Министерство внутренних дел Российской Федерации
Главное управление вневедомственной охраны

УТВЕРЖДЕНО
Заместителем начальника
ГУВО МВД России
генерал-майором полиции
А.В. Грищенко
8 декабря 2015 г.

Применение оборудования охранных телевизионных систем в условиях ограниченной видимости или других дестабилизирующих факторов

Рекомендации

Р 78.36.049-2015

Москва 2015

Рекомендации разработаны сотрудниками ФКУ НИЦ «Охрана» МВД России: А.А. Михайловым, А.В. Котельниковым, Ю.В. Тарасовой, М.В. Ванжа под руководством к.т.н. А.А. Никитина и к.т.н. А.Г. Зайцева.

Применение оборудования охранных телевизионных систем в условиях ограниченной видимости или других дестабилизирующих факторов. (Р 78.36.049-2015). – М.: НИЦ «Охрана», 2015. – 111 с.

В работе описаны физические принципы работы технических средств, позволяющих вести наблюдение за объектами в условиях ограниченной видимости, их тактико-технические характеристики, достоинства и недостатки данных устройств, их потенциальные возможности на основе физических принципов работы, критерии выбора данных устройств исходя из технико-экономических показателей и особенностей их работы, методы построения систем охранных телевизионных (СОТ) с использованием данного оборудования.

Также проведен анализ устойчивости видеокамер СОТ к внешним разрушающим воздействиям, указана взаимосвязь между характеристиками видеокамер и их реакцией на внешние воздействия, приведено обоснование технических решений при выборе типов видеокамер с точки зрения устойчивости к внешним воздействиям и разрушению на охраняемых объектах. Рассмотрены общие мероприятия по защите видеокамер от наиболее распространенных видов внешнего воздействия.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников, занимающихся вопросами установки и технического обслуживания систем охранных телевизионных.

© ФКУ НИЦ «Охрана» МВД России, 2016

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ФКУ НИЦ «Охрана» МВД России.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ... 7
1 Видеокамеры повышенной чувствительности ... 9
1.1 Примеры видеокамер повышенной чувствительности ... 12
1.2 Рекомендации по применению видеокамер повышенной чувствительности ... 15
2 Видеокамеры с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам ... 16
2.1 Примеры видеокамер с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам ... 16
2.2 Рекомендации по применению видеокамер с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам ... 18
3 «Противотуманные» камеры ... 19
3.1 Примеры «противотуманных» камер ... 20
3.2 Рекомендации по применению видеокамер с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам ... 21
4 Видеокамеры с электронным умножением (EM-CCD-камеры) ... 22
4.1 Принцип работы матрицы EM-CCD ... 22
4.2 Архитектура EM-CCD матрицы ... 23
4.3 Примеры EM-CCD камер ... 24
4.4 Рекомендации по применению видеокамер с электронным умножением ... 33
5 Электронно-оптические преобразователи света (ЭОП) ... 34
5.1 Активно-импульсные ЭОП ... 38
5.2 Примеры активно-импульсных приборов ... 39
5.3 Рекомендации по применению активно-импульсных приборов ... 46
6 Тепловизоры ... 47
6.1 Рекомендации по применению тепловизоров ... 52
7 Приемники терагерцового (миллиметрового) диапазона ... 53
7.1 Мобильная радиолокационная станция миллиметрового диапазона Образец №1 ... 56
7.2 Сверхширокополосные технологии для охраны территории ... 60
7.3 Перспективные разработки в области терагерцового наблюдения ... 62
7.4 Рекомендации по применению приемников терагерцового диапазона ... 67
8 Комбинация обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором ... 68
8.1 Рекомендации по применению комбинации обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором ... 78
9 Камеры машинного зрения ... 80
9.1 Пример камер машинного зрения ... 81
10 Взаимосвязь между характеристиками видеокамер и их реакцией на внешние воздействия ... 83
10.1 Основные характеристики видеокамер, с точки зрения влияния на них внешних световых воздействий ... 83
10.2 Обоснование технических решений и подходы при выборе различных видеокамер ... 85
11 Технические и организационные меры, направленные на повышение защищенности телевизионных камер наблюдения от внешних криминальных воздействий (на основе НИР по теме К.4.И.07.2014) ... 87
11.1 Рекомендации по защите видеокамер от воздействия лазерного луча ... 89
12 Принципы выбора класса оборудования обнаружения целей при ограниченной видимости для охраны предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК) ... 90
12.1 Оборудование объектов Топливно-Энергетического Комплекса (ТЭК) вандалозащищенными видеокамерами ... 95
12.2 Периметр особо важного объекта ... 97
13 Заключение ... 99
14 Список использованных источников ... 103
Приложение 1. Эффективность различных типов воздействия на видеокамеру ... 104
Приложение 2. Длинна волны излучения и видимость его глазом ... 107
Приложение 3. Примеры оборудования, обеспечивающего защиту от внешнего электромагнитного воздействия ... 108

Сокращения и определения

AWB (Auto White Balance) - баланс белого. Представляет собой специальную функцию, которая позволяет видеокамере в автоматическом режиме осуществлять регулировку белого цвета, при этом устанавливая так называемую температуру изображения цвета таким образом, чтобы получившиеся цвета на получаемом изображении имели те же оттенки и выглядели в точности также, как происходит их восприятие невооруженным глазом.

BLC (Back Light Compensation), **HLC** (High Light Compensation) - технология, позволяющая выровнять экспозицию кадра, в котором яркий источник света препятствует наблюдению за объектом.

BNC (BNC - Bayonet Neill - Concelman) - электрический разъем с байонетной фиксацией, служит для подключения коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом и диаметром до 8 мм.

EM-CCD (Electron Multiplying Charge-Coupled Device) - прибор с зарядовой связью с электронным умножением.

WDR (Wide Dynamic Range, Digital Wide Dynamic Range) - широкий динамический диапазон - технология формирования видеоизображения, при которой каждый кадр формируется из нескольких, снятых с различной выдержкой. Такая обработка позволяет получить кадр с равномерной засветкой, без излишне затемненных и пересвеченных участков.

АИЛП - активно-импульсная лазерная подсветка.

