

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

## АППАРАТЫ КОСМИЧЕСКИЕ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СВЕЧЕНИЯ НА ТЕНЕВЫХ  
УЧАСТКАХ ОРБИТЫ

Издание официальное

БЗ 3—94/135

ГОССТАНДАРТ РОССИИ  
Москва

Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Центральным научно-исследовательским институтом машиностроения и Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации (ВНИИСтандарт) Госстандарта России
- 2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 01.11.94 № 264
- 3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Издательство стандартов, 1995

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения . . . . .	1
2 Определения . . . . .	1
3 Общие положения . . . . .	2
4 Метод определения светимости элемента поверхности КА . . . . .	4
5 Метод определения индикатрисы силы излучения КА различных форм . . . . .	5
Приложение А Поправочный множитель $K_M$ для различных типов материалов внешних поверхностей КА . . . . .	14
Приложение Б Пример оценки возможности наблюдения КА наземными средствами . . . . .	15

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## АППАРАТЫ КОСМИЧЕСКИЕ

Методика оценки характеристик приповерхностного  
свечения на теневых участках орбиты

Spacecrafts.

Evaluation technique of the superficial  
glow characteristics at the eclipse parts of the orbit

Дата введения 1995—07—01

## 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт устанавливает методику оценки индикаторы силы излучения приповерхностного свечения космических аппаратов (КА) и элементов его конструкции: плоской, сферической, цилиндрической и конической форм на высотах 100—600 км в диапазоне длин волн 0,38—1,9 мкм.

Стандарт применяется для расчета освещенности приемников наземных станций наблюдения свечением КА на фоне ночного неба и расчета оптических помех бортовой оптической аппаратуры на теневых участках орбиты.

## 2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем стандарте применены следующие термины и их определения:

**Свечение КА**

— свечение, возникающее в ближайшей окрестности КА в результате физических и физико-химических процессов взаимодействия набегающего потока частиц верхней атмосферы Земли с собственной внешней атмосферой КА и его поверхностью.

**Характерный размер свечения**

— расстояние, на котором происходит ослабление свечения в  $e$  раз.

Издание официальное

★

**Приповерхностное  
свечение**

— свечение в видимой области спектра 0,38—0,78 мкм с характерным размером  $l \approx 0,20$  м и в ближней инфракрасной (ИК) области спектра 0,78—1,9 мкм с характерным размером  $l \approx 2,0$  м.

**Элемент поверх-  
ности КА**

— элементарная площадка поверхности КА, в пределах которой угол падения  $\Theta_n$  частиц атмосферы постоянен.

**Угол падения  
набегающего потока  
частиц атмосферы**

— угол  $\Theta_n$  в плоскости  $XOZ$  между осью  $Z$  — продольной осью КА и вектором набегающего потока частиц атмосферы  $\vec{V}_n$  (рисунки 2, 4, 6, 8).

**Угол визирования**

— угол, определяющий положение вектора визирования  $\vec{r}_b$  (рисунки 2, 4, 6, 8), направленного на наблюдателя, относительно КА и имеющий в прямоугольной системе координат (оси  $X, Y, Z$ ) угловые координаты:

—  $\varphi_b$  — угол в плоскости  $XOY$  между осью  $X$  и проекцией вектора  $\vec{r}_b$  на эту плоскость;

—  $\Theta_b$  — угол в плоскости  $XOZ$  между осью  $Z$  — продольной осью КА и вектором визирования  $\vec{r}_b$ , направленного на наблюдателя.

**3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

3.1 Энергетическая светимость  $M_c$  элемента поверхности КА зависит от:

— высоты орбиты КА —  $h$ ;

— угла падения набегающего потока частиц верхней атмосферы Земли —  $\Theta_n$ ;

— материала поверхности;

— температуры поверхности —  $T_s$ .

3.2 Распределение энергетической светимости  $M_e$  по поверхности КА и сила излучения  $I_e$  КА как точечного источника излучения зависит от:

- энергетической светимости  $M_e$  элемента поверхности КА;
- формы КА;
- угловых координат угла визирования  $\varphi_b, \Theta_b$  (для силы излучения  $I_e$ ).

3.3 Спектр свечения КА в диапазоне высот 100—600 км не зависит от высоты орбиты, типа материала и температуры поверхности КА —  $T_S$  при расстояниях наблюдения  $R \gg l$ .

3.4 Зависимость спектральной плотности энергетической светимости  $M_{e,\lambda}$  элемента поверхности КА при прямом набегающем потоке частиц верхней атмосферы ( $\Theta_n = 0$ ) от длины волны приведена на рисунке 1.

3.5 Детектор бортовой оптической аппаратуры может быть расположен на расстоянии более 1 м для диапазона 0,38—0,78 мкм и более 10 м — для диапазона 0,78—1,9 мкм.

