

Rozdział 5

PRZYZRĄDY OPTYCZNE

5.1. Wiadomości wstępne

Zadaniem przyrządu optycznego jest dokonanie takiego przekształcenia energetyczno-geometrycznego przestrzeni przedmiotowej w obrazową, aby możliwa była rejestracja pewnej cechy przedmiotu za pomocą ustalonego odbiornika. Odbiornik z uwagi na swoje fizyczne właściwości ma skończone wymiary, określony energetyczny próg zadziałania, ograniczone możliwości rejestracji szczegółów oraz kontrastu. Celem konstruktora przyrządu jest takie dobranie parametrów, a więc jego powiększenia, średnicy źrenicy i korekcji aberracji, aby obraz przedmiotu zawierał żadaną cechę, w postaci dostosowanej do możliwości odbiornika.

Przykładowo wizualną granicą rozpoznania dwóch punktów jest kąt rzędu $1,5'$ (p. 4.3). Ponieważ dla obserwatora o oku miarowym możliwe jest ostre odwzorowanie obrazu na siatkówce tylko wtedy, gdy przedmiot znajduje się w odległości od 200 mm do ∞ od niego, to najmniejsza odległość dwóch rozróżnianych punktów (dla 200 mm) wynosi 0,09 mm. Jeżeli konieczna jest obserwacja punktów leżących bliżej, wówczas należy zastosować taki układ, aby obrazy dwóch punktów były widoczne przez obserwatora pod kątem nie mniejszym niż $1,5'$ oraz w odległości między 200 mm a nieskończonością.

Z drugiej strony konstruktor i użytkownik muszą sobie zdawać sprawę, że istnieją granice możliwości przenoszenia informacji przez układ (p. 3.3.5 i 3.3.6) niezależnie od zastosowanego odbiornika. Oznacza to, że nie każdą informację o przedmiocie może przyrząd optyczny przenieść do przestrzeni obrazowej lub ogólniej nie każdą informację w taki sposób, aby mogła być zarejestrowana przez odbiornik.

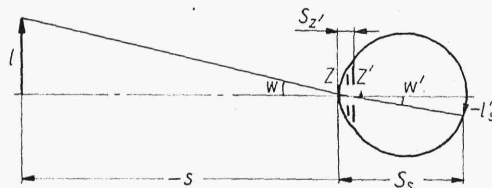
Jednym z najważniejszych parametrów przyrządu optycznego jest jego powiększenie opisujące zależność między sprzężonymi odcinkami płaszczyzny odbiornika i przedmiotu. I tak na przykład o wielkości obrazu odczuwanej przez człowieka, a więc o powiększeniu przyrządu decyduje wielkość obrazu na siatkówce oka. Ponieważ jednak nie można oddzielić siatkówki oka od jego układu optycznego, przy obserwacji wizualnej wygodniej jest operować wielkościami kątowymi niż liniowymi.

Niech będzie przedmiot o długości l (rys. 5.1) i w odległości s od wierzchołka rogówki. Promień główny przechodzący przez środki źrenicy Z i Z' tworzy z osią optyczną kąty w i w' odpowiednio w przestrzeni

przedmiotowej i obrazowej. Obraz przedmiotu w płaszczyźnie siatkówki zgodnie z rysunkiem będzie opisany zależnością

$$l'_s = (S_{z'} - S_s) w' = (S_{z'} - S_s) \gamma_z w$$

gdzie γ_z — powiększenie kątowe w źrenicach układu optycznego oka.



Rys. 5.1

Na podstawie danych tabl. 4.1 można wykazać, że wielkość $(S_{z'} - S_s)$ $\gamma_z = C$ jest prawie niezależna od akomodacji (dla oka nieakomodującego $C = -16,5$, dla akomodującego $A = 7,7$ 1/m $C = -16,65$).

Oznacza to, że wielkość obrazu na siatkówce zależy tylko od kąta, pod jakim widać przedmiot ze środka źrenicy wejściowej oka, a nie zależy od tego, w jakiej odległości od niego znajduje się przedmiot tzn.

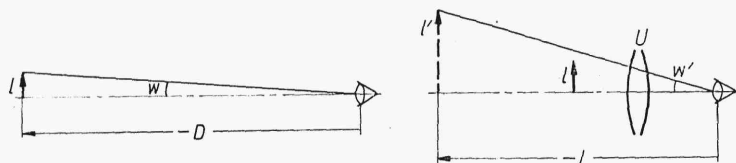
$$l'_s = Cw$$

dla każdego s. Z tego powodu dla przyrządów wizualnych wprowadzone jest pojęcie powiększenia wizualnego, charakteryzującego wpływ przyrządu na zmianę wielkości obrazu na siatkówce, ogólnie różnego od dotychczas zdefiniowanych powiększeń teoretycznych α , β , γ .