АРУ (**AGC**) - автоматическая регулировка усиления (automatic gain control) - процесс, при котором выходной сигнал устройства автоматически поддерживается постоянным по некоторому параметру (например, амплитуде простого сигнала или мощности сложного сигнала), независимо от амплитуды (мощности) входного сигнала. Применительно к видеонаблюдению - свойство камеры автоматически изменять коэффициент усиления каждого видеотракта в зависимости от уровня сигнала: автоматическая регулировка усиления сглаживает изменения уровня видеосигнала и позволяет получить качественную картинку на видеомониторе при малой освещенности объекта. Как правило, диапазон регулировки усиления ограничивается диапазоном 12-20 дБ (т.е. 4-10 раз), так как большее увеличение усиления видеосигнала приводит к высокому зашумлению и ухудшению изображения.

ИК - инфракрасный.

КМОП (CMOS) - комплементарная структура металл-оксид-полупроводник, (complementary metal-oxide-semiconductor) - специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния, использующая технологию КМОП. Отличительной особенностью схем КМОП по сравнению с биполярными технологиями является малое энергопотребление в статическом режиме.

КПД - коэффициент полезного действия - характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии. Определяется отношением полезно использованной энергии к суммарному количеству энергии, полученному системой.

КРТ – соединение кадмий-ртуть-теллур.

НИР - научно-исследовательская работа.

ОПС - охранно-пожарная сигнализация.

ПЗС (CCD) матрица - прибор с зарядовой связью (Charge-Coupled Device) - специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния, использующая технологию ПЗС.

ПНВ - прибор ночного видения.

ППКОП - прибор приемно-контрольный охранно-пожарный.

РЛС - радиолокационная станция.

СКУД - система контроля и управления доступом.

СОТ - система охранная телевизионная.

ТВЛ - вертикальные телевизионные линии – параметр, определяющий разрешающую способность устройства в аналоговом телевидении.

ТЭК - топливно-энергетический комплекс.

ЭОП - электронно-оптический преобразователь - вакуумный фотоэлектронный прибор для преобразования невидимого глазом изображения (в ближнем инфракрасном, ультрафиолетовом или рентгеновском спектре) в видимое, либо для усиления яркости видимого изображения.

Микроболометр. Принцип действия микроболометра основан на изменении электрического сопротивления термочувствительного элемента вследствие нагревания под воздействием поглощаемого потока электромагнитной энергии. Основной компонент болометра - очень тонкая пластинка из проводящего материала, зачернённая для лучшего поглощения излучения. Из-за своей малой толщины пластинка под действием излучения быстро нагревается и её сопротивление повышается. Для измерения малых отклонений

сопротивления пластинки её включают в мостовую схему, которую балансируют при отсутствии засветки. Металлические болометры часто подсоединяют через трансформаторный вход, так как у них очень малое собственное сопротивление.

В качестве материалов для металлических болометров используют платину, никель, золото, для полупроводниковых - сплавы окислов никеля, кобальта, марганца.

Полупроводниковый болометр состоит из двух плёночных (толщиной до 10 мкм) термисторов. Один из термисторов, непосредственно подвергающийся облучению, является активным. Второй - компенсационный. Он экранирован от внешнего излучения и предназначен для компенсации изменений температуры окружающей среды. Оба термистора помещаются в общий герметичный корпус.

Элемент Пельтье — это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье — возникновении разности температур при протекании электрического тока. В основе работы элементов Пельтье лежит контакт двух токопроводящих материалов с разными уровнями энергии электронов в зоне проводимости. При протекании тока через контакт таких материалов, электрон должен приобрести энергию, чтобы перейти в более высокоэнергетическую зону проводимости другого полупроводника. При поглощении этой энергии происходит охлаждение места контакта полупроводников. При протекании тока в обратном направлении происходит нагревание места контакта полупроводников, дополнительно к обычному тепловому эффекту.

Элемент Пельтье состоит из одной или более пар небольших полупроводниковых параллелепипедов - одного n-типа и одного p-типа в паре (обычно теллурида висмута, Bi2Te3 и германида кремния), которые попарно соединены при помощи металлических перемычек. Металлические перемычки одновременно служат термическими контактами и изолированы непроводящей плёнкой или керамической пластинкой. Пары параллелепипедов соединяются таким образом, что образуется последовательное соединение многих пар полупроводников с разным типом проводимости, так чтобы вверху были одни последовательности соединений (n->p), а снизу противоположные (p->n). Электрический ток протекает последовательно через все параллелепипеды. В зависимости от направления тока верхние контакты охлаждаются, а нижние нагреваются — или наоборот. Таким образом, электрический ток переносит тепло с одной стороны элемента Пельтье на противоположную и создаёт разность температур.

Если охлаждать нагревающуюся сторону элемента Пельтье, например при помощи радиатора и вентилятора, то температура холодной стороны становится ещё ниже. В одноступенчатых элементах, в зависимости от типа элемента и величины тока, разность температур может достигать приблизительно 70 К.

Введение

При работе систем охранных телевизионных (СОТ) большое значение имеет возможность обнаружения объектов наблюдения в условиях ограниченной видимости. Часто климатические условия существенно ограничивают уровень освещенности наблюдаемых объектов. В то же время часто по тактическим соображениям необходимо скрыть сам факт видеонаблюдения. Использование инфракрасной подсветки ближнего диапазона существенно не влияет на ситуацию, поскольку она достаточно уверенно регистрируется стандартными видеокамерами, электронно-оптическим приборами (ЭОП), и наблюдается даже в стандартный прицел ПСО (прицел снайперский оптический). Иногда подсветку объекта наблюдения не удается реализовать по техническим или экономическим соображениям. Не менее важно обеспечить работоспособность СОТ при воздействии дестабилизирующих факторов, таких как внешние разрушающие воздействия.

Примечание. В любых случаях, когда можно осуществлять стандартную подсветку цели внешним источником света это надо делать, поскольку за необходимость работать при недостаточной естественной освещенности или за отказ от внешнего осветителя придется расплатиться значительным удорожанием оборудования и решить при этом массу технически проблем.

В данных рекомендациях рассмотрено, какое оборудование способно решить проблему наблюдения за объектами в условиях недостаточной освещенности:

- видеокамеры повышенной чувствительности;
- видеокамеры с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам;
- «противотуманные» видеокамеры;
- видеокамеры с электронным умножением (EM-CCD-камеры);
- электронно-оптические преобразователи;
- стробируемые электронно-оптические преобразователи;
- тепловизоры;
- приемники терагерцового диапазона (миллиметрового диапазона);
- комбинация обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором.

