

УДК 004.056.5

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ

Т.В. БОРБОТЬКО

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 30 ноября 2012

Предложена методика оценки эффективности спектрально-поляризационных имитаторов, применяемых для скрытия наземного объекта, позволяющая рассчитать дальность обнаружения и опознавания объекта на основе результатов лабораторных исследований коэффициента спектральной яркости средства защиты при известном значении спектрального коэффициента яркости фона, на котором размещается скрываемый объект.

Ключевые слова: оценка эффективности, спектрально-поляризационный имитатор, оптический канал утечки информации, коэффициент спектральной яркости, степень поляризации.

Введение

Информационная безопасность сегодня – важнейшая сфера деятельности человека, одним из основных направлений которой является защита сведений от утечки по техническим каналам, в частности оптическим, где информация представляется в виде физических полей видимого и ближнего инфракрасного диапазонов. Возникновение такого канала утечки обусловлено наличием средств дистанционного зондирования, способных регистрировать различия по яркости и степени поляризации между объектом и фоном, на котором он размещается [1], что позволяет реализовывать процесс его обнаружения. Возникновение контраста по яркости обусловлено отражением объектом и фоном электромагнитного излучения оптического диапазона, одинакового по спектральному составу, но различной интенсивности, в результате чего объект может быть темнее или светлее фона [2]. Степень поляризации излучения оптического диапазона соотносит поляризацию отраженного излучения этого диапазона с поляризацией линейно поляризованного излучения.

Одним из методов защиты объектов от обнаружения средствами дистанционного зондирования является их скрытие за счет использования оптических искусственных масок (спектрально-поляризационных имитаторов (СПИ)) [3]. Маскирующие свойства таких средств защиты характеризуются коэффициентом спектральной яркости (КСЯ) и степенью поляризации. Соответствие указанных параметров СПИ и окружающего фона, на котором обеспечивается скрытие объекта, позволяет снизить демаскирующие признаки СПИ и маскируемого объекта в целом. Основу для создания таких средств защиты составляют композитные материалы, имеющие, как правило, сложный состав, что существенно влияет на их спектрально-поляризационные, а соответственно и маскирующие свойства [4]. Таким образом, оценка эффективности СПИ, как средств снижения оптической заметности наземных объектов, является актуальной проблемой.

Целью данной работы являлась разработка методики, позволяющей выполнить расчет дальности обнаружения объекта скрытого СПИ, учитывающая КСЯ средства защиты и фона, на котором расположен объект, метеорологических условий его наблюдения и основных технических характеристик средств дистанционного зондирования.

Описание методики

Исследования отражательных свойств СПИ выполняется на лабораторном стенде, который содержит источник оптического излучения видимого и ближнего ИК-диапазонов длин волн и аппаратуру, позволяющую обеспечить регистрацию отраженного излучения при различных углах его падения и отражения (рис. 1). В результате первого этапа, с учетом используемой аппаратуры, записываются СПЭЯ исследуемого СПИ, обработка которых позволяет рассчитать КСЯ и степень поляризации отраженного оптического излучения.

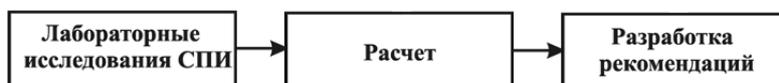


Рис. 1. Основные этапы оценки СПИ

На втором этапе рассчитываются дальности обнаружения и опознавания объекта наблюдения, скрытого СПИ, с учетом возможных условий наблюдения и основных технических характеристик средства дистанционного зондирования. Полученные результаты дают возможность проанализировать эффективность применения СПИ и разработать рекомендации по его дальнейшему использованию или усовершенствованию.

Для исследования СПИ используется лабораторный стенд, схема которого приведена ниже.

