

ТЕПЛОВИЗОРЫ НА РЫНКЕ ОХРАННЫХ СИСТЕМ

О. Вовк

На рынке аппаратуры для обеспечения безопасности объектов определенную область занимают тепловизоры. Со временем информация о тепловизорах все больше накапливается благодаря выставкам, публикациям в профильных журналах, рекламе на сайтах поставщиков. Однако подробных аналитических обзоров на эту тему немного, поэтому мы решили подобно остановиться на этом вопросе.

Появление тепловизоров на рынке охранных систем имеет те же истоки, как и видеокамеры. И то и другое – продукты работы оборонной отрасли, в 1990-х годах по конверсии хлынувшие на открывшийся рынок общедоступных систем безопасности. Только если камеры видеонаблюдения по качественным и особенно ценовым характеристикам весьма неплохо адаптированы к запросам и возможностям весьма широкого круга потребителей, то тепловизоры остаются в большей степени изделиями для спецподразделений, особо охраняемых объектов и т.п., на оснащение и охрану которых могут быть выделены весьма значительные средства. И дело здесь не в капризах рынка. Только под давлением рыночной экономики эти приборы стали бы давно более доступными. Как будет описано ниже, вопрос здесь как в технических, так и в политических аспектах.

Уже практически всем хорошо известно, что тепловизоры фиксируют тепловое излучение, что обеспечивает возможность визуализации изображения не только в полной темноте, но и при густом тумане, в снег, дождь, за листвой деревьев (рис. 1а и б). Обсудим подробнее, каким образом это достигается.

ИЗЛУЧЕНИЕ, ФИКСИРУЕМОЕ ТЕПЛОВИЗОРАМИ

Тепловизоры фиксируют излучение инфракрасной области спектра, или так называемое тепловое излучение. Как известно, тепловым излучением обладают любые предметы, температура которых отличается от абсолют-

ного нуля. Все предметы излучают тепловое (инфракрасное) излучение с несколько разной длиной волны, т.е. с разной энергией. Это и позволяет идентифицировать объекты, а, следовательно, затем их визуализировать. Поэтому тепловизор фиксирует объекты даже в абсолютной темноте, никакой вообще, даже минимальной, фоновой подсветки для работы тепловизора не требуется. Инфракрасное (невидимое человеческому глазу), или тепловое, излучение делится на коротковолновое с длиной волны $\lambda = 0,76 - 2,5$ мкм, средневолновое $\lambda = 2,5 - 5$ мкм и длинноволновое $\lambda = 5 - 14$ мкм.

Напомним, что видимое излучение, фиксируемое камерами видеонаблюдения, часто называемое светом, это электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. Это излучение характеризуется длинами волн в диапазоне от 380 нм до 760 нм. Максимум чувствительности глаза расположен в «зеленой» области 550 нм непрерывного спектра солнечного излучения.

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕПЛОВИЗОРОВ

Тепловизионное наблюдение, как и наблюдение в видимом спектре излучения с помощью столь широко применяемых видеокамер, основано на применении чувствительных матриц. Оба эти направления берут свое начало в оборонном комплексе. В 80-90-е годы XX века, благодаря интенсивному развитию микроэлектроники, были созданы чувствительные к излучению матрицы элементов, позволяющие визуализировать изображения предметов, с которых на эти матрицы попадает излучение.

Как известно, все чувствительные к излучению приемники по принципу действия можно разделить на две большие группы: тепловые и фотонные.

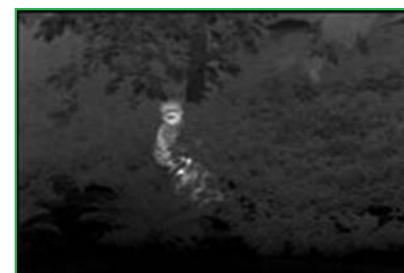
Фотонные приемники подразделяют на детекторы, основанные на:

а) внешнем фотоэффекте (фотоэлектронные умножители и вакуумные фотоэлементы, электронно-оптические преобразователи)

Рис. 1а. Изображение, полученное с помощью обычной видеокамеры



Рис. 1б. Изображение, полученное с помощью тепловизора



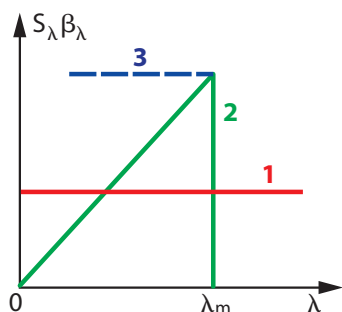


Рис. 2

- б) внутреннем фотоэффекте (фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и т.п.).