Также в рамках рекомендаций дан краткий обзор оборудования, физических принципов работы и примеры на основе отдельных образцов.

Примечание. Другую классификацию данных устройств можно провести по диапазону регистрируемых длин волн. В первых шести вышеуказанных пунктах устройства работают в видимом диапазон длин волн (0,3- 1,1мкм), тепловизоры работают в диапазоне волн 3-5 мкм или 8-12 мкм, приемники терагерцового диапазона работают в диапазоне волн

от 30 мкм до 3 мм. РЛС перекрывают диапазон длин волн от десятков миллиметров до единиц метров.

Не перекрытые участки длин волн объясняются особенностями распространения радиоволн в среде, окнами прозрачности в атмосфере для определенных длин волн (например, для тепловизоров) и трудностью создания приемников на данный диапазон (например, терагерцовой диапазон).

Следует учесть, следующую тенденцию: с ростом длины волны уменьшается поглощение энергии излучения в среде, но при этом падает разрешающая способность. Действительно, если длина регистрируемого излучения составляет сантиметры, то мы не можем получить детализацию объекта в миллиметрах. В серьезных системах наблюдения используются многоспектральные средства видеонаблюдения, так средства космического видеонаблюдения используют длины волн от ультрафиолета (10-400 нм), до дальнего инфракрасного излучения (8-12 мкм). С учетом развернутых спутников радиолокационного наблюдения можно сказать, что орбитальная космическая группировка использует весь перечисленный выше диапазон длин волн.

На основе научно-исследовательской работы по теме К.4.И.07.2014 «Исследование устойчивости телевизионных камер видеонаблюдения к внешним разрушающим воздействиям», шифр «Воздействие», проведенной в 2014 году, проведен анализ устойчивости видеокамер СОТ к внешним разрушающим воздействиям, указана взаимосвязь между характеристиками видеокамер и их реакцией на внешние воздействия, приведено обоснование технических решений при выборе типов видеокамер с точки зрения устойчивости к внешним воздействиям и разрушению при установке видеокамер на охраняемых объектах. Рассмотрены общие мероприятия по защите видеокамер от наиболее распространенных видов внешнего воздействия.

1 Видеокамеры повышенной чувствительности

Заявленная чувствительность таких видеокамер составляют 10^{-3} или даже 10^{-4} люкс. Данные видеокамеры при обеспечении указанных параметров могли бы полностью решить вопрос наблюдения при плохом освещении, однако, на практике эти видеокамеры не способны показать настолько выдающиеся результаты. Рассмотрим эту проблему подробнее.

Измерение чувствительности видеокамеры в люксах (люксметром)

Измерение светового потока в люксах (лк) пришло из фотографии. Люкс равен освещённости поверхности площадью 1 м² при световом потоке падающего на неё излучения, равном 1 люмен (лм):

$$1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$$

В свою очередь один люмен равен световому потоку, испускаемому точечным изотропным источником, с силой света, равной одной канделе, в телесный угол величиной в один стерадиан:

$$1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \times \text{ср} \ (= 1 \text{ лк} \times \text{м}^2)$$

где, кандела (кд) - сила света в данном направлении от источника монохроматического излучения с длиной волны 555,5 нм и с интенсивностью излучения в этом направлении, равной 1/683 Вт в телесном угле, равном одному стерадиану.

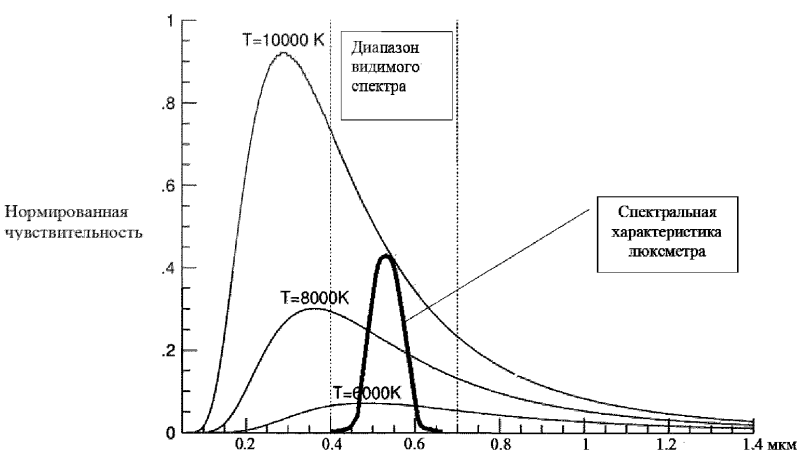

Рис. 1

На спектральную характеристику абсолютно черного тела с температурами 10000 К, 8000 К и 6000 К наложена спектральная характеристика люксметра. Таким образом, наглядно можно увидеть насколько малую часть энергии осветителя регистрирует люксметр.

Более корректное понятие чувствительности можно получить, понимая под этим отношение энергии электрического сигнала в единицу времени, снимаемой с матрицы видеокамеры, к энергии оптического излучения, попадающего в единицу времени на матрицу от излучателя:

$$S=P_{\text{эл. фотоприемника}}/P_{\text{опт. излучения}}$$

Для корректного определения $P_{\text{опт. излучения}}$ необходимо учитывать энергию фотонов на разных длинах волн, поскольку:

$$E_{\Phi} = \frac{h \times c}{\lambda},$$

где h-постоянная планка, c - скорость света, λ - длина волны.

Из-за сложности измерений данная методика определения чувствительности находит применение только в лабораторных условиях. При этом надо учесть, что современные матрицы видеокамер имеют чувствительность, существенно сдвинутую в инфракрасную область. Типичная спектральная характеристика чувствительности ПЗС приведены на Рис. 2.