Def. *Powiększeniem wizualnym G przyrządu optycznego jest stosunek kąta w' pod jakim widać obraz przedmiotu przez przyrząd do kąta w pod jakim widać ten przedmiot okiem nieuzbrojonym*

$$G \stackrel{\text{def}}{=} \frac{w'}{w} \quad (5.1)$$

Powiększenie wizualne jest pojęciem związanym z przestrzenią przyosiową układu i stąd w definicji stosunek kątów, a nie ich tangensów. Dla większych kątów polowych powiększenie określone za pomocą tangensów może odbiegać od podanej tu wartości z uwagi na dystorsję układu.



Rys. 5.2

Jeżeli przez l oznaczona będzie wysokość przedmiotu, a l' wysokość obrazu danego przez układ U , to zgodnie z rys. 5.2

$$G = \frac{l'}{l} \frac{D}{L} \quad (5.2)$$

gdzie:

D — odległość, z której obserwowany jest przedmiot okiem nieuzbrojonym,

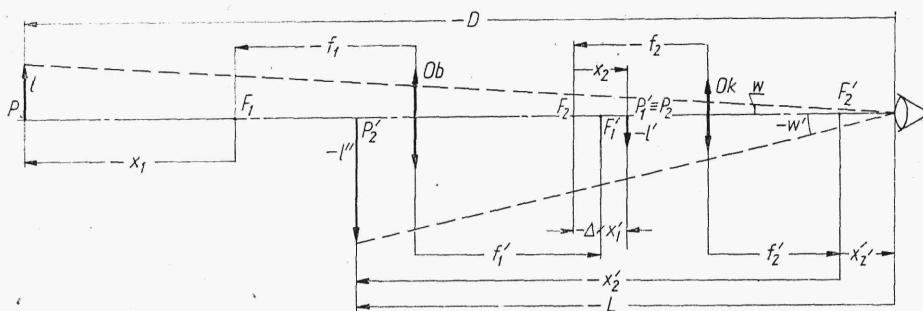
L — odległość obrazu od obserwatora.

Wielkość D nie musi być równa L . Przedmiot i obraz muszą tylko znajdować się w obszarze, którego granicami są punkty bliżej i dalej obserwatora. Dla obserwatora o widzeniu miarowym zarówno D , jak i L , mogą przyjmować wartości między -200 mm i ∞ niezależnie od siebie. Jeżeli przedmiot przeznaczony jest do obserwacji mikroskopowej, kiedy szczególnie ważne jest dostrzeganie jego szczegółów, wówczas, przy obserwacji okiem nieuzbrojonym, przedmiot jest przesuwany jak najbliżej do oka i wtedy średnio zakłada się, że odległość ta wynosi $D = -250$ mm. W przypadku obserwacji przedmiotu przez lunetę z konieczności odległość D jest bardzo duża.

5.2. Lunety

5.2.1. Powiększenie lunety

Lunety przeznaczone są do obserwacji przedmiotów odległych. W najprostszym przypadku składają się one z dwóch niezależnych elementów (rys. 5.3) nazywanych odpowiednio obiektywem Ob (położonym od strony przedmiotu — obiektu) i okulem Ok (od strony oka). Ogniska i ogniskowe obiektywu wyróżniane są indeksem 1, natomiast okularu indeksem 2.



Rys. 5.3

Ponieważ dla lunet długość przyrządu jest pomijalnie mała w porównaniu z odległością od przedmiotu, to zgodnie z oznaczeniami na rysunku można przyjąć $D \approx x_1$. Uwzględniając wtedy zależności (5.2), (2.2), (2.20) i (2.21a) oraz równość $x_2' = L + x_z'$, otrzymuje się

$$G = \frac{f_1}{f_2} \left(1 + \frac{x_z'}{L} \right) \quad (5.3)$$

gdzie x_z' jest odległością źrenicy wejściowej oka od ogniska obrazowego okularu.

Składnik x_z'/L w nawiasie opisuje wpływ akomodacji czynnej obserwatora na powiększenie wizualne lunety. Odległość źrenicy wyjściowej układu pokrywającej się ze źrenicą wejściową oka jest zwykle rzędu kilku milimetrów (większa tylko dla okularów ujemnych i małych powiększeń G lunety). L może się zmieniać od -200 mm do wartości nieskończenie wielkich, stąd człon x_z'/L jest prawie zawsze pomijalnie mały wobec 1 (nie rozważa się tu wpływu wad refrakcji oka, gdyż samo pojęcie