

К ВОПРОСАМ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ АНТИТЕПЛОВИЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ В РАМКАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

А.В. Павлов

ФГКОУ «Институт ФСБ России», г. Санкт-Петербург

Рецензент д-р техн. наук, профессор О.С. Дмитриев

Ключевые слова и фразы: антитепловизионная защита; контейнерный терминал; обеспечение безопасности.

Аннотация. Рассмотрены вопросы построения антитепловизионной защиты и возможность ее реализации в области обеспечения безопасности контейнерных терминалов. Данная защита позволяет значительно снизить тепловой контраст между окружающей средой и поверхностью, на которой она применяется, что существенно облегчает задачу противодействия актам незаконного проникновения на территорию терминала.

1. Введение

В настоящее время как на отечественных, так и на зарубежных рынках отмечается заметный интерес к технике, работающей в инфракрасной (ИК) области. Наиболее востребованными становятся ИК-камеры (другое название – тепловизор) со спектральным диапазоном электромагнитных волн 3...5,5 и 8...14 мкм. Подобная тепловизионная техника (ТТ) представлена широким модельным рядом и находит свое применение в различных сферах нашей жизни.

Тепловизионный метод контроля основан на том, что любые процессы, происходящие в природе и человеческой деятельности, сопровождаются поглощением и выделением энергии, при этом изменяется внутренняя энергия тела, которая в состоянии термодинамического равновесия пропорциональна температуре вещества. В результате этого, поверхности физических тел приобретают специфическое температурное распределение, которое, в свою очередь, позволяет фиксировать ТТ [1].

На фоне интенсивного развития технологий регистрации ИК-изображений (термограмм) активизируются процессы внедрения тепловизоров в периметральные охранные системы (ПОС) режимных объектов, в частности в ПОС контейнерных терминалов (КТ).

Павлов Антон Владимирович – преподаватель, ФГКОУ «Институт ФСБ России», e-mail: Tony2502@yandex.ru, г. Санкт-Петербург.

Тепловизионная техника позволяет обнаруживать злоумышленника днем и ночью при любых погодных условиях, эффективно следить за его передвижением даже на значительной дистанции и получать качественный материал при полном отсутствии освещения, что недоступно приборам ночного видения (ПНВ) и телевизионным камерам.

Но наряду с использованием тепловизоров, в ПОС КТ следует отметить возможность применения подобной техники непосредственно самими злоумышленниками как при попытке проникновения на территорию терминала, так и для сбора необходимой информации о расположении основных узлов ПОС и порядке функционирования ее элементов. Контроль с использованием ТТ формирует необходимость разработки средств антитепловизионной защиты (АТЗ) для основных «ИК-уязвимых» элементов ПОС КТ.

2. Постановка и решение задачи

«ИК-уязвимый» элемент – физическое тело, интенсивность теплового излучения поверхности которого составляет видимый контраст с температурой окружающей среды.

К основным стратегически важным «ИК-уязвимым» элементам ПОС КТ относятся:

- дежурная служба (операторы ТСО, техническая группа);
- пограничный дозор (старший смены, оператор, пеший патруль, маршрут которого позволяет осуществлять периодический контроль как внутренней, так и внешней территории КТ, но приоритет его внимания, в связи со спецификой службы, в большей степени уделен водной акватории);
- оперативные группы ФСБ, МВД, ВМФ (задействуются для нейтрализации злоумышленника после его обнаружения);
- тревожная группа (наряд частной охранной фирмы, базирующийся в непосредственной близости от терминала);
- технические средства охраны (ТСО), в частности средства наблюдения, точная информация о месте расположения которых открывает для злоумышленника наиболее уязвимые места для беспрепятственного проникновения на внутреннюю территорию КТ.

Коэффициент эффективности АТЗ данных элементов будет напрямую связан с уровнем эффективности всей ПОС КТ в целом.

Для определения основных направлений в реализации АТЗ необходимо обозначить принципы ее построения, на основе которых станет возможно смоделировать конструктивные особенности АТЗ применительно к специфике КТ.

Термограмма отображает ушедшее от объекта контроля (ОК) тепловое излучение, которое, в свою очередь, состоит из собственного теплового излучения ОК, отраженного теплового излучения от источника, расположенного рядом с ОК, и прошедшего теплового излучения от источника, расположенного за ОК [2].

Математически это выглядит так

$$W_{\text{соб}} + W_{\text{отр}} + W_{\text{пр}} = W_{\text{уш}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{соб}}$ – мощность собственного теплового излучения ОК, Вт/м²; $W_{\text{отр}}$ – мощность отраженного теплового излучения от источника, расположенного рядом с ОК, Вт/м²; $W_{\text{пр}}$ – мощность прошедшего теплового излучения от источника, расположенного за ОК, Вт/м²; $W_{\text{уш}}$ – мощность ушедшего от ОК теплового излучения, Вт/м².