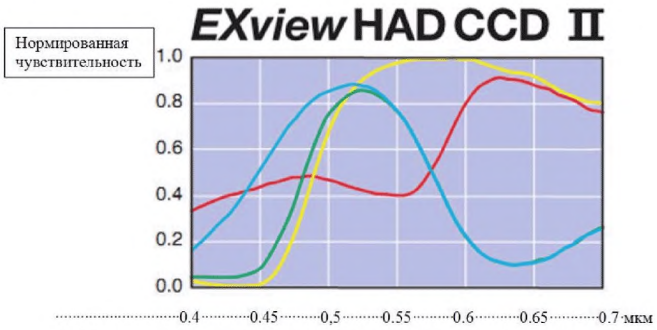

Рис. 2
Нормированная чувствительность матрицы «EXvievHAD CCD II»
к различным длинам волн (синий, зеленый, желтый, красный).

Таким образом, если осуществлять подсветку в ИК – области, допустим на 0,7 мкм, а измерять люксы в диапазоне 0,55 мкм, то получим освещенность 0 лк при мощности осветителя, к примеру, в 100 Вт. Необходимо ещё учесть, что при указании чувствительности, обычно не указывают количество ТВ-линий при данной освещенности, соотношение сигнал/шум, относительное отверстие объектива и т.д.

Следовательно, если мы видим в таблице чувствительность 0,0001 лк, разрешение 570 ТВЛ, отношение сигнал/шум более 52 дБ, то надо понимать, что эти параметры не достижимы одновременно.

Реальная чувствительность высокочувствительных видеокамер

Несмотря на то, что заявленные характеристики высокочувствительных видеокамер достижимы только в определенных условиях, как правило, далеких от реальных условий наблюдения за объектами, чувствительность таких видеокамер достаточно высокая.

К примеру, высокочувствительные видеокамеры с режимом суммирования по кадрам и соседним пикселям превосходят по чувствительности человеческий глаз. При минимальной освещенности в «темной» комнате, при 15 минутой адаптации человеческого глаза, человек не может даже рассмотреть силуэт стандартной тестовой таблицы, используемой для определения характеристик видеокамер, а видеокамера при этих условиях показывает порядка 300 ТВЛ при соотношении сигнал/шум не ниже 30 дБ.

Вывод

Чувствительность видеокамеры является только ориентировочным параметром. Но при этом, конечно, не стоит при паспортной чувствительности видеокамеры в 10^{-3} лк, проектировать систему освещения объекта на уровне 10^{-2} лк.

1.1 Примеры видеокамер повышенной чувствительности

Образец №1. Аналоговая видеокамера «день/ночь» с разрешением 680/700 ТВЛ, процессором Sony Effio-E и программным WDR

Рис. 3
Видеокамера образец №1

Видеокамера использует 1/3-дюймовую ПЗС-матрицу Sony 960H EXview HAD CCD II, процессор Sony Effio-E, имеет расширенный динамический диапазон 52 дБ и высокое разрешение 680/700 ТВЛ в цветном/черно-белом режимах. Программный режим «день/ночь» видеокамеры наблюдения позволяет ей формировать цветное/черно-белое изображение при минимальных освещенностях 0.03/0.01 лк, а система шумоподавления 2D DNR обеспечивает четкость изображения при пониженном освещении.

Таблица 1 – Технические характеристики видеокамеры Образец №1

Тип	«День/ночь» (Easy day/night) с WDR
Чувствительный элемент	1/3" ПЗС SONY 960H EXview HAD CCD II
Количество пикселей матрицы	1024×596
Разрешение	Цв.: 680 ТВЛ; Ч/б: 700 ТВЛ
Минимальная освещенность	Цв.: 0.03 лк (F1.0); Ч/б: 0.01 лк (F1.0)
Процессор	DSP Sony Effio-E
Отношение сигнал/шум	Более 52 дБ (АРУ выкл.)
Гамма-коррекция	0,45
Электронный затвор видеокамеры	Авто 1/50-1/100.000 сек, Ручной 1/50, FL 1/120, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/4000, 1/10000 сек
Баланс белого	ATW/PUSH/USER1/USER2/ANTI CR/MANUAL/PUSH LOCK
Режим «день-ночь» (программный)	Авто (регулируемый порог переключения) / Цвет/Ч/б совместимость с ИК–прожектором
Динамический диапазон (WDR)	Программный, 128× (52 дБ)
Видеовыход	Композитный 75 Ом; BNC
Компенсация встречной засветки	HLC/BLC/OFF
Шумоподавление	2D DNR
АРУ	4 режима автоматического управления

Продолжение таблицы 1

Крепление объектива	C/CS (с адаптером)
Синхронизация	Внутренняя
Питание видеокамеры	12 В пост. тока (10,8~39 VDC)/24 В пер. тока +/–10%
Потребляемая мощность	2,5 Вт
Диапазон рабочих температур	От –10 °C до +50 °C
Влажность (макс.)	80% (без конденсата)

Образец №2. Высокочувствительная видеокамера

Рис. 4
Видеокамера Образец №2

Высокочувствительная видеокамера Образец №2 предназначена для круглосуточной работы в системах наблюдения с переменной или недостаточной освещенностью объектов. Данная камера наблюдения используют 1/3" CCD-матрицу и фирменный процессор, имеет функцию автоматического баланса белого, компенсации засветки фона, АРУ, режимы «день/ночь», формирует цветное/черно-белое изображение с разрешением 540 ТВЛ при освещенностях до 0,02/0,002 лк. Видеокамера выделяется среди аналогов малыми габаритами.

Для обеспечения высокой четкости изображения в тех случаях, когда наблюдение ведется за объектами, находящимися на ярком фоне, предусмотрена функция компенсации засветки, позволяющая процессору камеры анализировать яркость различных участков кадра и выравнивать фон. Корректная цветопередача достигается при активной функции автоматического баланса белого, которая регулирует цветовую чувствительность камеры наблюдения так, чтобы формируемое изображение имело одинаковые уровни всех цветовых составляющих. Компенсация недостатка освещения достигается путем уменьшения скорости электронного затвора или повышения коэффициента АРУ. При этом камера позволяет корректировать АРУ в диапазоне 0-38 дБ и устанавливать выдержку электронного затвора от 1/50 до 1/100000 с.

Образец №3. Высокочувствительная миниатюрная камера

Миниатюрные камеры Образец №3 выпускаются в двух вариантах – с CCD матрицами формата 1/2" и 1/3". Чувствительность составляет 0,0001 лк и 0,0002 лк, что позволяет им осуществлять видеосъемку на объектах с недостаточным освещением без использования дополнительной подсветки, в том числе и инфракрасной. Даже при минимальных значениях освещенности модели данной серии формируют изображение, достаточно четкое для идентификации объектов.