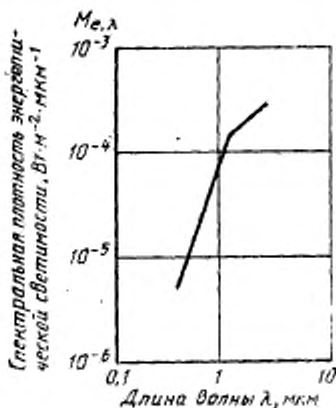


Рисунок 1 — Распределение спектральной плотности энергетической светимости элемента поверхности КА по длине волны  $M_{e,\lambda}$  (прямое падение пучка частиц, высота  $h=250$  км, температура поверхности  $T_S=273$  К)

#### 4 МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕТИМОСТИ ЭЛЕМЕНТА ПОВЕРХНОСТИ КА

4.1 Спектральную плотность энергетической светимости  $M_{e,\lambda}$  в ваттах на квадратный метр-микрометр элемента поверхности КА рассчитывают по формуле

$$M_{e,\lambda} = M^0_{e,\lambda} \cdot \cos^3 \theta_n, \quad (1)$$

где  $M^0_{e,\lambda}$  — спектральная плотность энергетической светимости элемента поверхности КА при прямом падении потока частиц верхней атмосферы ( $\theta_n = 0$ ), Вт·м<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>;

$\theta_n$  — угол падения потока частиц верхней атмосферы.

4.2 Спектральную плотность энергетической светимости  $M^0_{e,\lambda}$  в ваттах на квадратный метр-микрометр рассчитывают по формуле

$$M^0_{e,\lambda} = K_m \cdot A_\lambda \cdot \exp(-3,0 \cdot 10^{-2}h) \cdot \exp(1625/T_s) \text{ — при } h \geq 160 \text{ км; (2)}$$

$$M^0_{e,\lambda} = 5,4 \cdot 10^5 K_m \cdot A_\lambda \cdot \exp(-8,4 \cdot 10^{-2}h) \cdot \exp(1625/T_s) \text{ — при } 100 < h < 160 \text{ км,}$$

где  $K_m$  — коэффициент, учитывающий тип материала элемента поверхности КА (см. приложение А);

$A_\lambda$  — параметр, рассчитываемый по формулам (3); (4) для разных диапазонов длин волн, Вт·м<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>;

$$A_\lambda = 3,5 \cdot 10^{-4} \lambda^{3,0} \text{ — при } 0,38 \leq \lambda \leq 1,25 \text{ мкм; (3)}$$

$$A_\lambda = 5,25 \cdot 10^{-4} \lambda^{1,2} \text{ — при } 1,25 \leq \lambda \leq 1,9 \text{ мкм; (4)}$$

$h$  — высота орбиты, км;

$T_s$  — температура поверхности, К.

4.3 Энергетическую светимость  $M_e$  в ваттах на квадратный метр в различных областях спектра рассчитывают по формуле

$$M_e = M^0_e \cdot \cos^3 \theta_n, \quad (5)$$

где  $M^0_e = K_m \cdot A_{\Delta\lambda} \cdot \exp(-3,0 \cdot 10^{-2}h) \cdot \exp(1625/T_s)$  — при  $h \geq 160$  км,

где  $A_{\Delta\lambda} = 3,1 \cdot 10^{-5}$  Вт·м<sup>-2</sup> — при  $0,38 \leq \lambda \leq 0,78$  мкм (видимая область);

$A_{\Delta\lambda} = 7,7 \cdot 10^{-4}$  Вт·м<sup>-2</sup> — при  $0,78 \leq \lambda \leq 1,9$  мкм (ближняя ИК-область);

$M^0_e = K_m \cdot A_{\Delta\lambda} \cdot \exp(-8,4 \cdot 10^{-2}h) \cdot \exp(1625/T_s)$  — при  $100 < h < 160$  км,

где  $A_{\Delta\lambda} = 1,7 \cdot 10^{-1}$  Вт·м<sup>-2</sup> — при  $0,38 < \lambda < 0,78$  мкм (видимая область);

$A_{\Delta\lambda} = 4,2$  Вт·м<sup>-2</sup> — при  $0,78 < \lambda < 1,9$  мкм (ближняя ИК-область).