ТИПЫ ТЕПЛОВИЗОРОВ

Тепловизоры подразделяются по типу чувствительного элемента.

В тепловизорах с так называемым тепловым чувствительным элементом используются в качестве чувствительного элемента болометры.

В тепловизорах с чувствительным элементом на основе внутреннего фотоэффекта в качестве чувствительного элемента используются полупроводниковые матрицы из материалов, чувствительных к инфракрасной области спектра.

Для начала охарактеризуем эти чувствительные элементы в общих чертах.

Сравнение чувствительности тепловых фотоприемников и фотоприемников на основе полупроводниковых фоточувствительных матриц на основе внутреннего фотоэффекта приведено на рисунке 2 (1 - тепловые приемники, 2 - фотонные приемники). В силу объективных причин, связанных с особенностями физических процессов работы микроболометрических чувствительных элементов (поглощение широкополосного излучения и высокий уровень шумов), обнаружительная способность этих приборов на порядок меньше, чем обнаружительная способность полупроводниковых фоточувствительных матриц, работающих на основе внутреннего фотоэффекта, чувствительных к излучению с определенной длиной волны.

Чтобы оценить различия между тепловизорами, изготовленными на тех и других чувствительных элементах, оценим их обнаружительную способность.

Обнаружительная способность полупроводниковых фоточувствительных элементов колеблется в пределах 10^9 - 10^{15} см Гц^{1/2} В⁻¹.

Обнаружительная способность болометров колеблется в пределах 10^7 - 10^8 см Гц^{1/2} В⁻¹.

Помимо того, что это очень существенное различие само по себе, из сравнения этих величин сразу очевидно следует, что при фиксировании объекта, расположенного на различных расстояниях от тепловизора, следует использовать тепловизор с определенным чувствительным элементом.

Болометры применяются в ИК-системах наблюдения и распознавания объектов на небольших расстояниях (до 2 км). Изначально тепловизоры на основе болометров

были разработаны для ИК-прицелов, биноклей, систем ИК-обзора для транспортных средств, беспилотных малогабаритных систем ИК-наблюдения.

Тепловизоры на основе полупроводниковых чувствительных элементов с высокой обнаружительной способностью обеспечивают «видимость» на десятки километров и применяются в серьезных комплексах.

ТЕПЛОВИЗОРЫ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ ФОТОПРИЕМНИКОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Принцип действия тепловых фотоприемников основан на регистрации изменения свойств материала при изменении его температуры вследствие поглощения оптического излучения. Существуют различные типы тепловых фотоприемников, основанных на различных эффектах. Среди них наиболее распространены:

- болометры, использующие изменение сопротивления тонкой металлической, полупроводниковой или сверхпроводящей пленки;
- термоэлектрические детекторы типа термопар или термостолбиков, использующие эффект возникновения термо-ЭДС на контактах двух металлов;
- пирозлектрические приемники, основанные на пирозлектрическом эффекте в ферроэлектрических кристаллах вблизи температуры Кюри;
- оптико-акустические приемники (ОАП), называемые иногда пневматическими ИК-детекторами, или элементами Голея, использующие периодическое расширение и сжатие газа при его нагреве от модулированного по амплитуде оптического излучения, поглощаемого тонкой мембраной.

Широко распространен метод, когда для измерений суммарной энергии с помощью излучения используют явление изменения электрического сопротивления термочувствительного элемента при нагревании его вследствие поглощения измеряемого потока излучения. Этот принцип лежит в основе работы болометров. Чтобы с помощью болометра определить спектральный состав излучения, его используют вместе со спектрометром. Для спектральных измерений чувствительный элемент болометра изготавливают в виде двух одинаковых полосок. Излучение направляется на один элемент, а другой служит для компенсации изменений температуры окружающей среды и помех. Термочувствительный элемент обычно представляет собой тонкий (0,1-1 мкм) слой металла (никель, золото, висмут и др.), поверхность которого покрывается слоем черни, имеющим большой коэффициент поглощения в широкой области длин волн, или полупроводник с большим температурным коэффициентом сопротивления (0,04-0,06° С и более), или же диэлектрик. Исторически тепловые фотоприемники появились до полупроводниковых приемников оптически-

го излучения, основанных на генерации электронно-дырочных пар. Болометры, как и все тепловые приемники, являются широкополосными приемниками излучения постоянной интенсивности. Так как в болометрах используется термочувствительный элемент, то они применяются именно как приемники инфракрасного (теплого) излучения.