Рис. 5
Видеокамера Образец №3

Благодаря поддержке объективов с автодиафрагмой и наличию таких функций, как компенсация засветки фона, АРУ и гамма-коррекция, камера формирует четкое изображение с разрешением 570 ТВЛ, как при избыточной, так и при недостаточной освещенности. Процессор, помимо обработки видеосигнала, автоматически управляет выдержкой электронного затвора в пределах от 1/50 до 1/100000 с, доступно и ручное управление быстродействием затвора камеры. Соотношение сигнал/шум у обеих моделей превышает 50 дБ, что обеспечивает получение картинки, чистой от шумов.

Аналоговая камера Образец №3 потребляет не более 1,32 Вт и устойчива к перепадам напряжения.

Таблица 2 - Технические характеристики камер Образец №3

Чувствительный элемент	1/2" CCD-матрица	1/3" CCD-матрица
Тип сканирования	2:1 чересстрочное	
Кол-во пикселей	795x596	
Кол-во эффективных пикселей	752x582	
Размеры пикселя	8,6x8,3 мкм	6,5x6,25 мкм
Горизонтальное разрешение	570 ТВЛ	
Синхронизация	Внутренняя	

Продолжение таблицы 2

Видеовыход	Композитный, 1 В, 75 Ом	
Отношение сигнал/шум	Не менее 50 дБ	
Минимальная освещенность	0,0001 лк, F1,4	0,0002 лк, F1,4
Электронный затвор камеры	Фиксированные скорости: 1/50, 1/120, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10000, 1/100000 с Регулируемые скорости: 1/50-1/100000, 1/120-1/100000 с	
АРУ	Высок.: 5-60 дБ; низк.: 5-32 дБ	
Гамма-коррекция	Высок.: 0,35; низк.: 0,45; выкл.: 1,0	
Компенсация засветки фона	Вкл./выкл.	
Крепление объектива	CS	
Управление диафрагмой	Video/DC	
Питание	12 В пост. тока (± 10%)	
Потребляемая мощность	1,32 Вт (110 мА)	1,26 Вт (105 мА)
Диапазон рабочих температур и относительной влажности	От -10 до +40 °С До 95%	

1.2 Рекомендации по применению видеокамер повышенной чувствительности

При планировании включения в состав СОТ видеокамер повышенной чувствительности следует понимать, что заявленная чувствительность таких видеокамер 10^{-3} - 10^{-4} лк не будет являться гарантией выполнения задач, поставленных перед СОТ. Для получения максимальной эффективности системы в каждом конкретном случае следует учитывать наличие у видеокамер таких технологий как суммирование по соседним пикселям, электронное умножение, расширенный динамический диапазон, компенсация встречной засветки, система шумоподавления. Кроме того, даже при высокой чувствительности видеокамеры не следует пренебрегать качественной системой освещения на наблюдаемом объекте, а также следует учитывать, что оборудование СОТ видеокамерами с повышенными характеристиками обойдется дороже, чем оборудование объекта системой освещения.

2 Видеокамеры с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам

Повышение чувствительности в данных видеокамерах осуществляется путем обмена разрешающей способности на увеличение чувствительности, при этом осуществляется суммирование заряда с двух соседних пикселей. Далее это процедура может повторяться, разумеется, что при этом с увеличением чувствительности пропорционально снижается разрешение.

Другой способ увеличения чувствительности состоит в том, чтобы суммировать сигнал по кадрам. В этом случае количество кадров в секунду обменивается на чувствительность, чувствительность возрастает, а количество кадров в секунду падает. Наконец, возможна комбинация двух этих методов.

2.1 Примеры видеокамер с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам

«Ночные» видеокамеры Образец №1

В видеокамерах Образец №1 используются 2 вида "ночных" режимов, в которых работает накопление сигнала до воздействия шума. "Ночной режим 1", заключается в автоматическом обмене разрешающей способности камеры на чувствительность при малых уровнях освещённости. Максимальное число сложений равное 10 в камерах стандартного разрешения и 12 в камерах высокого разрешения приводит к пропорциональному росту чувствительности в 10-12 раз соответственно. "Ночной режим 2" режим заключается в увеличении времени накопления видеокамеры при уменьшении освещённости до 16 телевизионных кадров. Суммарный выигрыш чувствительности в режимах 1+2 достигает 100 раз.

Рис. 6
Внешний вид «ночных» видеокамер Образец №1»

Таблица 3 - Основные технические характеристики видеокамер Образец №1с «ночными» режимами увеличения чувствительности

Тип матрицы	ТВЛ	Чувствительность, люкс	Потребляемый ток, мА	Тип корпуса
ПЗС 1/3"	380	0,0015 (F2.0) [1]	100	
	570	0,003 (F2.0) [1]	100	
	570	0,0015 (F2.0) [1]	100	
	380	0,0004 (F0.8) [1]	130	
	570	0,0006 (F0.8) [1]	130	
	570	0,0004 (F0.8) [1]	130	
	380	0,00004 (F0.8) [2]	90	
	570	0,00006 (F0.8) [2]	90	
	570	0,00003 (F0.8) [2]	90	
ПЗС 1/2"	570	0,00002 (F0.8) [2]	90	
ПЗС 1/3"	460	0,005 (F0.8) [1]	180	
	380	0,0015 (F2.0) [1]	100	
	570	0,003 (F2.0) [1]	100	
	570	0,0015 (F2.0) [1]	100	
	380	0,0004 (F0.8) [1]	220	
	570	0,0006 (F0.8) [1]	220	
	570	0,0004 (F0.8) [1]	220	
	380	0,00002 (F0.8) [2]	230	
	570	0,00006 (F0.8) [2]	230	
	570	0,00003 (F0.8) [2]	230	
ПЗС 1/2"	570	0,00002 (F0.8) [2]	250	
ПЗС 1/3"	460	0,005 (F0.8) [1]	390	
Примечания * - черно-белые камеры с противотуманным режимом; [1] - режим увеличения чувствительности в 10 раз; [2] - режим увеличения чувствительности в 100 раз.				