4.4 Светимость  $M_v$  в люменах на квадратный метр в видимом диапазоне (0,38—0,78 мкм) рассчитывают по формуле

$$M_v = M_v^0 \cdot \cos^3 \theta_n, \quad (6)$$

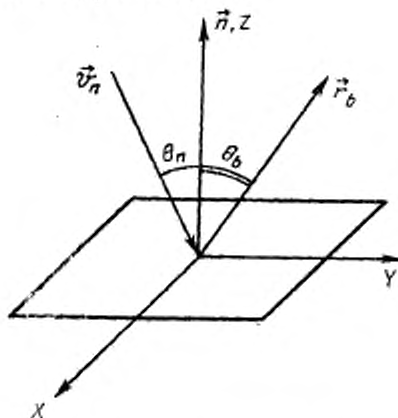
где  $M_v^0 = 4,6 \cdot 10^{-5} K_m \cdot \exp(-3,0 \cdot 10^{-2} h) \cdot \exp(1625/T_s)$  лм·м<sup>-2</sup> —  
при  $h \geq 160$  км;  
 $M_v^0 = 24,8 K_m \cdot \exp(-8,4 \cdot 10^{-2} h) \cdot \exp(1625/T_s)$  лм·м<sup>-2</sup> —  
при  $100 < h < 160$  км.

## 5 МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИКАТРИСЫ СИЛЫ ИЗЛУЧЕНИЯ КА РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ

5.1 Спектральную плотность силы излучения  $I_{e,\lambda}(\theta_b)$  в ваттах на стерадиан-микрометр плоского элемента конструкции КА, указанного на рисунке 2, рассчитывают по формуле

$$I_{e,\lambda}(\theta_b) = \frac{M_{e,\lambda}^0 \cdot A}{\pi} \cdot \cos^3 \theta_n \cdot \cos \theta_b, \quad (7)$$

где  $A$  — площадь элемента конструкции, м<sup>2</sup>;  
 $\pi$  — постоянная, равная 3,1415.



$\vec{n}$  — нормаль к поверхности КА;  
 $X, Y, Z, \vec{v}_n, \theta_n, \theta_b, \vec{r}_b$  — по разделу 2.

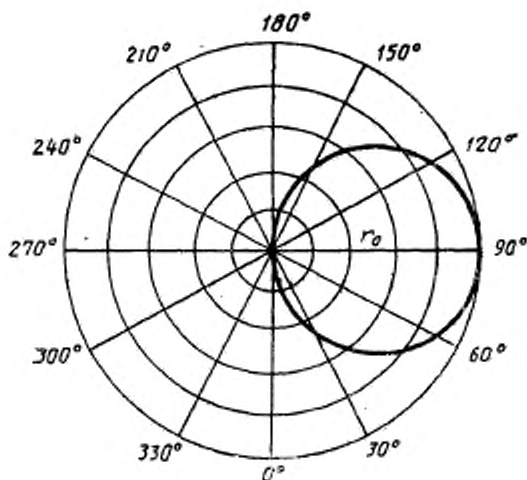
$$I_{e,\lambda}(\theta_b) = \frac{M_{e,\lambda}^0 \cdot A}{\pi} \cdot \cos^3 \theta_n \quad \text{— при } \theta_b = 0;$$

$$I_{e,\lambda}(\pi/2) = 0 \quad \text{— при } \theta_b = \pi/2.$$

Рисунок 2 — Геометрия обтекания и наблюдения свечения плоского элемента КА



5.2 Плоский элемент конструкции является равноярким излучателем с индикатрисой силы излучения, приведенной на рисунке 3.

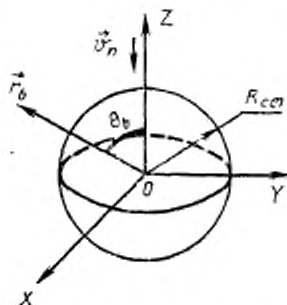


$r_0$  — максимальное значение силы излучения  
Рисунок 3 — Индикатриса силы излучения плоского элемента конструкции КА  $I_{e,\lambda}(\theta_b)$ .

5.3 Спектральную плотность силы излучения  $I_{e,\lambda}(\theta_b)$  в ваттах на стерадиан-микрометр КА сферической формы (рисунок 4) рассчитывают по формуле

$$I_{e,\lambda}(\theta_b) = \frac{M_{e,\lambda}^{II} \cdot R_{сф}^2}{\pi} \cdot \left\{ \frac{16}{15} \pi \cdot \cos \theta_b + 2 \left[ \sin \theta_b \int_{\pi/2-\theta_b}^{\pi/2} \cos^4 \theta \cdot \sin \theta \times \right. \right. \\ \times \sqrt{1 - (\operatorname{ctg} \theta \cdot \operatorname{ctg} \theta_b)^2} d\theta - \cos \theta_b \int_{\pi/2-\theta_b}^{\pi/2} \cos^5 \theta \cdot \operatorname{arc} \cos (\operatorname{ctg} \theta \times \\ \left. \left. \times \operatorname{ctg} \theta_b) d\theta \right] \right\}, \quad (9)$$

где  $R_{сф}$  — радиус сферы, м.



