оптични системи, се снижава. Колкото по-голяма е кратността на изменение на мащаба на образа, толкова по-трудно се достига степента на точност при изработване на конструктивната еволвента, отразяваща закона за изменение на предавателните отношения на отделните компоненти на панкратичната система.

При пресмятане на двукомпонентна панкратична обръщателна система се получават две съвкупностни решения за положението на компонентите, относно равнината на предмета в зададения диапазон на увеличение.

$$d = \frac{l}{2} \pm \sqrt{q} \quad \dots(2)$$

$$\text{при } q = \left(\frac{l}{2}\right)^2 - l(f_1^l + f_2^l) - f_1^l \cdot f_2^l \frac{(\beta - 1)^2}{\beta} \quad \dots(3)$$

където: d – е разстояние между главните равнини на компонентите;
 l – е дължина на системата (разстоянието между равнината на предмета и равнината на образа);
 f_1^l, f_2^l – е фокусно разстояние на първия и втория компонент;
 β – е увеличение на системите;
 q – е разстояние на преместване на панкратичните компоненти от изходно положение ($q = 0$).

Когато дължината на системата l , е свободен параметър, тя може да бъде избрана съгласно условието:

$$q = 0 \text{ при } |\beta| = 1 \quad \dots(4)$$

Целта е да се предложи методика за пресмятане на двукомпонентна панкратична обръщателна система и се подбере такъв закон за изменение на мащаба на образа, при който с използването на едни и същи елементи, компановащи обръщателна система, да се реализират определени мащаби на образа, посредством аксиално придвижване на монокорпусна обръщателна система. И при движението по оста да се наблюдава ярък образ на мрежата и на наблюдавания обект.

На фиг. 1 са представени фокусните разстояния на отделните елементи от обръщателната система и на последната, като цяло, при зададени или известни оптични характеристики: $\beta_1, \beta_2, f_{ok}, f_{ob},$ на първа леща от обръщателната система, r_1, r_2, n_1, d , на втора леща от обръщателната система r_1, r_2, n_2, d_2 и P , и се предлага следната методика за габаритно пресмятане на двукомпонентна панкратична обръщателна система.

Фокусните разстояния на елементите на обръщателната система се определят по формулите:

$$f_1 = \frac{n_1 r_1 r_2}{(n_1 - 1)[n_1(r_2 - r_1) + d_1(n_1 - 1)]} \quad \dots(5)$$

$$f_2 = \frac{n_2 r_1^l r_2^l}{(n_2 - 1) [n_2 (r_2^l - r_1^l) + d_2 (n_2 - 1)]} \quad \dots(6)$$

Разстоянията до главните равнини са:

$$S_1 H_2 = -\frac{d_1 r_1}{n_1 (r_2 - r_1) + d_1 (n_1 + 1)} \quad \dots(7)$$

$$S_3 H_3 = -\frac{d_2 r_1^l}{n_2 (r_2^l - r_1^l) - d_1 (n_2 - 1)} \quad \dots(8)$$

$$S_2 H_2^l = \frac{d_1 r_2}{n_1 (r_2 - r_1) + d_1 (n_1 - 1)} \quad \dots(9)$$

$$S_4 H_3^l = \frac{d_2 r_2^l}{n_2 (r_2^l - r_1^l) - d_2 (n_2 - 1)} \quad \dots(10)$$

Разстоянието $H_2 H_3$ на обръщателната система се определя посредством израза:

$$H_2 H_3 = S_2 H_2^l + p + S_3 H_3 \quad \dots(11)$$

Фокусното разстояние на обръщателната система е:

$$f_{обр} = \frac{f_1^l f_2^l}{f_1^l + f_2^l - H_2^l H_3} \quad \dots(12)$$

Оптичният интервал Δ , между задния фокус на първата леща и предния фокус на втората леща от обръщателната система се определя от израза:

$$\Delta = -(f_1^l + f_2^l) - H_2^l H_3 \quad \dots(13)$$

Положението на обръщателната система, при която се получава ясно наблюдение на двата мащаба на образа, относно съответните еквивалентни фокусни разстояния, е:

$$d_1 = \frac{f_{об} f_{обр} + f_{екв} (f_{об} + f_{обр})}{f_{екв}} \quad \dots(14)$$

$$d_2 = \frac{f_{об} f_{обр.} + f_{ексл} (f_{об.} + f_{обр.})}{f_{ексл}} \quad \dots(15)$$

където: d_1 – е разстояние от главната равнина на обектива до главната равнина на обръщателната система при мащаб на образа β_1 ;

d_2 – е разстояние от главната равнина на обектива до главната равнина на обръщателната система при мащаб на образа β_2 .