Большинство физических тел являются непрозрачными для ИК-излучения (для них $W_{\text{пр}} = 0$). В настоящей статье речь идет о АТЗ для людей и техники (для них $W_{\text{пр}} = 0$), поэтому основу $W_{\text{уш}}$ применительно к данной группе ОК составит $W_{\text{соб}}$ и $W_{\text{отр}}$. При этом в большинстве случаев $W_{\text{отр}}$ будет незначительным, но, тем не менее, должно быть учтено при разработке АТЗ.

Для эффективной реализации АТЗ можно использовать несколько способов. Первый способ заключается в отражении исходящего от ОК теплового излучения с помощью специальных покрытий с низким коэффициентом излучения. Из курса по ИК-термографии известно, что

$$\varepsilon + \rho = 1, \quad (2)$$

где ε – коэффициент собственного теплового излучения; ρ – коэффициент отраженного теплового излучения; то есть чем меньше ε , тем больше ρ , и как следствие сильнее отражающие свойства поверхности материала [2, с. 96]. К материалам с низким ε относятся:

- электролитическая полированная медь – 0,006;
- чистая, тщательно подготовленная медь – 0,008;
- платина – 0,016;
- полированное золото – 0,018;
- полированная медь – 0,02;
- полированная латунь – 0,03;
- алюминиевая фольга – 0,04.

Наиболее оптимальной основой для реализации АТЗ в первом приближении удобно использовать алюминиевую фольгу. Так как данный материал достаточно эластичен и легок, его удобно транспортировать и хранить, а развертывание АТЗ на его основе составит доли минуты.

В Чеченской Республике боевики использовали фольгу при строительстве блиндажей и схронов. Фольга укладывалась слоями между пакетами бревен, делая подобные места «ИК-невидимыми» для вертолетов, оснащенных ТТ.

Второй способ заключается в уменьшении теплового контраста между поверхностью ОК и температурой окружающей среды. Для этого используем формулу, выражающую закон Стефана–Больцмана, которая показывает, что плотность мощности излучения, испускаемая абсолютно черным телом (АЧТ) в диапазоне длин волн от нуля до бесконечности, пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры [3]:

$$W_{\text{АЧТ}} = \sigma T^4, \quad (3)$$

где $W_{\text{АЧТ}}$ – мощность излучения АЧТ, Вт/м²; σ – постоянная Стефана–Больцмана ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴)); T – абсолютная температура, К.

Но для того чтобы формула (3) удовлетворяла условиям данной статьи (ОК – техника и люди), ее необходимо модифицировать применительно

но для непрозрачных тел. Для этого следует ввести коэффициент излучения и представить T^4 в виде температурного контраста между поверхностью ОК и температурой среды. Получаем:

$$W_{p.t} = \varepsilon\sigma(T^4 - T_0^4), \quad (4)$$

где $W_{p.t}$ – мощность излучения реального тела, Вт/м²; ε – коэффициент собственного теплового излучения; T_0 – температура окружающей среды, К.

В итоге, если выровнять температуру окружающей среды и температуру поверхности ОК, то мощность теплового излучения ОК будет равна нулю. Математически это выглядит так: если $T^4 - T_0^4 = 0$, следовательно, $W_{OK} = \varepsilon\sigma \cdot 0 = 0$, где W_{OK} – мощность излучения ОК.

Практически реализовать данный способ АТЗ можно, используя специальный теплоизоляционный материал, позволяющий обеспечить на внешней стороне покрытия температуру, равную температуре среды.

Известно, что мощность теплового потока (интенсивность теплопередачи) в стационарном режиме пропорциональна коэффициенту теплопроводности материала, площади сечения, через который протекает тепловой поток, и разнице температур между соответствующими точками объекта. Эта величина обратно пропорциональна толщине объекта, или расстоянию между вышеуказанными точками [4, с. 34]:

$$q = Q/(At) = \lambda(T_1 - T_2)/L, \quad (5)$$

где Q – мера энергии, Дж; A – площадь поперечного сечения, м²; λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К); $T_1 - T_2$ – разница температур, К; L – расстояние между точками, обменивающимися тепловой энергией, м.

Из формулы (5) видно, что на интенсивность теплопроводности влияют четыре параметра. Среди них для реализации АТЗ, в рамках определенной группы ОК, наибольшее значение имеет коэффициент теплопроводности. Следовательно, равенства температуры поверхности ОК и окружающей среды можно добиться за счет низкой теплопроводности используемого материала (теплоизолятора).

К основным теплоизоляторам относятся:

- ксенон – 0,0051 Вт/(м·К);
- аргон – 0,018 Вт/(м·К);
- воздух (в состоянии покоя) – 0,025 Вт/(м·К);
- минеральная вата – 0,04 Вт/(м·К).

В данном случае, среди указанных выше теплоизоляторов наиболее оптимальным по своим характеристикам для реализации АТЗ является воздух. Следовательно, структура теплоизоляционного материала должна включать пустоты в виде ячеек, которые его содержат. Сами ячейки целесообразно выполнять из пенополиэтилена высокого давления, так как данный материал способен «держат» вакуум, легок и пластичен. Эффективность АТЗ будет зависеть от количества подобных слоев с разряженным пространством между ними.

