

УДК 004.056.5

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО ТЕПЛОВЫМ КАНАЛАМ

АБДУЛЬКАДЕР ХАМЗА АБДУЛЬКАБЕР, Т.В. БОРБОТЬКО

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

*Поступила в редакцию 30 мая 2012*

Предложена методика оценки эффективности средств тепловой защиты, позволяющая рассчитать дальность обнаружения, опознавания и идентификации объекта наблюдения на основе результатов лабораторных измерений температуры поверхности модуля средства тепловой защиты и известном значении температуры поверхности защищаемого объекта.

*Ключевые слова:* оценка эффективности, средства тепловой защиты, тепловой канал утечки информации.

### Введение

При разработке технических средств защиты информации важной задачей является оценка их эффективности. Защита информации от утечки по тепловым каналам обеспечивается с использованием средств тепловой защиты (СТЗ). Для таких технических средств в качестве параметра, позволяющего оценить эффективность их применения, рассматривают тепловой контраст, характеризующий различие между температурами объекта наблюдения и фона, на котором он размещается [1]. Значения такого параметра позволяет определить дальность обнаружения объекта наблюдения конечного размера в коротковолновом и длинноволновом ИК-диапазонах длин волн при определенных метрологических условиях наблюдения и технических характеристиках тепловизионной техники.

В настоящее время для оценки эффективности СТЗ используются тепловые изображения объекта наблюдения, размещенного на некотором фоне, и этого же объекта, снабженного СТЗ на этом же фоне. Результат оценки получают в процессе сравнения значений тепловых контрастов объекта наблюдения в первом и втором случаях относительно некоторого фона. Такой вариант сравнения представляет собой частную оценку, которая является правомерной исключительно для используемого типа фона, условий наблюдения и характеристик тепловизора. Кроме того, реализация такого эксперимента требует больших финансовых средств, так как размеры используемого СТЗ значительные, а в случае неудовлетворительных результатов оценки возникает необходимость в изготовлении усовершенствованного комплекта СТЗ аналогичного размера. Проведение такого эксперимента может быть оправдано лишь в случае оценки эффективности СТЗ групповых объектов наблюдения и в случае необходимости учета отраженной компоненты ИК-излучения.

Целью данной работы являлась разработка методики, позволяющей выполнить расчет дальности обнаружения, опознавания и идентификации объекта наблюдения с учетом результатов изменения тепловых полей объекта и фона, на котором он расположен, метеорологических условий наблюдения и основных технических характеристик тепловизионной техники.

### Описание методики

Исследования изменения температуры поверхности модуля СТЗ выполняются на лабораторном стенде, который имитирует тепловое излучение объекта наблюдения, а также обеспе-

чивает требуемые скорости и направления движения воздушного потока в зоне размещения модуля СТЗ. В результате первого этапа записываются тепловые изображения, обработка которых позволяет получить средние значения температур поверхности модуля СТЗ за некоторое время наблюдения. На втором этапе рассчитываются дальности обнаружения, опознавания и идентификации объекта наблюдения, снабженного СТЗ, с учетом возможных погодных условий наблюдения, температуры поверхности фона и основных технических характеристик тепловизионной техники.

Для исследования модулей СТЗ используется разработанный лабораторный стенд. Стендовое оборудование позволяет обеспечить исследование изменения температуры поверхности модуля СТЗ в условиях его конвективного охлаждения при движении воздушного потока в зоне размещения модуля СТЗ с требуемой скоростью и направлением (рис. 1).

