

Ефективност на визирни оптични уреди при наблюдение на отдалечени обекти

Живко Жеков

Институт за космически изследвания, БАН

Статията се отнася до оптични визирни уреди за наблюдение на отдалечени обекти при различна яркост на фона в диапазона от 10^{-6} до $4,2 \cdot 10^3$ cd/m².

Пресмятане на оптични визирни уреди с плавно променливо дискретно и постоянно увеличение е представено в [1–3], отчитане влиянието на светоразсейването във визирните оптични уреди в [4–5], а зависимостта между зрителното поле и времето за откриване на обекта, в [6].

Задачата на изследването е при отчитане на яркостта на фона за конкретни случаи от диапазона 10^{-6} до $4,2 \cdot 10^3$ cd/m² да се пресметне ефективността на визирния оптичен уред.

За центъра на зрителното поле, ефективността на визирните оптични уреди N_0 се определя от отношението на пределната осветеност на изследвания обект, регистрирана с невъоръжено око – E_n , към пределната осветеност, регистрирана чрез оптичния визир – E_0 :

$$(1) \quad N_0 = E_n / E_0.$$

От физиологичната оптика е известно, че пределната осветеност се явява функция на яркостта на фона (B)

$$(2) \quad E_n = f(B) = c \cdot B^n,$$

където коефициентът c и степенният показател n се променят в зависимост от яркостта на фона.

Способността на оптичния уред да създава по-светло или по-тъмно изображение се характеризира от неговата светосила H , а коефициентът на светоразсейване влияе върху контраста на изображението.

Светосилата H се определя и от отношението на осветеността от равнината на изображението на оптичния уред, към яркостта на обекта, отчитайки допълнителната яркост ΔB от светоразсейването:

$$(3) \quad H = E' / (B + \Delta B),$$

където $\Delta B = \beta (B_{об} + B_{ф})$, $B_{об}$ е яркост на обекта; $B_{ф}$ - яркост на фона.

За продълговат обект, наблюдаем чрез оптичен визир, светосилата е

$$(4) \quad H_{\text{о.о.}} = g \tau_{\text{о.с.}} d^2,$$

а за точков обект

$$(5) \quad H_{\text{т.о.}} = g \tau_{\text{о.с.}} D^2,$$

където $g = n(n)^2 \tau_{\text{о.о.}}$ е константа за окото; D, d , са входящ и изходящ диаметър на визирната оптична система; $\tau_{\text{о.с.}}$ - коефициент на светопропускане на оптичната система.

Тогава за изследване на продълговати обекти, използвайки формули (3) и (4), се получава

$$(6) \quad H/H_{\text{о.о.}} = B'/B + \Delta B = \tau_{\text{о.с.}} \beta d^2/\delta^2,$$

където β е коефициент на светоразсейване; d^2/δ^2 - отношение, характерно само при $\alpha \leq \delta$, определящо непълното използване на диаметъра на зеницата на наблюдателя.

За изследване на точкови обекти, използвайки формули (3) и (5) и замествайки $D^2 = d^2 \cdot r$, (r - видимо увеличение на оптичната система) се получава изразът

$$(7) \quad H_{\text{о.с.}}/H_{\text{о.о.}} = E_{\text{о.с.}}/E_{\text{о.о.}} = \tau_{\text{о.с.}} \beta r d^2/\delta^2.$$

При преминаване на светлината през оптична система

$$(8) \quad E' = \tau_{\text{о.с.}} r^2 E d^2/\delta^2,$$

$$(9) \quad B' = B \tau_{\text{о.с.}} d^2/\delta^2.$$

Съпоставяйки значенията на E' и B' от изразите (8) и (9) с (2), за окото, въоръжено с визирна оптична система, в центъра на зрителното му поле се получава

$$(10) \quad E_{\text{о.}} r^2 \tau_{\text{о.с.}} k_{\delta} d^2/\delta^2 = f(B, \tau_{\text{о.с.}}, k_{\delta}, d^2/\delta^2),$$

където k_{δ} е коефициент, отчитащ ефекта на Стайлс-Кроуфорд, показващ сумарното въздействие на светлинния поток върху окото на наблюдателя.

Изхождайки от зависимостите (1), (2) и (10) и отчитайки яркостта на фона в зададения интервал и промяната му, за ефективността на визирния оптичен уред в центъра на зрителното поле се получава

$$(11) \quad N_{\text{о.}} = \frac{c r^2 \beta k_{\delta} (d^2/\delta^2) (B + \Delta B)}{c' [\beta k_{\delta} (d^2/\delta^2) (B + \Delta B)]^n},$$

където c' и n' са коефициент и степенен показател, съответстващи на променливата яркост на фона.

Стойностите на коефициента и степенния показател са представени в таблица 1.

Таблица 1

Яркост на фона B (cd/m^2)	n	c
$B < 3 \cdot 10^{-4}$	0	$1 \cdot 10^{-8}$
$B = 3 \cdot 10^{-4}$	0,24	$1,2 \cdot 10^{-7}$
$B = 3 \cdot 10^{-3}$	0,67	$3,72 \cdot 10^{-7}$
$B = 30$	0,84	$2,2 \cdot 10^{-7}$
$B \geq 3 \cdot 10^3$	0,84	$2,2 \cdot 10^{-7}$

Ефективността на визирния оптичен уред в зависимост от зрителното N_0 поле се определя аналогично от израза

$$N_B = (c/c') (B + \Delta B)^{n-n'} \Gamma^2 (\tau_{o.c.} \beta k_\delta d^2 / \delta^2)^{1-n'}$$

В заключение следва да се отбележи, че са получени изрази за определяне на ефективността на конкретни визирни оптични уреди при наблюдение на отдалечени обекти при различна яркост на фона, като са приведени данни за стойността по коефициента c и степенния показател n , способстващи за пресмятане в диапазона на яркост на фона от 10^{-6} до $4,2 \cdot 10^3 \text{ cd}/\text{m}^2$.

Литература

1. Жеков, Ж., И. Кирчев. Визир с плавно променящо се увеличение. Н.С., ВНВАУ "Г.Димитров", Шумен, 1982.
2. Жеков, Ж., А. Александров. Визир с дискретно променливо увеличение. – В: Национална конференция с международно участие, "Космос-85", Варна, 1985.
3. Жеков, Ж., Оптичен визир В 3 x 40. Н.С., ВНВАУ "Г.Димитров", Шумен, 1982.
4. Александров, А., Ж. Жеков, К. Вълчев. Влияние на светоразсейването върху видимостта на отдалечени обекти посредством визирни оптични уреди. Н.К., под. 22810, София, 1986.
5. Жеков, Ж., К. Вълчев, Д. Иванова, В. Василев. Зависимост между светоразсейването и яркостта на обекта при наблюдение с визирни оптични уреди. – В: Десета национална конференция с международно участие, МГОС-85, Варна, 1988.
6. Жеков, Ж., Г. Гергинов. Експериментално изследване на зависимостта между зрителното поле на оптични визири и времето за откриване на продълговата цел. Н.С., ВНВАУ "Г.Димитров", Шумен, 1983.

Постъпила на 27. II. 1997 г.

Efficiency of visor optic devices in the monitoring of remote objects

Jivko Jekov

(Summary)

The paper is devoted to the efficiency of visor optic devices in the monitoring of remote objects with different background brightness. In particular, the results from the study of the efficiency of optic visors with background brightness from 10^{-6} to $4,2 \cdot 10^3 \text{ cd}/\text{m}^2$ in the monitoring of point or elongated objects are presented.