Болометры работают обычно охлажденными. Это существенно уменьшает их стоимость.

Стандартные размеры чувствительной матрицы болометров – 320 × 240 или 160 × 120, при этом разрешение получается одинаковым, но, как и в случае с видеокамерами, большая матрица позволяет захватить большую область обзора с наименьшими искажениями. Матрицы большего размера дорогие. Сейчас наметилась тенденция перехода к матрицам размера 640 × 480.

Технология создания болометров (VOx-микроболометров) за рубежом была разработана Honeywell в середине 1980-х годов по контракту с US Department of Defense. Затем с 1990-х этой технологией располагают компании Raytheon, Flir, BAE Systems, L-3 Communications, DRS Technologies, Infrared-Vision Technologies Corp., NEC, Institut National d'Optique (INO), ULIS.

В настоящее время эти технологии постоянно развиваются, в научно-технических изданиях много публикаций по усовершенствованию и выбору оптимальной технологии. Существо вопроса сводится к следующему. Как уже упоминалось, каждый элемент чувствительной матрицы микроболометра состоит из тонкого слоя температурно-чувствительного слоя, нанесенного на подложку для тепловой изоляции. Температурно-чувствительный элемент, например, на основе модификаций оксида ванадия VOx, и два электрода связывают температурно-чувствительный материал и схему считывания на подложке. Излучаемая ИК-энергия, получаемая каждым детектором микроболометра, увеличивает температуру детектора. Изменение в температуре наводит изменение в сопротивлении каждого детектора, что регистрируется мультиплексирующей интегрированной схемой, размещенной на той же полупроводниковой подложке. Важным фактором достижения высоких технических характеристик микроболометрических матриц является выбор термочувствительного слоя, имеющего высокий температурный коэффициент сопротивления (ТКС) и низкий уровень избыточного шума, а также обеспечивающего хорошее поглощение излучения в рабочей спектральной области. Чувствительность главным образом ограничивается теплопроводностью каждого пикселя. Скорость работы определяется отношением тепловой емкости и теплового сопротивления. Снижение тепловой емкости увеличивает не только скорость работы, но и тепловые флуктуации – шумы. Увеличение теплопроводности повышает скорость работы, но снижает чувствительность (а для то-

го, чтобы она возросла, нужно повышать ТКС и базовое сопротивление).

Высоким ТКС обладают полупроводниковые пленки. Подход к решению некоторых проблем VOx-микроболометров основан на применении аморфного (некристаллического) кремния в качестве термочувствительного материала. Аморфный кремний характеризуется более высоким значением ТКС, что дает более высокий уровень чувствительности. Однако аморфный кремний имеет более высокое базовое сопротивление, поэтому возникает проблема согласования высокого выходного импеданса с входным импедансом считывающих микросхем. Также полупроводникам присущи избыточные токовые шумы. В связи с этим выбор материала чувствительного элемента является многоплановой задачей.

Существенно увеличить коэффициент поглощения инфракрасного излучения позволяют многослойные так называемые сэндвичные структуры. Сэндвичи, построенные в виде оптических резонаторов, поглощают 80% излучения на длине волны 8 мкм. Может быть достигнуто поглощение плоскостных структур 50-80% в полосе 8,5-10 мкм.

Таким образом, подбор оптимальной технологии создания чувствительного элемента болометра продолжается.

Изображение, визуализируемое с помощью тепловизоров на основе болометров, имеет такой же вид, как и изображение, получаемое с помощью тепловизоров, основанных на полупроводниковых матрицах.