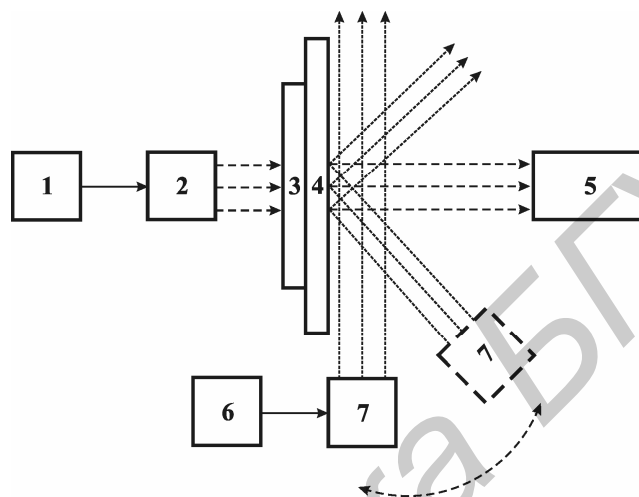


Рис. 1. Схема стенда для исследования СТЗ: 1 – источник питания; 2 – лампа КГ-220-1000-5; 3 – стальная пластина; 4 – исследуемый модуль СТЗ; 5 – тепловизор; 6 – источник питания; 7 – вентилятор

Основу стенда составляет источник ИК-излучения, состоящий из лампы КГ 220-1000-5 с источником питания и стальной пластиной (толщина 3 мм, коэффициент излучения  $\approx 0,9$ ). За счет лампы формируется тепловой поток, обеспечивающий нагрев стальной пластины, использование которой позволяет имитировать фрагмент корпуса объекта наблюдения. Температура поверхности стальной пластины регулируется за счет изменения напряжения питания лампы, что обеспечивает ее источник питания.

Исследуемый модуль СТЗ крепится в непосредственной близости от стальной пластины. Площадь модуля СТЗ должна быть в 1,5...2 раза больше аналогичного параметра стальной пластины, что обеспечит гарантированное экранирование источника ИК-излучения, который размещается по центру модуля СТЗ.

При исследовании СТЗ возможны следующие варианты функционирования источника ИК-излучения:

1. включение источника выполняется при условии, что модуль СТЗ уже установлен;
2. источник ИК излучения нагревается до требуемой температуры, после чего устанавливается модуль СТЗ.

Система конвективного охлаждения модуля СТЗ включает вентилятор с воздухопроводом, создающим направленное движение воздушного потока. Источник питания вентилятора позволяет регулировать скорость движения воздушного потока, а направление его движения задается за счет выбора местоположения вентилятора, что позволяет имитировать движение исследуемого модуля СТЗ в случае его размещения на подвижном объекте наблюдения. Для измерения скорости воздушного потока использовался чашечный анемометр МС-13. Измерение температурных полей дальнего ИК-диапазона выполнялось с использованием тепловизора MobIR M4.

Для модулей СТЗ с жидкостным охлаждением возможны следующие варианты подачи теплоносителя:

1. нагрев поверхности модуля СТЗ до полной стабилизации значения его температуры с последующей подачей теплоносителя;

2. одновременное включение источника ИК-излучения и подача теплоносителя в модуль СТЗ.

Для измерения температуры использовался тепловизор MobIR M4 (спектральный диапазон 8...12 мкм) с разрешением 0,12°C. Погрешность измерения абсолютных температур по абсолютно черному телу по всему полю зрения прибора составляла ±1°C.

Методика измерения температуры основана на дистанционном измерении тепловизором температурного поля, распределенного по поверхности исследуемого модуля СТЗ, между внутренней и наружной стороной которого создан перепад температур. Тепловизор устанавливают на расстоянии 2 м от источника ИК-излучения, что позволяет исключить влияние теплового потока, исходящего от оператора тепловизора, на температуру зоны проведения измерений. Максимальное расстояние, на котором возможно различить исследуемый объект, рассчитывается исходя из параметров, определяющих поле зрения тепловизора.

Для определения минимального размера исследуемого объекта, приходящегося на один пиксель детектора, использовалась утилита для расчета оптической системы тепловизора [2]. С учетом того, что в тепловизоре MobIR M4 используется матрица 160x120 пикселей, а оптическое поле его зрения по горизонтали и вертикали составляет 25x19°, минимальная наблюдаемая площадь объекта составит 0,5 см<sup>2</sup> при расстоянии до исследуемого объекта 2 м, что является достаточным для проведения исследований.

Тепловое изображение поверхности модуля СТЗ просматривают и снимают обзорные термограммы, выбрав базовый участок [3]. За базовый принимают участок модуля, имеющий линейные размеры свыше двух его толщин и равномерное температурное поле, которому соответствует минимальное значение выходного сигнала тепловизора.