Еквивалентните фокусни разстояния са съответно:

$$f_{ексл} = \frac{f_{об} f_{обр.}}{f_{об} + f_{обр.} - d_2} \quad \dots(16)$$

$$f_{ексл} = \frac{f_{об}^1 f_{обр.}}{f_{об}^1 + f_{обр.} - d_1} \quad \dots(17)$$

В случай при $|\beta|=1$, положението на всеки от компонентите относно равнината на предмета на системата $\overline{p_1}$ и $\overline{p_2}$, съответстващи на условие (3.4) за двете съвкупностни решения, придобива следните стойности:

$$\overline{p_1}_{|\beta|=1} = -f_1^1 \frac{2f_2^1(1-\beta) + l\beta}{2\beta(f_1^1 + f_2^1) - l\beta} \quad \dots(18)$$

$$\overline{p_2}_{|\beta|=1} = \overline{p_1}_{|\beta|=1} + \frac{l}{2} \quad \dots(19)$$

т.е. $\overline{p_1}_{(\beta)}$ изразяват закона за движение на компонентите, изчислени при различни знаци във формула (18).

Диференцирайки изразите за $\overline{p_1}$ и $\overline{p_2}$ по β и изчислявайки стойностите $\frac{\partial p_1}{\partial \beta}$ и $\frac{\partial p_2}{\partial \beta}$ относно точка $|\beta|=1,0$, се вижда че всеки от $\overline{p_1}_{(\beta)}$ и $\overline{p_2}_{(\beta)}$, от двете страни на точка $|\beta|=1,0$ има една и съща производна.

В такъв вид, с цел разширяване на диапазона на увеличение на панкратичната обръщателна двукомпонентна система, е необходимо да се изхожда от дължината l , определена, съгласно условие (4), а при проектиране трябва да се използват за $|\beta|<1$ и $|\beta|>1$ решенията по формула (1). Изпълнението на условие (4) означава:

За система с $\beta > 0$

$$l = 4(f_1 + f_2) \quad \dots(20)$$

И при $\beta = 1,00$

$$d = 2(f_1 + f_2), \quad \beta_1 = \beta_2 = -1 \quad \dots(21)$$

където: β_1 и β_2 са увеличения на първия и втория компонент от обръщателната система.

За система с $\beta < 0$

$$l = \begin{cases} 4f_1 \\ 4f_2 \end{cases} \quad \dots(22)$$

и при $\beta = -1,0$

$$l = 4f_1 \quad \dots(23)$$

$$d = 2f_1, \quad \beta = -\beta_2 = -1 \quad \dots(24)$$

за $l = 4f_2$

$$d = 2f_2, \quad \beta_1 = -\beta_2 = 1 \quad \dots(25)$$

Представената методика осигурява пресмятане на двукомпонентна панкратична обръщателна система. Изведени са формули за изменение на мащаба на образа, при което с едни и същи елементи, компоновани обръщателната система в един корпус, се реализират определени мащаби на образа. Това става чрез аксиално придвижване на монокорпусна обръщателна система и в процеса на придвижване по оста се наблюдава ярък образ на мрежата и на наблюдавания обект.

За нуждите на космическите изследвания, при разработване на Електрофотометричната апаратура „Дъга”, на Спектрозоналната апаратура „Спектър 15” и на Импулсната фотометрична апаратура „Терма”, възникна необходимостта от разработване на оптични системи, притежаващи специфични характеристики, необходими за изследване на обекти в областта на Космическата физика и Дистанционните методи.

В това направление се извърши научно-изследователска работа и бяха разработени първите образци на Оптична система 3x40 и на

Оптическа система – прицел 15К. Те бяха създадени във връзка с научната програма за полета на български космонавти.

Оптичните системи трябва да работят при различна яркост на фона и с най-голяма вероятност да откриват отдалечени обекти за оптимално време.

ОПТИЧНА СИСТЕМА – ПРИЦЕЛ 15 К

Спектрозоналната апаратура „Спектър 15 К” се състои от два основни блока. Единият представлява оптико-механическа конструкция, предназначена за насочване и оптическа обработка на изследвания информационен сигнал. След това сигналът се предава на блок, където данните се регистрират. В този блок се извършва и оценка на сигнала. Той се стробира, преобразува се в цифрова индикация и след това се извършва записването на магнитна лента.