ТЕПЛОВИЗОРЫ НА ОСНОВЕ ВНУТРЕННЕГО ФОТОЭФФЕКТА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В полупроводниках при прохождении в них электромагнитного излучения (в том числе оптического) генерируются свободные электроны. При внутреннем фотоэффекте для собственного поглощения энергии фотона должна быть не меньше ширины так называемой запрещенной зоны полупроводника (E_g), т.е. для собственного поглощения фотонов с образованием электронно-дырочных пар должно выполняться условие:

$$h\nu = E_g;$$

где $h\nu$ – энергия фотона;

ν – частота излучения ($\lambda = c/\nu$);

h – постоянная Планка;

c – скорость света;

λ – длина волны излучения.

Длинноволновая граница фотопроводимости определяется соотношением:

$$\lambda = hc / E_g = 1,24 / E_g (\text{эВ}).$$

Это максимальная длина волны излучения, которое будет поглощено полупроводником с данной шириной запрещенной зоны с образованием электронно-дырочных пар.

Различные полупроводниковые материалы имеют различную ширину запрещенной зоны. Следовательно, различные материалы преобразуют в электрические сигналы излучение с различной длиной волны. На рисунке 3 приведены спектральные характеристики фотоприемников из различных полупроводниковых материалов. Мы видим, что все они чувствительны к излучениям с различной длиной волны. Для фиксации видимого спектрального диапазона применяется самый дешевый и самый широко распространенный на Земле материал – кремний. Фоточувствительные матрицы на его основе применяются в камерах видеонаблюдения. Максимум спектральной характеристики кремниевых приборов расположен на длине волны $\lambda = 0,85$ мкм – в ближней ИК-области.

Учитывая вышеизложенное, становятся понятными истоки идей создания тепловизоров. Это регистрация дальнего невидимого глазу ИК-излучения с длиной волны 1,0-14 мкм, используя полупроводниковые материалы с соответствующей этому спектру излучения шириной запрещенной зоны, в основном антимонид и арсенид индия, PbSe, а также теллурид ртути и кадмия. Как уже упоминалось, любой предмет, температура которого отлична от абсолютного нуля, дает тепловое излучение. Причем у различных предметов – различное излучение: лес, вода, дорога, стена, дом, человек, одежда человека, различные части лица человека и пр. Существуют даже тепловые карты местности (рис. 4). В этом состоит революционный прорыв, совершенный с разработкой тепловизоров.

Таким образом, тепловизор не передает видимые контуры лица человека, а показывает распределение температуры на лице. Если, например, приложить руку к груди, а затем убрать ее, то тепловизионное

изображение зафиксирует ваш образ с «платерней» на груди. Человеческий глаз или обычная камера видеонаблюдения ничего подобного не отразит. То есть тепловизионное изображение часто отражает не очень привычную для нас реальность. Вот почему широко распространены конструкции, содержащие обычную видеокамеру и тепловизор в одном корпусе и транслирующие два изображения.

Чем более чувствителен, т.е. более качественный и дорогой, тепловизор, тем с большей точностью он фиксирует распределение температуры. Один из основных параметров, характеризующих качество тепловизоров, – обнаружительная способность.

ОБНАРУЖИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТЕПЛОВИЗОРОВ

Для инфракрасных детекторов наиболее часто применяемым критерием качества является удельная обнаружительная способность (D^*).

$$D^* = A^{1/2} B^{1/2} / NEP \text{ [см Гц}^{1/2} / \text{Вт]},$$

где NEP – среднеквадратичная мощность падающего излучения, необходимая для получения отношения «сигнал/шум», равного 1 В в полосе частот 1 Гц;

A – площадь фотоприемника,

B – ширина полосы пропускания 1 Гц,

На рисунке 6 представлены типичные значения обнаружительной способности фоторезисторов и фотодиодов. На рисунке фотодиоды обозначены ФД. На длинах волн вблизи 0,5 мкм наиболее высокой эффективностью обладает фоторезистор на CdS, в то время как на $\lambda = 10$ мкм предпочтительны фоторезисторы HgCdTe. Это очень дорогостоящие материалы, их соединения получают в результате сложнейших технологических процессов. Поэтому стоимость фоточувствительных элементов на их основе на несколько порядков выше кремния, что в первую очередь отражается на стоимости тепловизоров.

Очень важно отметить, что обнаружительная способность инфракрасных фотодетекторов отличается на несколько порядков в зависимости от типа полупроводникового материала. Для различных типов кремниевых фоточувствительных матриц, применяемых для визуализации видимого излучения в видеокамерах, такого различия, разумеется, не наблюдается.