$X, Y, Z, \vec{r}_b, \vec{v}_n, \theta_b, \theta_n$  — по разделу 2;

$$I_{e,\lambda}(\theta_b) = \frac{16}{15} M_{e,\lambda}^0 \cdot R_{c\phi}^2 \quad \text{при } \theta_b = 0; \quad (10)$$

$$I_{e,\lambda}(\pi/2) = \frac{2}{5\pi} M_{e,\lambda}^0 \cdot R_{c\phi}^2 \quad \text{при } \theta_b = \pi/2 \quad (11)$$

Рисунок 4 — Геометрия обтекания и наблюдения свечения КА сферической формы

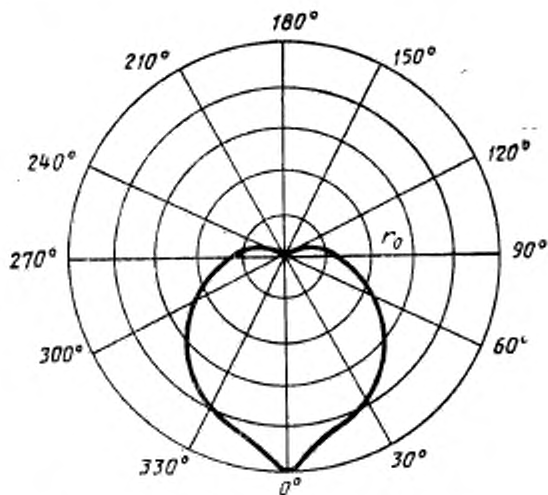
5.4 КА сферической формы не является равноярким излучателем. Индикатриса силы излучения сферы приведена на рисунке 5.

5.5 Спектральную плотность силы излучения  $I_{e,\lambda}^0(\theta_b)$  в ваттах на стерадиан-микрометр боковой поверхности КА цилиндрической формы (рисунок 6) рассчитывают по формуле

$$I_{e,\lambda}^0(\varphi_b, \theta_b) = \frac{M_{e,\lambda}^0}{4\pi} H_{\text{ц}} \cdot R_{\text{ц}} \cdot \sin\theta_b \cdot \sin\theta_b \left[ \frac{3}{2}(\pi - \varphi_b) \cos\varphi_b \cdot \right. \\ \left. + \cos^2\varphi_b \cdot \sin^3\varphi_b + \frac{3}{4} \cos\varphi_b \cdot \sin 2\varphi_b + \sin\varphi_b \right], \quad (12)$$

где  $R_{\text{ц}}$  — радиус цилиндра, м;

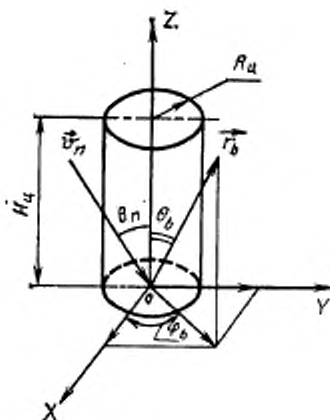
$H_{\text{ц}}$  — высота цилиндра, м.



$r_0$  — максимальное значение силы излучения;  
 $\Theta_0$  — по разделу 2.

$$(\Theta_0 = 0; r_0 = \frac{16}{15} M_{e,\lambda}^0 \cdot R_{сф}^2)$$

Рисунок 5 — Индикатриса силы излучения КА,  
 сферической формы  $I_{e,\lambda}(\Theta_0)$



$X, Y, Z, \vec{v}_n, \vec{r}_b, \theta_n, \theta_b, \varphi_b$  по разделу 2;

$$I_{e,\lambda}^G(0, \theta_b) = \frac{3}{8} M_{e,\lambda}^0 \cdot R_u \cdot H_u \cdot \sin^3 \theta_n \cdot \sin \theta_b \quad \text{при } \varphi_b = 0; \quad (13)$$

$$I_{e,\lambda}^G(\pi/2, \theta_b) = \frac{1}{4\pi} M_{e,\lambda}^0 \cdot R_u \cdot H_u \cdot \sin^3 \theta_n \cdot \sin \theta_b \quad \text{при } \varphi_b = \pi/2 \quad (14)$$