Видеокамера Образец №2

Рис. 7
Внешний вид видеокамеры Образец №2

Таблица 4 - Технические характеристики видеокамеры Образец №2

Тип камеры	«День/ночь»
Чувствительный элемент	1/3" ПЗС SONY SuperHAD II (ICX639)
Количество пикселей	795x596
Разрешение	Цвет.- 580 ТВЛ; Ч-б - 700 ТВЛ
Переключение день/ночь:	Автоматическое от встроенного датчика освещения или при активации входа переключения
Минимальная освещенность	0,15 лк (цвет., F1.2/50) 0,001 лк (ч-б, F1.2/50) **0,00004 лк (ч-б, F1.2/50, накопление кадров x 256)**
Отношение сигнал/шум	52 дБ (АРУ выкл.)
Режим суммирования кадров (накопление)	Авто./ Фикс./Выкл. (Ограничение по выбору x2~x256)
Электронный затвор	1/50, 1/120, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/4000, 1/10000 с
Защита от мерцаний	Скорость электронного затвора 1/120 с
Компенсация фоновой засветки	Выкл./ Вкл.
Баланс белого	AWB / Manual / Indoor (45000 - 85000 K) / Outdoor (18000 - 105000 K)
Инверсия ярких засветок	Выкл./ Вкл.
Цифровое подавление шума	Выкл./ Вкл. (уровень регулируется 1~32)
Скрытые зоны изображения	Выкл./ Вкл. (до 8 зон)
Зеркальные режимы	Выкл./ Вкл. (Переворот по вертикали / Переворот по горизонтали)
Увеличение контурной резкости	Выкл./ Вкл. (Уровень регулируется)
АРУ	Низкая / Высокая / Выкл.
Управление диафрагмой	DC/Video drive
Крепление объектива	CS / C
Выходной видеосигнал	Композитный PAL видеосигнал, 1.0Vp-p / 75 Ом, Видео: 0.7Vp-p / Синхронизация: 0.3Vp-p / Цветовая синхронизация: 0.3Vp-p
Питание камеры	12 В пост. тока / 24 В пер. тока
Потребляемая мощность	До 2 Вт
Диапазон рабочих температур	От -10° до +50°С, 85%

2.2 Рекомендации по применению видеокамер с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам

Выигрыш в чувствительности видеокамер с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам может достигать 100 раз по сравнению с камерами высокой чувствительности, но за счет снижения разрешения и/или уменьшения количества кадров в секунду. Следовательно, такие камеры следует применять в случаях, когда для задач СОТ важнее сам факт обнаружения нарушителя в условиях недостаточной освещенности, чем фиксация какого-либо быстро протекающего события или идентификация нарушителя.

3 «Противотуманные» камеры

Не только недостаточность освещенности отрицательно сказывается на качестве видеонаблюдения. Плохие погодные условия в виде тумана, снега, дождя значительно затрудняют видеонаблюдение. Бороться с этим явлением призваны «противотуманные» камеры, часто они комбинируются с режимами увеличения чувствительности путем суммирования соседних пикселей или кадров. Принцип работы «противотуманной» камеры заключается в обработке видеосигнала таким образом, чтобы уменьшить амплитуду постоянной составляющей и увеличить контрастность полезного сигнала. Туман увеличивает уровень «белого» и резко снижает контрастность изображения.

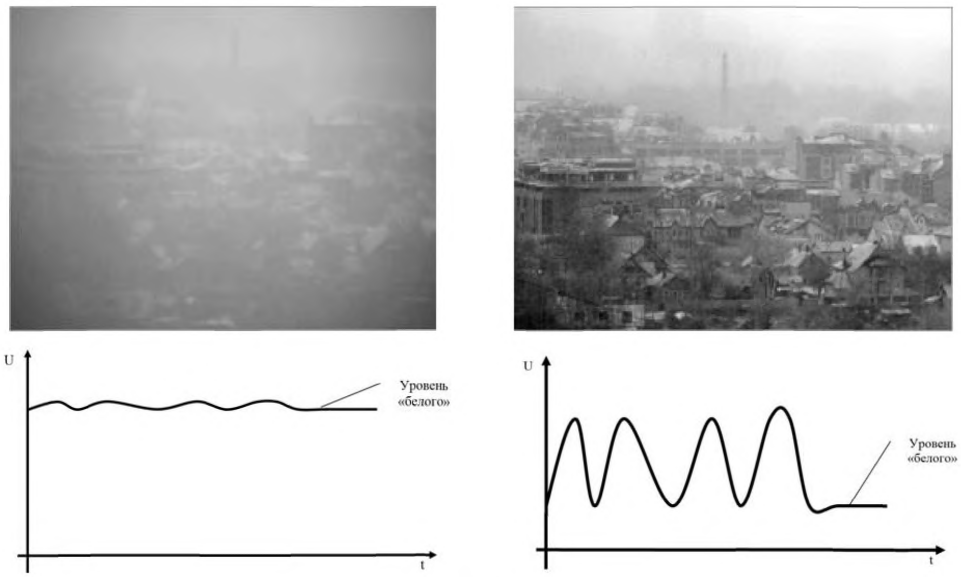

Рис. 8
Изображение предметов в условиях несильного тумана до и после обработки и соответствующий аналоговый сигнал с видеокамеры

3.1 Примеры «противотуманных» камер

Рис. 9
«Противотуманные» камеры образец №1, образец №2

Камеры образец №1, образец №2 автоматически регулируют контраст изображения в диапазоне 15 дБ и 30 дБ (примерно 5 и 30 раз в относительных единицах). Во столько же раз улучшается минимальный наблюдаемый контраст изображения.

Следует отметить, что максимальные возможности «противотуманных» камер достигаются только при правильном выборе объектива. Объективы для «противотуманных» камер следует использовать только длиннофокусные ($F \geq 12$ мм). Формат объектива лучше выбирать на один больше, чем формат используемой матрицы ПЗС. Например, для матриц формата 1/3 дюйма следует использовать объективы, рассчитанные на формат 1/2 дюйма.

Во всех вариантах камер заложен режим автоматического регулирования контраста изображения до 15 дБ. Камера автоматически обнаруживает снижение контраста изображения и при необходимости автоматически увеличивает его до 5 раз в условиях тумана, дождя, снега, когда контраст изображения значительно уменьшается и наблюдатель видит только серый фон, что обеспечивает возможность наблюдения в сложных погодных условиях.