Необходимо отметить также, что для детектирования излучения в среднем, дальнем и сверхдальнем ИК-диапазонах фоторезисторы охлаждаются до низких температур (77 К и 4,2 К). При таких температурах уменьшаются тепловые эффекты,

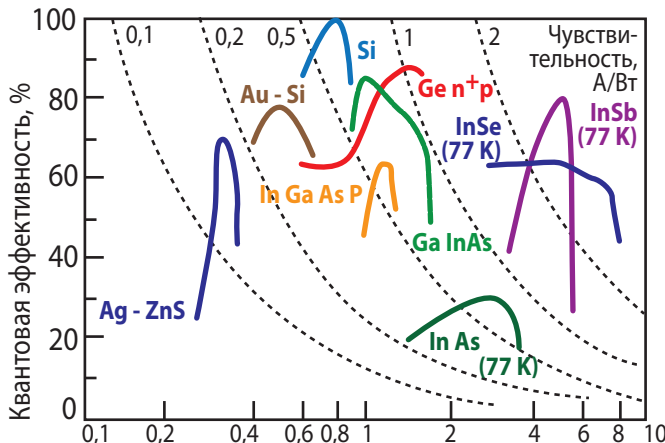


Рис. 3

Рис. 4



вызывающие тепловые шумы, и увеличиваются усиление и эффективность детектирования. Чаще всего для этих целей применяются электрические микрокриогенные установки, функционирующие по циклу Сплит-Стирлига. Это существенно увеличивает стоимость тепловизоров.

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ТЕПЛОВИЗОРОВ

Так же как и фоточувствительные матрицы камер видеонаблюдения, фоточувствительные матрицы тепловизоров имеют различное число чувствительных элементов (пикселей) и характеризуются различной разрешающей способностью. Чем больше разрешающая способность, тем дороже тепловизор. Современные технологии позволяют изготавливать полупроводниковые тепловизионные матрицы и с мегапиксельным разрешением. Однако их применение на гражданском рынке охранных систем ограничено и ценовыми и политическими факторами.

НЕКОТОРЫЕ АНАЛОГИ

В этом месте хотелось бы обсудить оборудование, в какой-то степени схожее с тепловизорами.

Во-первых, это всем широко известная ИК-подсветка. Кремниевые матрицы, применяемые в камерах видеонаблюдения, имеют спектральную характеристику, включающую в себя как видимый диапазон ИК-излучения, так и ближнюю невидимую ИК-область (рис. 5). Именно в ближней ИК-области осуществляется работа ИК-подсветки. Причем наличие всем хорошо известного красного цвета, присутствующего при работе некоторых ИК-подсветок, обусловлено размытостью спектра источника излучения, работающего не строго на одной длине волны, а имеющего, так же как и фотоприемник, определенную спектральную характеристику, захватывающую видимую красную область.

Обсуждая работу обычных видеокамер на основе кремниевых матриц с ИК-подсветкой, необходимо отметить также следующее. На рисунке 6 приведены спектральные характеристики обычной матрицы фирмы Sony и матрицы Sony HAD. Из характеристик видно, что смещение максимума чувствительности на 50-60 нм привело к относительному увеличению чувствительности на основных длинах волн ИК-осветителей: 880 нм с 13-15 до 23-25% и 940-950 нм с 7-8 до 10-12% от максимума. Поэтому при выборе видеокамер, работа которых предполагается с использованием ИК-подсветки, предпочтение следует отдавать камерам с матрицей SONY ExView HAD ПЗС, не из-за чувствительности вообще, а из-за повышенной чувствительности в ИК-диапазоне. С учетом общего увеличения чувствительности, безусловно, эти камеры более эффективны при использовании ИК-подсветки. На рисунке 8а приведено изображение, полученное с помощью тепловизора, а на рисунке 8б приведено изображение, полученное с помощью обычной видеокамеры при ис-

пользовании ИК-подсветки.