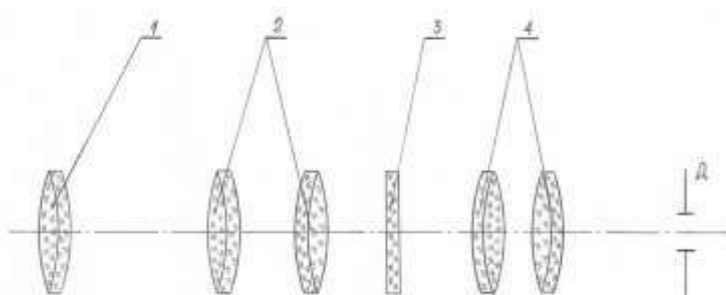
Насочването на апаратурата се осигурява от „Оптическа система – прицел 15 К” (фиг. 3), представляваща оптична система на оптична система (фиг. 4).

Тя притежава следните оптически характеристики:

1. Увеличение на оптична система – $3,16^x$;
2. Зрително поле – 14° ;
3. Диаметър на входящия отвор – 18 мм;
4. Диаметър на изходната зеница – 5 мм;
5. Отдалечение на изходната зеница – 26,7 мм;
6. Разделителна способност – 19 секунди;
7. Пределна фокусировка на окуляра на рязкост ± 4 дптр.
8. Стойност на най-малкото деление на мрежата:
 - по хоризонтала – 1° ;
 - по вертикала – 1° ;
9. Пропускателна способност $\tau = 0,52$;
10. Геометрично винетиране $\alpha_\beta = 1,0$;
11. Размери на петното на разсейване $lh = 11'2'$.



Фигура 3. Оптична система – прицел 15 К



Фигура 4. Оптична система на „Оптична система – прицел 15 К”

ОПТИЧНА СИСТЕМА В 3Х40

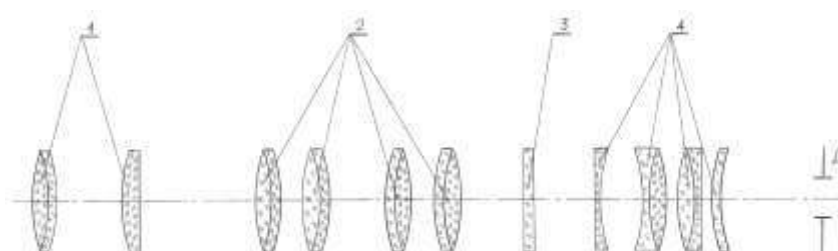
Фотометричната апаратура „Дъга“ се състои от два основни блока. Единият, наречен ОМ (оптико-механичен), представлява оптико-механическа конструкция, чиято задача е да насочва, посредством оптичната система електрофотометъра за анализиране мониторинга на атмосферата.

Оптична система В 3х40, на фиг. 5, чиято оптическа система е представена на фиг. 6, притежава следните технически характеристики:



Фигура 5. Външен вид на В 3 x 40

1. Увеличение на оптичната система – $2,6^x$;
2. Зрително поле – 23° ;
3. Диаметър на входящия отвор – 40 мм;
4. Диаметър на изходната зеница – 6 мм;
5. Отдалечение на изходната зеница – 22,5 мм;
6. Разделителна способност – $23''$;
7. Предел на фокусиране на окуляра на рязкост ± 4 дптр.;
8. Стойност на най-малкото деление на мрежата:
 - по хоризонтала – $1^\circ 30'$;
 - по вертикала – $1^\circ 30'$;
9. Обща дължина на оптичната система – 380 мм;
10. Тегло на оптичната система – 0,850 кг.



Фигура 6. Оптична система В 3 x 40

В заключение следва да се отбележи, че разработените уреди, предназначени за насочване на Електрофотометричната апаратура

„Дъга“ и Спектрозоналната апаратура „Спектър 15“, са приети като щатна апаратура на Орбитална научна станция, като с тях са проведени изследвания от международни екипажи космонавти.

ЛИТЕРАТУРА:

- Гецов П. (2002). *Космос, екология сигурност*. Нов български университет.
- Манев, А., Палазов, К., Райков, С., и Иванов, В. (2002, ноември) Комбиниран спътников мониторинг на температурната аномалия през август 1998 г. *Сборник доклади на IX-та национална конференция с международно участие. Основни проблеми на слънчево – земните въздействия, 21 – 22 г.*, 153-156.
- Мардиросян, Г. (2003). *Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда*. Академично издателство „Марин Дринов“.
- Стоянов, С. (2009). *Оптични методи за изследване на атмосферния озон*. Издателство „Фабер“.
- Филипова, М. (2006). *Екология и опазване на околната среда. Екологичен риск и екологична сигурност*. Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“.