Обзорные термограммы записываются с шагом через 1 с первые 10 с, после чего шаг увеличивается до 10 с, с которым сохраняются изображения при наблюдении за исследуемым объектом на интервале времени 10...60 с. После первой минуты наблюдения термограммы записываются с шагом 30 с. Во временном интервале наблюдения 5...10 мин шаг записи термограмм составляет 1 мин. При наблюдении за исследуемым объектом более 10 мин, шаг сохранения термограмм выбирается 10 мин. Данные особенности записи термограмм определены экспериментально и позволяют оценить процессы нагрева (охлаждения) модулей СТЗ при условии минимально необходимого количества обзорных термограмм.

Обзорные термограммы записываются на внутренний носитель тепловизора для последующей обработки с помощью специального программного обеспечения (СПО) в качестве которого использовался Guide IrAnalyser v.1.7. При помощи указанного СПО в процессе просмотра тепловых изображений модуля СТЗ выявляют участки с нарушенными теплозащитными свойствами. К ним относят участки, тепловое изображение которых не соответствует модели термограммы. Получение более контрастных изображений обеспечивается за счет выбора соответствующей палитры на панели палитр.

Для обнаруженного вышеуказанного участка выполняют расчет среднего значения температуры путем выделения интересующего фрагмента изображения построением по его контуру многоугольника. Расчет минимального, максимального и среднего значений температуры программа выполняет автоматически.

Расчет распределения температур по поверхности модуля СТЗ так же выполняется при построении термопрофиля. Для чего отмечается интересующая область изображения и отображается графическая зависимость температуры от координаты графического указателя типа «мышь» на изображении.

Расчет дальности обнаружения, опознавания и идентификация объекта наблюдения выполняются следующим образом. ИК-излучение от объекта наблюдения и фона, на котором он размещается, пройдя расстояние R через атмосферу с пропускной способностью  $\tau$  до тепловизора ослабляется. При этом начальное температурное различие между объектом и фоном  $\Delta T_0$  уменьшается до величины  $\Delta T$ , определяемой по формуле [4]:

$$\Delta T(R) = \Delta T_0 \cdot e^{-\sigma R},$$

где  $\Delta T_0$  – температурное различие между объектом и фоном;  $e^{-\sigma R} = \tau$ ;  $\tau$  – коэффициент согласно равный при хороших атмосферных условиях 0,2 км<sup>-1</sup>, при ограниченных – 1 км<sup>-1</sup>.

При вычислениях в качестве  $\Delta T_0$  принимается разность радиационных температур между объектом и фоном, т.к. тепловизор обеспечивает измерение радиационных температур. Одним из условий положительного решения задачи поиска объекта на фоне при помощи тепловизора является то, что величина  $\Delta T$  должна быть как минимум больше  $\Delta T_{пор}$ .

Приравнивая значения  $\Delta T$  и  $\Delta T_{пор}$ , можно найти максимальное расстояние  $R_{max}$ , с которого можно обнаружить объект на фоне при известном значении  $\tau$  или  $\sigma$  из условия, определяемого характеристикой NETD тепловизионной системы:

$$R_{max(NETD)} = \frac{\left[ \ln \left( \frac{\Delta T_{пор}}{\Delta T_0} \right) \right]}{-\sigma}.$$

Размер матрицы  $n \times m$  и угол поля зрения  $\theta$  (рад) определяют минимальную разрешающую способность тепловизионной системы, характеризуемую пространственной частотой  $\nu$ . Величина пространственной частоты для объекта наблюдения  $\nu_{об}$  находящегося в центре визирования с минимальным размером  $a$ , расположенного на расстоянии  $R$  от ИК-системы определяется из выражения:

$$\nu_{об} = \left( \frac{a}{R} \right)^{-1}.$$

Тогда вторым условием успешного решения задачи поиска объекта на фоне является неравенство  $\nu > \nu_{об}$ . Откуда максимальная дальность обнаружения объекта по пространственной частоте  $R_{max(\nu)} = a \cdot \nu$ .