Рисунок 6 - Геометрия обтекания и наблюдения свечения КА цилиндрической формы

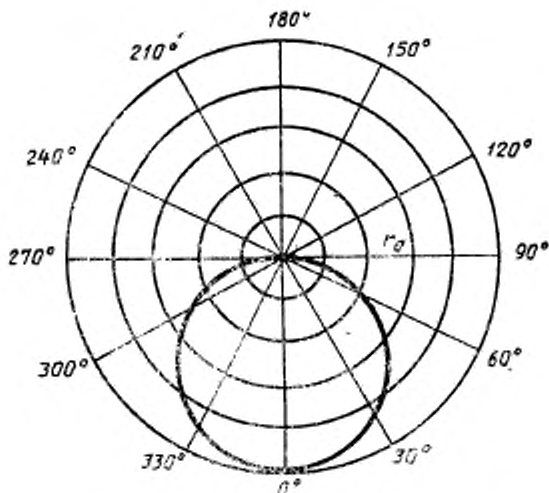
5.6 Спектральную плотность силы излучения  $I_{e,\lambda}^{\text{осн}}(\theta_b)$  в ваттах на стерадиан-микрометр основания КА цилиндрической формы рассчитывают по формуле

$$I_{e,\lambda}^{\text{осн}}(\varphi_b, \theta_b) = M_{e,\lambda}^0 \cdot R_u^2 \cdot \cos^3 \theta_n \cdot \cos \theta_b. \quad (15)$$

5.7 Суммарную спектральную плотность силы излучения  $I_{e,\lambda}(\varphi_b, \theta_b)$  в ваттах на стерадиан-микрометр КА цилиндрической формы рассчитывают по формуле

$$I_{e,\lambda}(\varphi_b, \theta_b) = I_{e,\lambda}^G(\varphi_b, \theta_b) + I_{e,\lambda}^{\text{осн}}(\varphi_b, \theta_b). \quad (16)$$

Основание цилиндра является равноярким излучателем, боковая поверхность — неравноярким излучателем. Индикатриса силы излучения КА цилиндрической формы для случая  $\theta_n = \pi/2$  приведена на рисунке 7.



$r_0$  — максимальное значение силы излучения;  
 $\theta_n, \varphi_n, \theta_b$  — по разделу 2.  
 $(\theta_n = \frac{\pi}{2}; \varphi_n = 0; \theta_b = \frac{\pi}{2} + \theta_n; r_0 = \frac{7}{8} M_{e,\lambda}^0 \cdot R_n \cdot H_n)$

Рисунок 7 — Индикатриса силы излучения КА цилиндрической формы  $I_{e,\lambda}(\theta_n)$

5.8 Спектральную плотность силы излучения  $I_{e,\lambda}(\varphi_n, \theta_n)$  в ваттах на стерадиан-микрометр КА конической формы (рисунок 8) рассчитывают по формуле

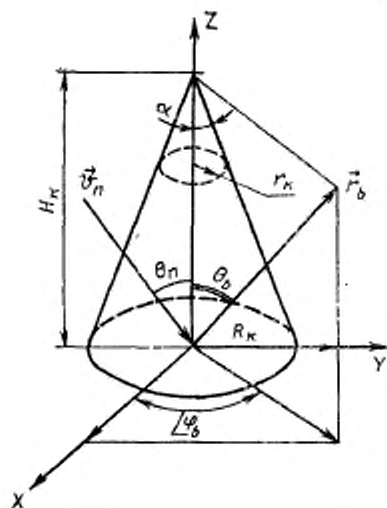
$$I_{e,\lambda}(\varphi_n, \theta_n) = \frac{M_{e,\lambda}^0}{\pi} H_k (R_k - \frac{1}{2} H_k \cdot \text{tg} \alpha) [F(\varphi_2) - F(\varphi_1)], \quad (17)$$

где  $R_k$  — радиус основания, м;

$H_k$  — высота конуса, м;

$F(\varphi_1), F(\varphi_2)$  — функция угла  $\varphi$ , общий вид которой определяет выражение (17.1);

аргументы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  в радианах определяются согласно выражению (17.3).



$H_k$  — высота конуса;  
 $R_k$  — радиус нижнего основания конуса;  
 $r_k$  — радиус верхнего основания усеченного конуса;  
 $\alpha$  — угол полураствора конуса;

$$\alpha = \text{arctg} \left( \frac{R_k}{H_k} \right) \text{ — для конуса;}$$

$$\alpha = \text{arctg} \left( \frac{R_k - r_k}{H_k} \right) \text{ — для усеченного конуса;}$$

$X, Y, Z, \vec{r}_n, \vec{r}_b, \theta_n, \theta_b, \varphi_b$  — по разделу 2

Рисунок 8 — Геометрия обтекания и наблюдения свечения КА конической формы

$$\begin{aligned}
 F(\varphi) = \frac{a_1}{4} \left( (\sin \varphi \cdot \cos^3 \varphi + \frac{3}{2} \varphi + \frac{3}{4} \sin 2\varphi) - \frac{a_2}{4} \cos^4 \varphi + a_3 (\sin \varphi - \right. \\
 \left. - \frac{\sin^3 \varphi}{3}) + \frac{a_4}{3} \cos^3 \varphi + a_5 \left( \frac{\varphi}{2} + \frac{\sin 2\varphi}{4} \right) + \frac{a_6}{2} \sin^2 \varphi + a_7 \sin \varphi - a_8 \cos \varphi + \right. \\
 \left. + a_9 \varphi, \right. \quad (17.1)
 \end{aligned}$$