Во-вторых, тепловизоры относятся к так называемым приборам ночного видения. К этому же классу приборов относятся и приборы на основе электронно-оптических преобразователей (ЭОПов). На их основе производят ночные бинокли, прицелы, монокуляры и пр. Эти изделия широко распространены в продаже, их достаточно давно продают в магазинах «Охотник» и пр. Они существенно дешевле тепловизоров. Приборы на основе электронно-оптических преобразователей (ЭОПов) изготовлены на основе фоточувствительных элементов, работающих также на основе фотонного эффекта. В отличие от тепловизоров, ЭОПы работают на основе внешнего фотоэффекта. Электронно-оптические преобразователи (ЭОПы) – оптические приборы с очень высоким коэффициентом усиления. ЭОП содержит фотокатод, преобразующий слабые световые потоки в потоки электронов, усиливает эти электронные потоки, бомбардируемый электронным потоком люминесцентный экран, на котором воспроизводится усиленное изображение. Поэтому изображение, получаемое при помощи электронно-оптических преобразователей, имеет зеленый цвет. Однако, в отличие от тепловизоров, для работы приборов на основе ЭОПов требуется хотя бы незначительная подсветка. Иногда достаточно неполной луны или просто звездной ночи (за городом).

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ОХРАННЫХ СИСТЕМ

Учитывая все вышеизложенные принципы и особенности работы тепловизоров, можно перейти к анализу тепловизоров на российском рынке охранных систем.

С одной стороны, российский рынок, как активно развивающийся, интересен для многих иностранных производителей. С другой стороны, так как тепловизионные приборы являются, прежде всего, высокотехнологичной продукцией, поставка качественных изделий в Россию ограничена.

Очень часто в силу специфики теплового изображения, которое часто затрудняет идентификацию местности, для визуального восприятия, для охранного наблюдения, для ведения боевых действий и специальных операций в корпусе тепловизора вмонтирована цветная видеокамера. Пример такой конструкции приведен на рисунке 8. На рисунке приведен тепловизор с видеокамерой марки Oculus RC-5126, транслирующий 9 к/с и 25 к/с как опцию, производимый фирмой Infinity и распространяемый в России фирмой СТА+. Цена такого тепловизора с короткофокусным объективом (5,8 мм) около 35 тыс. евро, а с длиннофокусным (25 мм) объективом – 44 200 евро.

Фирма CBC GANZ Computar поставляет также в одном корпусе качественную камеру видеонаблюдения с ИК-подсветкой и тепловизор, называемый C-allview. Тепловизор в этом случае стоит 55 000 долларов.

Достаточно качественные израильские

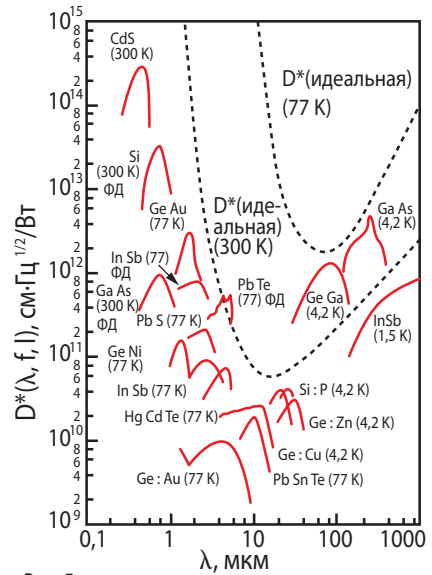


Рис. 5

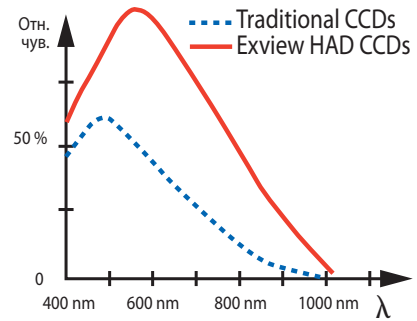


Рис. 6

тепловизоры распространяет в России компания ООО «Эл Би Скай Глобал» – подразделение холдинга Group LB. Эта компания поставляет тепловизоры с фоточувствительным элементом как на основе охлаждаемых полупроводниковых матриц, так и на основе болометров. Тепловизор марки EYE SES имеет фоточувствительный элемент на основе болометров, работающий в диапазоне длин волн от 7 до 14,0 мкм, дальность действия до 1 км. Тепловизор EYE SEC может быть установлен на управляемую поворотную платформу для обеспечения наблюдения в радиусе 360°. Для обнаружения целей на расстоянии не менее 1 км и их последующего распознавания на расстоянии порядка 500 м тепловизор EYE SEC оснащается 75-миллиметровой моторизированной линзой, обеспечивающей поле зрения по горизонтали 6,1° и по вертикали в 4,6°. Стоимость этого тепловизора 15 000 долларов.