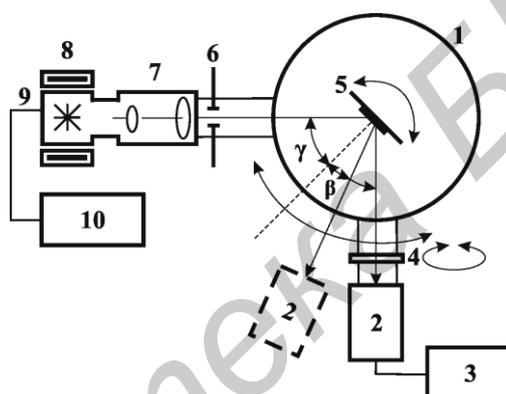


Рис. 2. Схема стенда для исследования СПИ:

- 1 – гониометр Г-5; 2 – спектро радиометр ПСР-2; 3 – персональный компьютер;
- 4 – поляризационная насадка; 5 – исследуемый объект; 6 - диафрагма; 7 – коллиматор;
- 8 – система охлаждения; 9 – лампа КГМ-250; 10 – блок питания

Спектро радиометр ПСР-02 позволяет регистрировать СПЭЯ СПИ в диапазоне длин волн 370...2500 нм с шагом 2,2 нм, а при использовании поляризационной насадки – СПЭЯ при различных положениях оси поляроида. Галогеновая лампа КГМ-250 применяется в качестве источника оптического излучения. Значения углов падения (β) и наблюдения (γ) отсчитываются от нормали к плоскости исследуемого объекта.

Для анализа спектров отражения и вычисления КСЯ исследуемого СПИ получают спектры отражения для эталонного образца, например выполненного на основе молочного стекла МС-20 с равномерной индикатрисой рассеяния при условиях измерений, аналогичных условиям для исследуемого СПИ. Коэффициент спектральной яркости вычисляется как отношение СПЭЯ СПИ к СПЭЯ материала с равномерной индикатрисой рассеивания.

Для описания состояния отраженного излучения рассчитываются параметры Стокса, для чего спектральные характеристики одного и того же СПИ регистрировались при трех различных ориентациях поляризационной насадки (0° , 45° и 90°) по отношению к нормали, таким образом, получаются следующие первичные параметры: I_0 , I_{45} , I_{90} – СПЭЯ для соответствующих ориентаций поляроида.

Вычисления параметров Стокса (L , Q , U , $V=0$) [5] выполнялись с использованием следующих математических выражений:

$$L = I_0 + I_{90},$$

где I_0 – СПЭЯ для ориентации оси поляроида 0° , I_{90} – СПЭЯ для ориентации оси поляроида 90° ,

$$Q = I_{90} + I_0,$$

$$U = I_0 + I_{90} - 2I_{45}.$$

На основе параметров Стокса рассчитывается степень поляризации (P) для исследуемых СПИ:

$$P = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{L}.$$

Для анализа спектральных зависимостей излучения, отраженного от исследуемых СПИ, рассчитываются значения яркостных и поляризационных контрастов в соответствии с выражениями:

$$K_L = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2}; K_P = \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2},$$

где L_1 и L_2 – КСЯ объектов, нормированный на их общий максимум, P_1 и P_2 – степень поляризации излучения объектов.

Индекс 1 присвоен характеристике СПИ, контраст которого оценивается, индекс 2 – фону, с которым сравнивается характеристика СПИ. На рис. 3, 4 представлены зависимости яркостного и поляризационного контрастов для композитных материалов. Образец 1 – молотый лавр (50% по массе) и акриловая зеленая краска (25% по массе), закрепленные в прозрачном силиконе (25% по массе); образец 2 – молотый лавр (50% по массе), закрепленный в прозрачном силиконе (50% по массе).

Расчет максимальной дальности обнаружения объекта, скрытого исследуемым СПИ, может быть выполнен по формуле [6]:

$$D = \frac{fh}{a} \cdot \frac{100}{\delta},$$

где f – фокусное расстояние объектива фотоприемного устройства, h – высота объекта, a – высота мишени матрицы ПЗС (прибора с зарядовой связью) фотоприемного устройства, δ – высота объекта в процентах в пересчете на высоту раstra фотоприемного устройства.