В варианте камеры с интерфейсом USB 2.0, помимо автоматического режима, возможно включение ручного режима регулирования контраста изображения, который обеспечивает возможность увеличения контраста до 30 дБ.

При наблюдениях на очень дальних дистанциях (более 10 км) значительные трудности возникают из-за постоянно присутствующей дымки, а также из-за большого светорассеивания в длиннофокусных объективах. Даже в ясную погоду контраст при наблюдении на дистанциях 10 км и более снижается, как минимум на 12 дБ. Поэтому, при наблюдении на больших дистанциях режим автоматического регулирования контраста изображения в видеокамерах обеспечивает значительное повышение качества наблюдаемых изображений.

Рис. 10
Иллюстрация наблюдения на дальних расстояниях
через объектив с фокусным расстоянием 600 мм.
Дистанция до объектов слева - 7,7 км. Дистанция до объектов справа - 18,2 км.

3.2 Рекомендации по применению видеокамер с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам

Ввиду специфики работы противотуманных камер их следует применять в условиях наблюдения достаточно удаленных участков местности, когда при работе СОТ возможно появление таких помех, как снег, дождь, туман.

4 Видеокамеры с электронным умножением (EM-CCD-камеры)

EM-CCD (Electron Multiplying Charge-Coupled Device - электронное умножение в приборе с зарядовой связью (ПЗС). Данные видеокамеры не так широко распространены, поэтому более подробно остановимся на них.

Несмотря на прогресс в области развития ПЗС матриц, шум считывания по-прежнему остается доминирующим фактором, ограничивающим возможности использования ПЗС при низкой освещенности. Величина типичного шума считывания для хороших образцов ПЗС составляет 15-20 электронов. Это значение является критичным, так как при низкой освещенности оно сопоставимо с квантовой эффективностью матрицы. Видеокамеры с электронным умножением (EM-CCD-камеры) позволяют понизить уровень шума считывания до 1-2 электронов. Принцип работы таких матриц заключается в увеличении (умножении) количества единичных электронов, возникающих в них при низкой освещенности, для достижения высокого значения квантовой эффективности.

4.1 Принцип работы матрицы EM-CCD

Структура EM-CCD матрицы схожа со структурой обычной ПЗС матрицы. Накопление заряда происходит в секции «пространство сенсора», затем заряды передаются в секцию хранения заряда «пространство переноса кадра» и построчно выводятся в выходной регистр (последовательный регистр). Выходной сигнал снимается с предусилителя 1 (см. Рис. 12). Так работает обычная ПЗС с кадровым переносом. EM-CCD камера имеют в своей структуре ещё и регистр умножения На каждый электрод этого регистра подается более высокое напряжение (до 50 В), что вызывает ионизационный эффект – возникает случайная электронно-дырочная пара. Выходной сигнал в этом случае снимается с предусилителя 2.

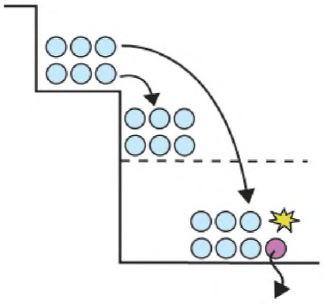

Рис. 11
Схема получения электронно-дырочной пары при ионизационном эффекте в регистре умножения

За счет большого числа переходов (порядка 500 шт.) регистр умножения делает уровень шума считывания некритичной величиной, что значительно повышает квантовую эффективность EM-CCD матрицы.

4.2 Архитектура EM-CCD матрицы

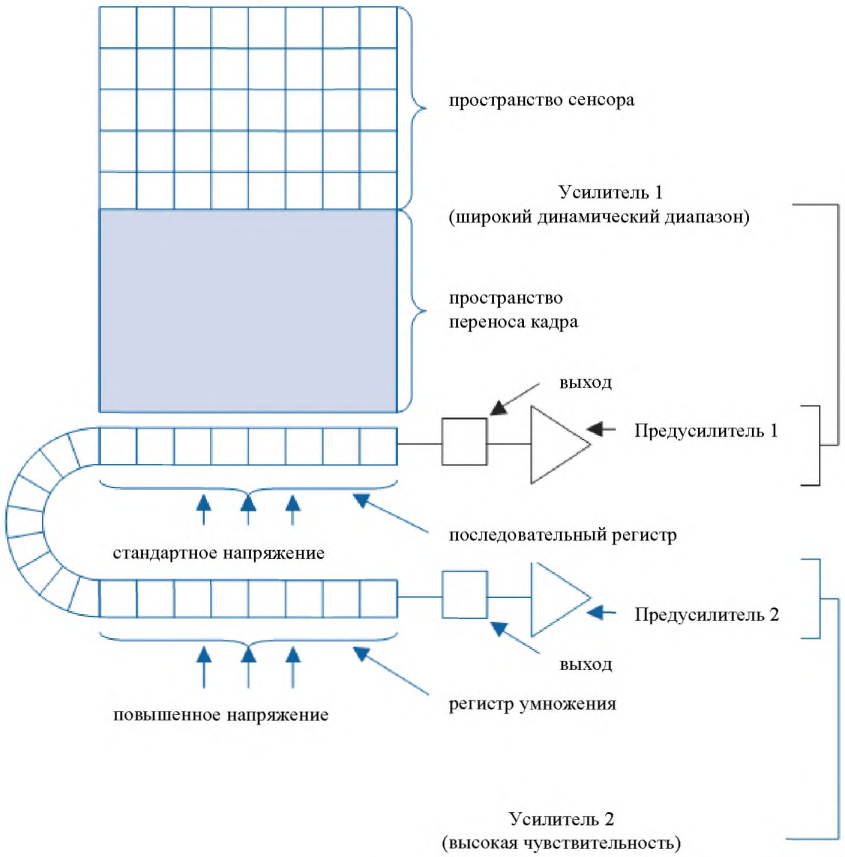

Рис. 12
Структура EM-CCD матрицы

Вывод

EM-CCD камеры обладают высокой чувствительностью, для матрицы формата 1/2" при скорости 25 кадров в секунду в режиме цветного изображения чувствительность составляют 0,008 лк (F1.2), в режиме монохромного изображения 0,0005 лк (F1.2).