где  $a_1, \dots, a_9$  — коэффициенты, определяемые по формулам (17.2)

$$a_1 = \sin^3 \theta_n \cdot \cos^4 \alpha \cdot \cos \varphi_b \cdot \sin \theta_b; \quad (17.2)$$

$$\begin{aligned}
 a_2 &= \sin^3 \Theta_n \cdot \cos^4 \alpha \cdot \sin \varphi_b \cdot \sin \Theta_b; \\
 a_3 &= \sin^3 \Theta_n \cdot \cos^3 \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \cos \Theta_b + 3 \sin^2 \Theta_n \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varphi_b \times \\
 &\quad \times \sin \Theta_b; \\
 a_4 &= 3 \sin^2 \Theta_n \cdot \cos \Theta_n \cdot \cos^3 \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \sin \varphi_b \cdot \sin \Theta_b; \\
 a_5 &= 3 \sin^2 \Theta_n \cdot \cos \Theta_n \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \Theta_b + 3 \sin \Theta_n \cdot \cos^2 \Theta_n \cdot \cos^2 \alpha \times \\
 &\quad \times \sin^2 \alpha \cdot \cos \varphi_b \cdot \sin \Theta_b; \\
 a_6 &= 3 \sin \Theta_n \cdot \cos^2 \Theta_n \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \varphi_b \cdot \sin \Theta_b; \\
 a_7 &= 3 \sin \Theta_n \cdot \cos^2 \Theta_n \cdot \cos \alpha \cdot \sin^3 \alpha \cdot \cos \Theta_b + \cos^3 \Theta_n \cdot \cos \alpha \cdot \sin^3 \alpha \cdot \cos \varphi_b \times \\
 &\quad \times \sin \Theta_b; \\
 a_8 &= \cos^3 \Theta_n \cdot \sin^3 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi_b \cdot \sin \Theta_b; \\
 a_9 &= \cos^3 \Theta_n \cdot \sin^4 \alpha \cdot \cos \Theta_b; \\
 \varphi_1 &= -\pi/2 + \varphi_b, \quad \varphi_2 = \pi/2 - \varphi_b \quad \text{при } \Theta_n \geq \alpha, \Theta_b \geq \alpha; \\
 \varphi_1 &= -\pi/2, \quad \varphi_2 = \pi/2 - \varphi_b \quad \text{при } \Theta_n \geq \alpha, \Theta_b < \alpha; \\
 \varphi_1 &= -\pi/2 + \varphi_b, \quad \varphi_2 = \pi/2 + \varphi_b \quad \text{при } \Theta_n < \alpha, \Theta_b \geq \alpha; \\
 \varphi_1 &= -\pi, \quad \varphi_2 = \pi - \varphi_b \quad \text{при } \Theta_n < \alpha, \Theta_b < \alpha.
 \end{aligned} \tag{17.3}$$

В частном случае, при продольном обтекании КА ( $\Theta_n = 0$ ;  $\varphi_b = 0$ )

$$I_{e,\lambda}(\Theta_b) = \frac{M_{e,\lambda}^0}{\pi} H_K \cdot (R_K - \frac{1}{2} H_K \cdot \operatorname{tg} \alpha) (2 \cos \alpha \cdot \sin^3 \alpha \cdot \sin \Theta_b + \pi \times \\
 \times \sin^4 \alpha \cdot \cos \Theta_b) \quad \text{— при } \Theta_b \geq \alpha;$$

$$I_{e,\lambda}(\Theta_b) = 2 M_{e,\lambda}^0 \cdot H_K \cdot (R_K - \frac{1}{2} H_K \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \sin^4 \alpha \cdot \cos \Theta_b \quad \text{— при } \Theta_b < \alpha.$$