Для каждой стадии поиска выделяют следующие условия:

- обнаружение (2...3 штриха эквивалентной миры);
- опознание (6...8 штрихов эквивалентной миры);
- идентификация (10...12 штрихов эквивалентной миры) [5, 6].

Количество штрихов эквивалентной миры определяется из выражения:  $\gamma = \frac{\nu}{\nu_{об}}$ , нера-

венство принимает вид:  $R_{max(\nu)} = \frac{a\nu}{\gamma}$ .

Далее методика оценки максимальной дальности обнаружения объектов с помощью тепловизора сводится к следующим этапам.

1. определение параметров предполагаемого тепловизора, которым будет выполняться процедура обнаружения: угол поля зрения  $\theta$ , температурная чувствительность  $\Delta T_n$ , размеры матрицы  $n \times m$ .

2. съемка исследуемого объекта при помощи тепловизора для определения его средней температуры и средней температуры фона.

3. определение наибольшей дальности обнаружения исходя из минимального значений  $R_{max}$  системы.

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{max(NETD)} = \frac{\left[ \ln \left( \frac{\Delta T_{пор}}{\Delta T_0} \right) \right]}{-\sigma}, \\ R_{max(\nu)} = \frac{a\nu}{\gamma} \end{array} \right.$$

$$R_{max} = \min \left\{ R_{max(NETD)}, R_{max(\nu)} \right\}$$

Имея исходное тепловое изображение объекта наблюдения, полученное при помощи тепловизора с известными характеристиками, возможно рассчитать дальность обнаружения данного объекта. При этом принимаются следующие допущения:

- для обнаружения объекта достаточно, чтобы его размер соответствовал одному элементу разрешения матрицы предполагаемого тепловизора;
  - размер объекта наблюдения принимается равным стороне квадрата с площадью, эквивалентной площади объекта;
  - пропускная способность атмосферы учитывается введением коэффициента  $\sigma$ ;
  - радиационная температура объекта принимается одинаковой по всей его излучающей в направлении тепловизора площади поверхности и имеет значение средней температуры по этой площади;
  - температура фона принимается одинаковой во всех точках и имеет значение средней температуры типового фона.
- Температура фона может быть определена в соответствии с [7] или с учетом [8].

### **Заключение**

Таким образом, разработанная методика оценки эффективности средств защиты информации от утечки по тепловым каналам позволяет рассчитать дальность обнаружения, опознавания и идентификации объекта наблюдения на основе результатов лабораторных измерений температуры поверхности модуля СТЗ с учетом температур поверхности защищаемого объекта и фона на котором он размещается, метеорологических условий наблюдения и основных технических характеристик тепловизионной техники. Полученные результаты дают возможность проанализировать эффективность СТЗ для выбранного варианта применения и разработать рекомендации по его дальнейшему использованию или усовершенствованию.

## **PROCEDURE OF AN ESTIMATE OF EFFICIENCY OF PROTECTION MEANS OF THE INFORMATION FROM LEAKAGE ON THERMAL CHANNELS**

ABDULKADER HAMZA ABDULKABER, T.V. BORBOTKO

### **Abstract**

The procedure of an estimate of efficiency of resorts of a thermal protection which is offered allows to carry out calculation of a picking-up range, the recognition and identification of installation of observation. Calculation is carried out on the basis of effects of laboratory measuring of temperature of a surface of the module of a resort of a thermal protection and at known value of temperature of a surface of defended installation.

### **Список литературы**

1. *Меньшаков Ю.К.* Защита объектов и информации от технических средств разведки. М., 2002.
2. Программа (утилита) для расчета оптики тепловизоров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.thermoview.ru/articles/fov/>.
3. ГОСТ 26629-85. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. М., 1985.
4. NATO STANAG 4347. Definition of nominal static range performance for thermal imaging systems, 1995.
5. *Ллойд Дж.* Системы тепловидения. М., 1978.
6. *Колобродов, В.Г., Лихолит Н.И., Овечкин В.С.* // Артиллерийское и стрелковое вооружение. 2004. №2. С. 30–34.
7. ГОСТ 25358-82. Метод полевого определения температуры. М., 1983.
8. Справочное пособие к СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология. М., 1989.