Процесс принятия решения оператором средства дистанционного зондирования включает в себя следующие взаимосвязанные этапы: обнаружение и опознавание объекта, которые принципиально отличаются друг от друга последовательным ростом предлагаемых информационных возможностей телевизионного наблюдения. В качестве критерия, позволяющего принимать решения об обнаружении и опознавании объекта, принято использовать штриховые миры, эквивалентные объекту [7]. Такой подход справедлив независимо от природы имеющегося сочетания различных дефектов получаемого изображения. Штриховая мира, эквивалентная объекту, является одной из мир набора, в котором полная ширина мир равна критическому размеру объекта, а длина соответствует размеру объекта в направлении, перпендикулярном критическому. Для решения задач обнаружения и опознавания объектов можно использовать широко известные критерии Джонсона, с учетом которых высота объекта в пересчете на высоту раstra фотоприемного устройства вычисляется по формуле: $\delta = \frac{n}{l} \cdot 100\%$, где n – количество штрихов эквивалентной миры, l – число активных строк в растре изображения.

При удалении объекта от фотоприемного устройства средства дистанционного зондирования существенное влияние на распространение электромагнитных волн оптического диапазона оказывает атмосфера, что приводит к уменьшению контрастности получаемого таким устройством изображения. Изменение контраста вдоль линии визирования описывается следующим выражением [8]:

$$K = K_0 \cdot e^{-\sigma R},$$

где K_0 – контраст объекта, R – расстояние до объекта, σ – коэффициент пропускания атмосферы.

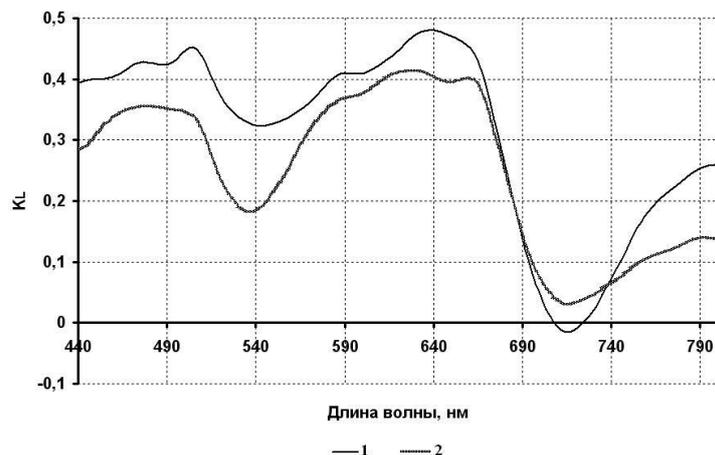


Рис. 3. Зависимость яркостного контраста образцов композитных материалов на фоне растительности от длины волны (угол наблюдения 50°): 1 – образец 1; 2 – образец 2

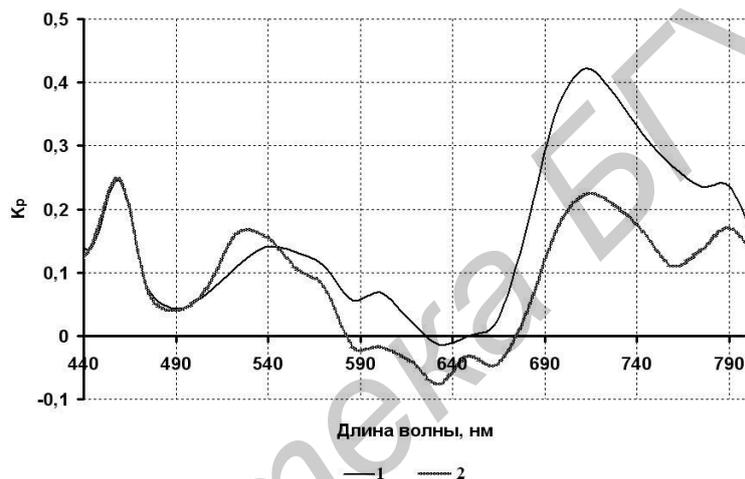


Рис. 4 Зависимость поляризационного контраста образцов композитных материалов на фоне растительности от длины волны (угол наблюдения 50°): 1 – образец 1; 2 – образец 2

Метеорологическая дальность видимости (МДВ) объекта наблюдения характеризуется параметром пропускания атмосферы. По определению за величину МДВ принимается такое расстояние, с которого черный объект виден с контрастом 2 %.