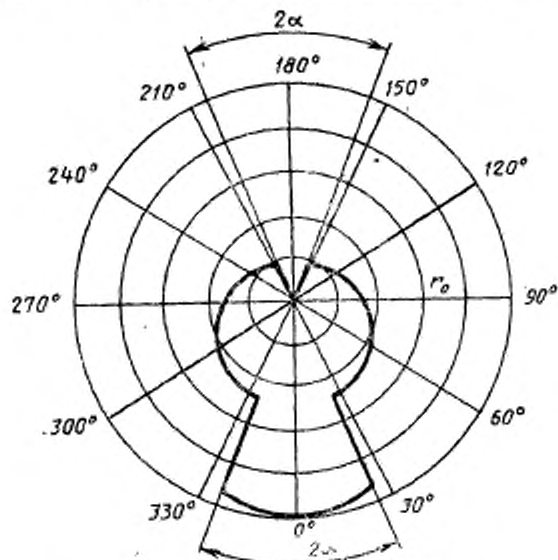
5.9 Спектральную плотность силы излучения  $I_{e,\lambda}(\varphi_b, \Theta_b)$  в ваттах на стерадиан-микрометр КА в форме усеченного конуса рассчитывают по формуле

$$I_{e,\lambda}(\varphi_b, \Theta_b) = I_{e,\lambda}^0(\varphi_b, \Theta_b) + M_{e,\lambda}^0 \cdot r_K^2 \cdot \cos \Theta_b, \tag{18}$$

где  $I_{e,\lambda}^0(\varphi_b, \Theta_b)$  — спектральная плотность силы излучения боковой поверхности усеченного конуса, Вт·ср<sup>-1</sup>·мкм<sup>-1</sup>. Определяют по формуле (17);  $M_{e,\lambda}^0$  — спектральная плотность энергетической светимости элемента поверхности КА при прямом падении потока частиц верхней атмосферы ( $\Theta_n = 0$ ), Вт·м<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>;

$r_k$  — радиус верхнего (меньшего) основания усеченного конуса, м.

5.10 Боковая поверхность конуса и малое основание усеченного конуса являются равнояркими излучателями. Индикатриса силы излучения КА конической формы приведена на рисунке 9.



$r_0$  — максимальное значение силы излучения;  
 $\alpha$  — угол полураствора конуса;  
 $\theta_0, \varphi_0$  — по разделу 2

[Продольное обтекание:  $\theta_0 = 0^\circ$ ,  $\varphi_0 = 0^\circ$ ,  $\frac{R_k}{H_k} = 0,5$ ,

$$r_0 = 2 M_{e,\lambda}^0 \cdot H_k \left( R_k + \frac{1}{2} H_k \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \right)$$

Рисунок 9 — Индикатриса силы излучения КА конической формы

5.11 При расчете силы излучения в отдельных спектральных диапазонах по формулам (7) — (18) спектральные величины  $M_{e,\lambda}^0$  заменяют на интегральные  $M_e^0$ , которые рассчитывают по формуле (5).



5.12 При расчете силы излучения КА сложных форм его конструкцию представляют в виде комбинации простых форм — плоскостей, сфер, цилиндров и конусов, а силы излучения отдельных элементов конструкции рассчитывают по формулам (7) — (18).

5.13 Основные источники погрешностей расчета плотности силы излучения и силы излучения в отдельных спектральных диапазонах связаны с типом материала, влиянием его на спектр свечения и погрешностями эмпирической модели свечения. Общая погрешность вычислений в пределах  $\pm 25\%$ .

5.14 Пример применения формул (7) — (18) для оценки возможности обнаружения КА на высотах 100—600 км наземными средствами наблюдения приведен в приложении Б.

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Поправочный множитель  $K_M$  для различных типов материалов внешних поверхностей КА

Тип материала	$K_M$
На основе $\text{SiO}_2$ (стеклоткани, солнечные батареи, силикатные покрытия)	1,00
Анодированные алюминиевые сплавы	0,93
Лакокрасочные покрытия	0,88
Полиэтилен	0,75
Полиамид (Kартон)	0,60

### ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

#### ПРИМЕР ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ НАБЛЮДЕНИЯ КА НАЗЕМНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Задано. Оценить возможность наблюдения КА цилиндрической формы с размерами  $R_K=1,0$  м,  $H_K=5,0$  м.

Ориентация КА:

- продольная ось на Землю;
- угол набегания потока частиц  $\Theta_n=\pi/2$ ;
- высота круговой орбиты  $H=250$  км;

— материал внешней поверхности — белая стеклоткань (оптические характеристики: коэффициент поглощения солнечного излучения  $\alpha_s = 0,25$ ; коэффициент теплового излучения  $\epsilon = 0,90$ );

— температура ткани (на теневой части витка) — 190 К (минус 83 °С);

— географические координаты пункта наблюдения (г Самарканд) — долгота 73,3°, широта 38,4° северной широты,

— время наблюдения (московское) на теневой части витка: 16 ч, 45 мин, 45 с — 16 ч, 49 мин, 45 с, 25.09.93 г.

Азимут, угол места, наклонная дальность объекта наблюдения и углы  $\varphi_b$ ,  $\theta_b$  заданы в таблице Б1 (результаты расчета по программе целеуказания).