Такой высокой чувствительности способствует и охлаждение матрицы с помощью многокаскадных элементов Пельте. Дело в том, что эффективность электронного умножения зависит от температуры сенсора (см. Рис. 13).

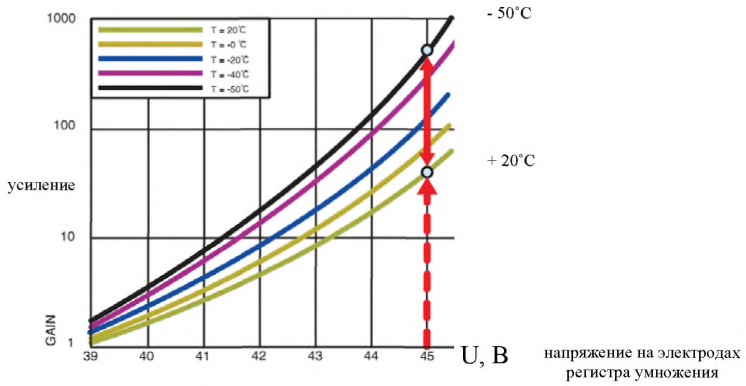

Рис. 13

Данный график показывает, что снижение температуры на 70 °С дает увеличение усиления в 10 раз (зеленый график соответствует температуре +20 °С, черный график соответствует температуре – 50 °С, по оси ординаты (Y) – отложен коэффициент усиления)

К плюсам EM-CCD камер также можно отнести реализацию данных камер в мегапиксельном формате.

Обратной стороной данных технических решений является высокое энергопотребление EM-CCD - порядка 20 Вт. Не способствует долговечности матрицы и высокое напряжение на электродах умножающего регистра.

Однако самым значительным недостатком таких камер является их высокая цена по сравнению с обычными камерами. Данная цена определяется в первую очередь меньшими объемами выпуска таких специализированных камер по сравнению с обычными ПЗС или КМОП камерами.

4.3 Примеры EM-CCD камер

Образец №1

Рис. 14
Камера EM-CCD, образец №1

В камерах видеонаблюдения сверхвысокой чувствительности Образец №1 использованы ПЗС матрицы с фотоэлектронным умножителем. Это позволяет даже при лунном свете получать цветное изображение движущегося объекта, как будто съемка происходит днем. Камера четко отображает границы движущегося объекта, в отличие от других камер, где высокая чувствительность достигается только за счет режима накопления и границы, как правило, размыты.

Образец №2

Рис. 15
Образец №2. Цифровая черно-белая камера с ПЗС-матрицей
с электронным умножением (EMCCD)

Камеры с матрицей EMCCD Образец №2 находят применение при наблюдении слабоосвещенных мест/объектов, например:

- для формирования гиперспектральных изображений;
- для формирования рентгеновских изображений в астрономии;
- для идентификации целей на дальнем расстоянии;
- при лазерном детектировании в диапазоне от 800 нм до 1,06 мкм;
- в бортовых электронно-оптических системах.

Основные функции и преимущества камеры Образец №2

- датчик EMCCD разрешением 1004 x 1002 пикселей обеспечивает оптимальное разрешение изображения в условиях недостаточного освещения;
- 16-битный выход интерфейса CameraLink обеспечивает широкий динамический диапазон;
- 65% квантовая эффективность благодаря виртуальному фазовому детектору обеспечивает оптимальный подбор фотонов;
- отсутствие усилителя яркости изображения дает оптимальную резкость черно-белого изображения;
- применен полный покадровый перенос. Не требуется механический затвор, считывание ПЗС-матрицы осуществляется без вибрации;

- формирование изображений в режиме реального времени. Оптимальная резкость изображения при сложных условиях освещения.

Таблица 5 - Технические характеристики камеры Образец №2

Датчик	Texas Instruments TC246SPD-B0
Тип датчика	2/3-дюймовая матрица с полным покадровым переносом
Активные пиксели	1004 x 1002
Размер пикселей	8 x 8 мкм
Активная область	8 x 8 мм
Полная емкость потенциальной ямы	30000 электронов
Глубина сдвигового регистра	80000 электронов
Нелинейность	<1%
Шум считывания	**<1 электрона с включенным ЭМ усилением** <27 электронов с выключенным ЭМ усилением
Динамический диапазон	65 дБ
Кадровая частота	30 Гц
Цифровой выход	16-битный, интерфейс CameraLink
Пиковая квантовая эффективность	65% при 600 нм
Спектральная чувствительность	350 – 1100 нм
Режим устройства опроса	Прогрессивное сканирование
Охлаждение	-5°C при температуре наружного воздуха +20 °C
Защита от расплывания изображения	Да
Питание	12 В постоянного тока ±10%
Общая мощность	< 15 Вт
Рабочая температура \ хранения	От -20 до +55°C \ от -30 до +85°C

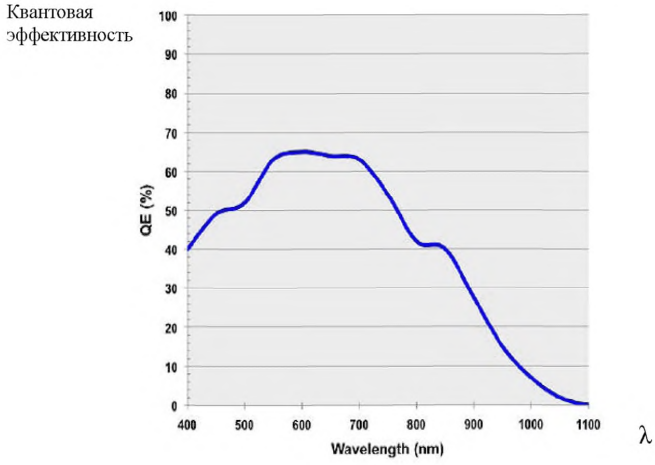

Рис. 16
Спектральная характеристика камеры Образец №2

Образец №3

EMCCD камера Образец №3 подходит для научной визуализации и работы в условиях низкой освещенности.

Рис. 17
Камера Образец №3

Таблица 6 - Технические характеристики камеры Образец №3

Разрешение	1004 x 1002 пикселя
Датчик	2/3" CCD
Размер пикселя	8 8,0 x 8,0 мкм
Видео выход	локальная шина PCI, ВОