

В. А. Кудряшов, Ю. П. Шумилов (Москва, МИРЭА). **Методика расчета параметров оптико-электронных систем с учетом оптимизации обработки сигналов.**

Существующие методики расчета параметров оптико-электронных систем (ОЭС) не учитывают алгоритмы обработки информации, регистрируемой этими системами. Методика с учетом алгоритмов обработки и режимов наблюдения, как показано ниже, позволяет уменьшить размеры оптического тракта ОЭС при сохранении выполнения требований к функциональным возможностям.

Рассмотрим конкретный расчет для ОЭС среднего ИК диапазона. Сравним диаметр входной апертуры, рассчитанный без учета и с учетом оптимального алгоритма обработки с накоплением и без накопления кадров, процедуры, которая также является частью алгоритма обработки и обязательно должна учитываться при расчете элементов оптического тракта (ОТ) ОЭС. Имея в виду, что определяющими фонами в среднем ИК диапазоне является фон атмосферы и фон ОТ, запишем выражение для минимально обнаруживаемого сигнала [1] в виде

$$n_{c \min} = (1/\sqrt{2}A_1)\sqrt{A_2\bar{n}/N_k} \ln(\alpha/F), \quad (1)$$

где $A_1 = \sum_{i,j=1}^N g_c(i,j)g_m(i,j)/\sum_{i,j \in \Omega} g_c(i,j)$, $A_2 = \sum_{i,j=1}^N g_m^2(i,j)$, α — вероятность пропуска объекта, F — вероятность ложной тревоги, g_c — аппроксимирующий (гауссовский) профиль распределения интенсивности в сигнальном пятне, g_m — аппроксимирующий (гауссовский) профиль маски [1], \bar{n} — среднее суммарное количество фоновых фотоэлектронов, обусловленных атмосферой и ОТ, Ω — область, занимаемая пятном сигнала, N_k — количество пикселей, занимаемых пятном, (i, j) — номер пикселя, N_k — количество кадров.

Приравняв минимальный сигнал (1) к эквивалентной мощности шума (ЭМШ), который рассчитаем из порогового значения сигнала на апертуре, и выражая фоновые характеристики и ЭМШ в зависимости от диаметра входной апертуры, запишем уравнение относительно D :

$$F_h\tau_0\eta D^2 t/hc/\bar{\lambda} - 1/\sqrt{2}A_1 \sqrt{A_2 n_1 D^2 t/N_k} \ln(\alpha/F) = 0, \quad (2)$$

где F_h — плотность потока эквивалентного мощности шума, η — квантовый выход приемника, τ_0 — пропускание оптики, h — постоянная Планка, c — скорость света, $\bar{\lambda}$ — средняя длина волны в диапазоне 4,5–5,3 мкм, t — время накопления кадра, N_k — количество накопленных кадров,

$$n_1 = n_{1a} + n_{10} = \varepsilon_a F_a \eta t_0 \frac{1}{hc/\bar{\lambda}} + F_0 \eta \frac{1}{hc/\bar{\lambda}},$$

где F_a — плотность потока от атмосферы с температурой T , F_0 — плотность потока от составляющих элементов оптического тракта с учетом их излучательной способности и пропускания, ε_a — излучательная способность атмосферы. Решение уравнения (2) относительно D имеет вид

$$D = \left[\frac{\sqrt{A_2}}{A_1} \frac{1}{\sqrt{n-k}} \sqrt{\frac{n_1}{2t}} \ln(\alpha/F) hc/\bar{\lambda} \right] / [F_h \tau_0 \eta]. \quad (3)$$

Из (3) видно, что множитель $\sqrt{A_2}/A_1$ определяет качество алгоритмической обработки. При фильтрации гауссовской маской размером 3×3 пикселя размером $20''$ каждый, при определяемой экспериментально характеристикой сигнала FWHM (Full Width Half Maximum — полная ширина на половине максимума) = $30''$ и рассчитанным по ней [1] параметром маски $\sigma = 12,73''$ при $N_k = 100$, $\sqrt{A_2}/A_1 \cdot 1/\sqrt{N_k} \approx 0,214$.

Без обработки и накопления $\sqrt{A_2}/A_1 \cdot 1/\sqrt{N_k} = 3$, только с таким же накоплением $\sqrt{A_2}/A_1 \cdot 1/\sqrt{N_k} = 0,3$, т. е. предусмотренная алгоритмическая обработка позволяет почти в полтора раза уменьшить входную апертуру ОЭС. Для конкретных условий $\alpha = 0,05$, $F = 10^{-3}$, $\bar{\lambda} = 4,9 \cdot 10^{-4}$ см, $\tau_0 = 0,6$, $\eta = 0,7$, $\varepsilon_a = 0,3$, $t = 8 \cdot 10^{-3}$ с, $T_a = T_0 = 290^\circ$ К, $F_h = 0,362 \cdot 10^{-15}$ Вт/см², $F_a = 0,594 \cdot 10^{-12}$ Вт/см², $F_0 = 0,378 \cdot 10^{-12}$ Вт/см², получим в случае с алгоритмической обработкой и накоплением $D \approx 13$ см, без алгоритмической обработки с накоплением $D = 18$ см. Таким образом, показано, что новая методика с включением алгоритмической обработки дает существенный прогресс в оптимизацию построения ОЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакут П. А., Выгон В. Г., Турунов А. А., Шаргородский В. Д., Шумилов Ю. П. Анализ эффективности оптимального алгоритма обнаружения космических объектов по результатам этапа моделирования и программной реализации. — Электронные волны и электронные системы, 2011, т. 16, № 3.