Пороги обнаружения: видимая область (0,38—0,78 мкм) —

—  $1 \cdot 10^{-16}$  Вт·м<sup>-2</sup>;

ближняя ИК-область (0,78—1,9 мкм) —

—  $1 \cdot 10^{-17}$  Вт·м<sup>-2</sup>.

Таблица Б1

Время	Азимут, град. мин, с	Угол места, град, мин, с	Наклонная дальность, км	$\varphi_b$ , град	$\theta_b$ , град
16 ч, 45 мин, 45 с	330:15:10	11:08:21	952	342,45	109,25
16 ч, 46 мин, 15 с	335:21:56	16:16:12	752	337,28	112,53
16 ч, 46 мин, 45 с	344:30:48	23:53:24	567	328,27	118,38
16 ч, 47 мин, 15 с	3:54:15	35:05:10	419	309,02	128,06
16 ч, 47 мин, 45 с	45:05:12	43:11:47	358	267,98	135,45
16 ч, 48 мин, 15 с	85:51:07	34:50:30	422	227,35	127,84
16 ч, 48 мин, 45 с	104:55:57	23:41:59	571	208,40	118,23
16 ч, 49 мин, 15 с	143:57:03	16:08:43	756	199,52	112,44
16 ч, 49 мин, 45 с	149:00:14	11:02:59	956	194,59	109,20

### Оценка возможности наблюдения КА цилиндрической формы

Определяют энергетическую силу излучения  $I_{e,\Delta\lambda}(\varphi_b, \theta_b)$  в видимой и ближней ИК-областях спектра по формулам (2), (5), (12) с учетом требований 5.11 и исходных данных.

Определяют зависимость энергетической освещенности приемника станции наблюдения  $E_{e,\Delta\lambda}$  в Вт·м<sup>-2</sup> в видимой и ближней ИК-областях спектра от времени наблюдения по формуле

$$E_{e,\Delta\lambda} = \frac{I_{e,\Delta\lambda}(\varphi_b, \theta_b)}{l^2}, \quad (\text{Б1})$$

где  $I_{e,\Delta\lambda}(\varphi_b, \theta_b)$  — сила излучения, Вт·ср<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>;

$l$  — наклонная дальность, м (таблица Б1).

Результаты расчета приведены в таблице Б2.

Таблица Б2

Время	Энергетическая освещенность (видимая область) $E_{\text{виз}}$ , Вт·м <sup>-2</sup>	Энергетическая освещенность (ИК-область) $E_{\text{ИК}}$ , Вт·м <sup>-2</sup>
16 ч, 45 мин, 45 с	$6,6 \cdot 10^{-17}$	$1,6 \cdot 10^{-15}$
16 ч, 46 мин, 15 с	$1,2 \cdot 10^{-16}$	$3,0 \cdot 10^{-15}$
16 ч, 46 мин, 45 с	$2,4 \cdot 10^{-16}$	$5,8 \cdot 10^{-15}$
16 ч, 47 мин, 15 с	$4,3 \cdot 10^{-16}$	$1,1 \cdot 10^{-14}$
16 ч, 47 мин, 45 с	$2,9 \cdot 10^{-16}$	$7,2 \cdot 10^{-15}$
16 ч, 48 мин, 15 с	$8,6 \cdot 10^{-16}$	$2,2 \cdot 10^{-15}$
16 ч, 48 мин, 45 с	$3,3 \cdot 10^{-16}$	$7,9 \cdot 10^{-15}$
16 ч, 49 мин, 15 с	$2,4 \cdot 10^{-16}$	$5,8 \cdot 10^{-15}$
16 ч, 49 мин, 45 с	$3,0 \cdot 10^{-16}$	$7,5 \cdot 10^{-15}$

Из данных таблицы Б2 следует, что при заданных порогах обнаружения наблюдение КА в видимой области возможно во временном интервале 16 ч, 46 мин, 15 с — 16 ч, 47 мин, 45 с; в ближней ИК-области — в интервале 16 ч, 45 мин, 45 с — 16 ч, 48 мин, 15 с при азимуте и углах места в соответствии с таблицей Б1.

УДК 629.78:006.354

Т27

ОКСТУ 7609

Ключевые слова: КА, свечение, индикатриса силы излучения, наблюдение искусственных небесных тел, оптические помехи, бортовая оптическая аппаратура

Редактор *Т. С. Шехо*Технический редактор *Л. А. Кузнецова*Корректор *Р. А. Ментова*

Сдано в наб. 28.11.94 Подп. в печ. 01.02.95. Усл. печ. л. 1,16. Усл. хр.-отт. 1,16.  
Уч.-изд. л. 0,97. Тираж 252 экз. С 2059

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14,  
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 2434  
ПЛР № 040138