Контрастная чувствительность фотоприемного устройства средства дистанционного зондирования характеризуется величиной порогового контраста объекта, регистрацию которого способна осуществить такая система при заданном пороговом отношении сигнал/шум.

Для оценки достоверности принятия решения оператором вычисляется пороговый контраст фотоприемного устройства с использованием следующей формулы [9]:

$$K_{\text{пор}}^2 = \frac{2\Psi_{\text{пор}}^2}{E \cdot k_0 + k_{\phi} \cdot \left(\frac{D}{f}\right)^2 \cdot \tau \cdot N \cdot \eta \cdot \Delta^2 \cdot T_{\text{н}}},$$

где $\Psi_{\text{пор}}$ – пороговое отношение сигнал/шум; E – освещенность сцены; k_0 – КСЯ (степень поляризации) объекта; k_{ϕ} – КСЯ (степень поляризации) фона; D/f – относительное отверстие объекта фотоприемного устройства; τ – коэффициент пропускания объектива; η – квантовый выход матрицы ПЗС фотоприемного устройства; N – потенциально доступное ПЗС количество фотонов на площадке 1 см за время 1 с при освещенности 1 лк; Δ – площадь элемента разрешения; $T_{\text{н}}$ – время накопления ПЗС матрицы фотоприемного устройства [10].

Заклучение

Таким образом, разработанная методика оценки эффективности средств защиты информации от утечки по оптическим каналам позволяет рассчитать дальность обнаружения и опознавания наземного объекта, для скрытия которого используются СПИ природных сред с учетом их КСЯ и фона, а так же метеорологических условий наблюдения объекта и основных технических характеристик средства дистанционного зондирования. Полученные результаты дают возможность проанализировать эффективность СПИ для выбранного варианта применения и разработать рекомендации по его дальнейшему использованию или усовершенствованию.

EFFICIENCY ESTIMATION PROCEDURE OF INFORMATION PROTECTION MEANS FROM LEAKAGE ON OPTICAL CHANNELS

T.V. BORBOTKO

Abstract

Efficiency estimation procedure of the spectroscopic-polarisation simulators applied to concealment of land object is offered. It allows to count a picking-up range and the recognition of object on the basis of laboratory examinations effects of protection means spectroscopic luminance factor and known value of spectroscopic luminance factor of a ground surface on which the hidden object is disposed.

Список литературы

1. *Меньшаков Ю.К.* Защита объектов и информации от технических средств разведки. М., 2002.
2. *Лыньков Л.М., Беляев Б.И., Беляев Ю.В. и др.* // Сб. науч. статей Воен. акад. РБ. 2005. № 8. С. 74–76.
3. *Борботько Т.В., Колбун Н.В., Лыньков Л.М. и др.* Поглотители электромагнитного излучения. Применение в вооруженных силах. Минск, 2006.
4. *Али Хамза Абдулькадер Абдулькабер, Борботько Т.В., Лыньков Л.М.* Тепловые и оптические каналы утечки информации. Методы и средства защиты. Минск, 2012.
5. *Вандербилт В.С., Грант Л., Дотри К.С.Т.* // ТИИЭР. 1985. Т. 73, № 6. С. 72-85.
6. *Никитин В.В., Цыцулин А.К.* Телевидение в системах физической защиты: учеб. пособие. СПб, 2001.
7. *Колобродов В.Г., Лихолит Н.И., Овечкин В.С.* // Артиллерийское и стрелковое вооружение : Межд. науч.- техн. сб. 2004. № 2. С. 30–34.
8. *Ф. Ван де Биле.* Полупроводниковые формирователи сигналов изображения. М, 1979.
9. *Цыцулин А.К.* Телевидение и космос: учеб. пособие. СПб, 2003.
10. ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений.