

Макунин Р.Ш., Мушин А.Д.
 ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
 г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а
 makuninr@gmail.com

Энергетическая оптическая заметность летательных аппаратов

Уменьшение заметности авиационной техники является одной из важнейших задач по скрытию летательных аппаратов (ЛА) от обнаружения и позволяет применять постановщики помех с меньшей мощностью, использовать меньшее количество ложных целей и ловушек. Термин «оптическая заметность» является одним из основных параметров, характеризующих уровень оснащённости и боевых качеств современных объектов военной техники [1, 2].

Для уменьшения оптической заметности объектов в видимой области спектра возможно применение [1]:

- специальное окрашивание (имитирующее, деформирующее), использование не отражающей свет краски серого цвета;
- специальных маскирующих форм (изменение формы и внешнего вида);
- оптических искусственных масок (скрывающих, дезинформирующих);
- использование хлористой кислоты в выхлопных газах для снижения инверсионного следа (в бомбардировщике В-2 используется система обнаружения образования инверсии LIDAR (Light Detection And Ranging) – при образовании инверсионного следа система предупреждает об этом экипаж).

Для оценки практической значимости количественной меры оптической заметности объектов (ОЗО) и изучения свойств ОЗО и его влияния на видимость удаленных объектов проанализируем задачу обнаружения пространственно-протяженных объектов (ППО) с учетом ограниченной разрешающей способности средств наблюдения.

Полагая процесс формирования изображений линейным, можно записать выражение

$$Z(\mathbf{r}) = \begin{cases} L\{Y / \Gamma_1(\mathbf{r})\} : \Gamma_1, \\ L\{Y / \Gamma_0(\mathbf{r})\} : \Gamma_2, \end{cases} \quad (1)$$

где $Z(\mathbf{r}) = L\{Y(\mathbf{r})\}$ – доступное для последующей обработки изображение; \mathbf{r} – пространственная координата; L – линейный оператор системы формирования изображений; $Y(\mathbf{r})$ – зарегистрированное изображение, подлежащее обработке; Γ_1, Γ_2 – проверяемые гипотезы о наличии и отсутствии сигнала [3].

Как показано в монографии [3], квадрат параметра обнаружения объекта различными СН с точностью до постоянного множителя C можно оценить по формуле

$$q^2 = \frac{\bar{I}C}{R^2} \int \int_{-\infty}^{\infty} |K(\mathbf{v})|^2 T_{\Sigma}^2(\lambda R\mathbf{v}) d\mathbf{v}, \quad (2)$$

где R – дальность наблюдения; λ – средняя длина волны излучения; $K(\mathbf{v})$ – пространственный спектр распределения контраста

$$K(\mathbf{v}) = \int \int_{-\infty}^{\infty} K(\mathbf{r}) H_1(\mathbf{r}) \exp\{-j2\pi\mathbf{v}\mathbf{r}\} d\mathbf{r}, \quad (3)$$

$T_{\Sigma}(\lambda R\mathbf{v})$ – результирующая оптическая передаточная функция (ОПФ) системы дистанционного наблюдения (СН) и среды распространения.

С учетом гауссовской аппроксимации ОПФ

$$T_{\Sigma}^2(\lambda R\mathbf{v}) = \exp\left\{-2\pi\left[\Delta_x^2 v_x^2 + \Delta_y^2 v_y^2\right]\right\}, \quad (4)$$

где Δ_x, Δ_y – разрешающая способность прибора в пространстве объекта наблюдения [4].

Для СН с эффективным радиусом входного зрачка α разрешающую способность можно приближенно оценить по формуле

$$\Delta_x \approx \Delta_y \approx \lambda R / \sqrt{\pi \alpha} . \quad (5)$$

Анализ выражений (1)...(5) показывает, что при увеличении разрешающей способности СН ($\Delta_x, \Delta_y \rightarrow 0$) результирующая ОПФ стремится к единице ($T_\Sigma(\lambda R \mathbf{v}) \rightarrow 1$) и квадрат параметра обнаружения (1) (в соответствии с равенством Парсеваля) с точностью до постоянного коэффициента C_1 оказывается равным $P_{\text{ОЗО}}$

$$q^2 = C_1 P_{\text{ОЗО}} . \quad (6)$$

Это означает, что при высокой разрешающей способности СН, когда доступны для наблюдения детали текстуры объекта и фона, возможность обнаружения показателя потенциальной ОЗО – $P_{\text{ОЗО}}$.

В другом крайнем случае, когда дальность наблюдения R велика и ППО наблюдается в виде точки, выражение (1) можно приближенно записать в виде

$$q^2 = \frac{\bar{I} C_1 |K(O)|^2}{R^2} \int \int_{-\infty}^{\infty} T_\Sigma^2(\lambda R \mathbf{v}) d\mathbf{v} , \quad (7)$$

где $|K(O)|^2$ в соответствии с выражением (2)

$$|K(O)|^2 = \left| \int \int_{-\infty}^{\infty} K(\mathbf{r}) H_1(\mathbf{r}) d\mathbf{r} \right|^2 . \quad (8)$$

Из анализа выражений (5) и (2) следует вывод о том, что в качестве энергетической ОЗО, характеризующей возможность его обнаружения в случае, когда размеры объекта L_0 становятся меньше линейной разрешающей способности СН в пространстве объекта ($L_0 \ll \Delta$), можно принять величину

$$\mathcal{E}_{\text{ОЗО}} = \bar{I} \left| \int \int_{-\infty}^{\infty} K(\mathbf{r}) H_1(\mathbf{r}) d\mathbf{r} \right| , \quad (9)$$

то есть $\mathcal{E}_{\text{ОЗО}}$ пропорциональна среднему контрасту объекта.

Для скрытия оружия, военной техники и объектов от обнаружения ОЭС и защиты их от поражения боеприпасами, оборудованными оптико-электронными головками самонаведения (активными, пассивными, комбинированными), снижают уровень излучения и рассеяния ими световой энергии. Ввиду сложности явления ОЗО практически единственный возможный путь его изучения состоит в использовании метода математического моделирования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что потенциальная и энергетическая оптическая заметность объектов естественным образом связаны с параметром обнаружения q , который практически используется в качестве показателя оптической заметности объектов (ЛАЗ) при решении различных тактических и оперативно-тактических задач.

Литература

1. Леньшин А.В. Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – 590 с.
2. Леньшин А.В. Принципы построения авиационных комплексов радиоэлектронной борьбы. – Воронеж: ИПЦ Воронежского государственного университета, 2011. – 480 с.
3. Оптическая заметность летательных аппаратов: монография / В.А. Понькин и др.; под ред. В.А. Понькина и Э.В. Петещенкова. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2015. – 553 с.
4. Иванкин Е.Ф., Понькин В.А. Теоретические основы получения и защиты информации об объектах наблюдения. – М.: Горячая линия–Телеком, 2008. – 448 с.