Немаловажное значение имеет дистанция, с которой злоумышленник осуществляет контрнаблюдение. Средняя модель портативного наблюдательного тепловизора на основе неохлаждаемой болометрической тепло-

визионной матрицы формата 320×240 элементов (размер пикселя – 50 мкм), с фокусным расстоянием 65 мм, имеет следующие возможности [5]:

Характеристика тепловизора, м	Человек	Автомобиль
Детекция	1,450	4000
Классификация	370	1040
Идентификация	185	530

При этом результаты, указанные в таблице, достигаются при идеальных условиях для наблюдения, которые на практике встречаются крайне редко. Это объясняется фактором влияния атмосферы, под воздействием которой происходит ослабление $W_{\text{уш}}$ от ОК, вследствие чего снижается контраст изображения и искажается его пространственная структура. Учитывая данные особенности распространения ИК-излучения, можно выявить некоторые закономерности в изменении качества изображения, которые в свою очередь определяют зависимость интенсивности АТЗ от дистанции наблюдения. Если контрнаблюдение осуществляется с расстояния более 500 м, с учетом использования злоумышленником тепловизора с фокусным расстоянием до 100 мм, интенсивность АТЗ может быть незначительной и ограничиваться для персонала охраны КТ специальным термобельем.

Но если контрнаблюдение ведется со средней дистанции (50–150 м) и ближе, необходимо применять весь потенциал АТЗ, синтезируя рассмотренные в статье принципы ее построения в одном исполнении.

На практике реализовать вышеуказанные принципы построения АТЗ «ИК-уязвимых» элементов ПОС КТ можно в следующей форме:

– для людей: бесформенные накидки с капюшоном, перчатки, защиту для лица в виде специального прозрачного свеса или маски;

– для ТВ-камер: специальные термокожухи, внутренняя стенка которых проклеена термоизоляционным материалом, отвечающим необходимым требованиям, рассмотренным в данной статье. Внешняя поверхность должна иметь минимальный коэффициент поглощения теплового излучения, чтобы минимизировать нагрев камеры. Из формулы (2) следует, что низкий коэффициент поглощения предполагает наличие высокого коэффициента отражения, который в свою очередь может выдать местоположение камеры. Его следует компенсировать за счет создания диффузности поверхности кожуха, устраняющей нежелательную фокусировку отраженного от него теплового излучения.

3. Заключение

Подводя итоги вышесказанного, следует отметить, что вопросы построения и реализации АТЗ «ИК-уязвимых» элементов ПОС КТ, рассмотренные в статье, не исчерпывают весь перечень данной тематики. В настоящее время осуществляются лишь первые шаги в оснащении КТ различной ТТ, а в части, касающейся разработки и применения АТЗ, присутствуют немалые пробелы, данная область не проработана даже на научном уровне. Тем не менее, подобные технологии широко применяются в

военной сфере, формируя необходимый опыт для возможного анализа и разработки собственных модификаций АТЗ, соответствующих специфике охранной деятельности.

В данной статье рассмотрены лишь некоторые принципы построения АТЗ «ИК-уязвимых» элементов ПОС КТ, но этого материала вполне достаточно для разработки первых образцов подобного снаряжения и формирования перспективных направлений научной деятельности в сфере «ИК-невидимости».

В последующей работе не стоит ограничиваться исследованиями в сфере ИК-диапазона, необходимо прорабатывать возможные варианты в других областях электромагнитного спектра, создавая многоканальные системы защиты, способные значительно повысить уровень безопасности КТ и других режимных объектов.

Список литературы

1. Ковалев, А.В. Возможности методов неразрушающего контроля / А.В. Ковалев, А.А. Ковалев // Мир и безопасность. – 2007. – № 2. – С. 10–21.
2. Госсорг, Ж. Инфракрасная термограффия: основы, техника, применение / Ж. Госсорг. – М. : Мир, 1988. – 416 с.
3. Вавилов, В.П. Тепловизоры и их применение / В.П. Вавилов, А.Г. Климов. – М. : Интел универсал, 2002. – 88 с.
4. Вавилов В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля : справочник. – М. : Машиностроение, 1991 г. – 240 с.
5. Тепловизионные камеры в системах обеспечения безопасности [Электронный ресурс] : реклам. буклет / FLIR Systems. – Режим доступа : http://www.flir.com/uploadedFiles/Eurasia/MMC/Comm_sec/SS_0022_RU.pdf. – Загл. с экрана.

On the Construction and Implementation of Anti-Thermal Protection to Ensure the Security of Container Terminals

A.V. Pavlov

Institute of Russian Federal Security Service, St. Petersburg

Key words and phrases: anti-thermal imaging protection; container terminal; security.

Abstract: The article reveals the problems of construction of anti-thermal imaging protection and the possibility of its implementation to ensure the security of container terminals. This type of protection makes it possible to reduce considerably the thermal contrast between the environment and the surface, which greatly simplifies the task of countering acts of unlawful entry into the territory of the terminal.

© А.В. Павлов, 2012