Эта же компания поставляет тепловизионный модуль POP (Plug-in Optronic Payload), который представляет собой охлаждаемый тепловизор 3-го поколения и цветную видеокамеру высокого разрешения, установленные в одном корпусе на гиростабилизированной поворотной платформе. Чувствительная охлаждаемая матрица на основе антимонида индия InSb фиксирует излучение с длиной волны 3-5 мкм. Дальность действия такого тепловизора до 6 км, стоимость этого модуля 400 000 долларов.

Тепловизоры этого поставщика транслируют информацию со скоростью 25 к/с

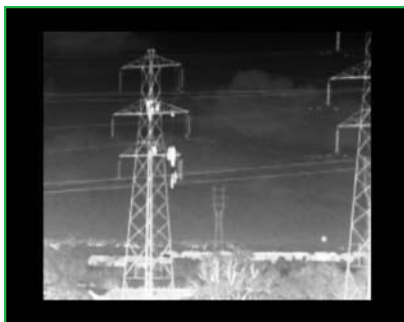


Рис. 7а

без каких-либо ограничений.

На российском рынке охранных систем очень активную позицию занимает американская компания FLIR Systems, производящая тепловизоры. Ее официальный представитель в России – компания «Мир Диагностики» – представляет большой спектр тепловизионного наблюдательного оборудования, начиная от мультисенсорных систем и заканчивая тепловизионными OEM-модулями.

Среди недорогих устройств можно выделить тепловизор PathFindIR. Данный прибор разработан преимущественно для применения на автомобилях и спецтехнике, и выполнен в ударопрочном, водонепроницаемом корпусе с функцией подогрева защитного кремниевое стекла. Стоимость такого тепловизора составляет около 4300 евро.

Для компаний-интеграторов «Мир Диа-



Рис. 7б

гностики» предлагает специальные тепловизионные OEM-модули, как на основе неохлаждаемых микроболометрических матриц – Photon, так и на основе охлаждаемых приемников на внутреннем фотоэффекте – MCT 1500/3000, Mini-Core HRC.

Представленные наблюдательные системы на опорно-поворотных устройствах подразделяются по дальностям действия, от чего зависит и стоимость.

Системы ближней и средней дальности PTZ-50 MS и PTZ-35x140 MS соответственно на основе неохлаждаемых тепловизоров позволяют обнаружить человека на расстояниях до 2 км.

HRC-U MS – мультисенсорная система на основе охлаждаемого тепловизора. Она позволяет обнаружить человека на расстоянии до 16 км. Помимо тепловизионной камеры, дан-



Рис. 8

ная система оснащается видеокамерой, лазерным дальномером и цифровым компасом.

Для авиационного применения на бортах вертолетов, самолетов и БПЛА компания «Мир Диагностики» предлагает аналогичные по характеристикам мультисенсорные авиационные гиросtabilизированные системы UltraForce. Основная их задача – это компенсация вибраций летательного аппарата для получения стабильного изображения на мониторе. Стоят такие системы несколько сотен тысяч евро.



Мир Диагностики



Официальный представитель FLIR Systems в России

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОВИЗОРЫ



PathFindIR

Тепловизор для установки на автомобиль и спецтехнику



Photon

Неохлаждаемый тепловизионный OEM-модуль



MCT 1500 / 3000

Охлаждаемый тепловизионный OEM-модуль с переключаемыми полями зрения



UltraForce 350

Авиационная гиросtabilизированная наблюдательная система (точность стабилизации < 25 мкрад)



HRC MCT MS

Мультисенсорная тепловизионная система (обнаружение человека до 13 км)



HRC-U/S MS

Мультисенсорная тепловизионная система (обнаружение человека до 16 км)



НОВЫЙ ПРОДУКТ!

Mini-Core HRC

Охлаждаемый тепловизионный OEM-модуль с вариообъективом

Телефон: +7(495) 921-29-42
Факс: +7(495) 921-29-43

Сайт: www.diaworld.ru
E-mail: diaworld@diaworld.ru

Адрес: 125212, Россия, Москва,
ул. Адмирала Макарова, д. 8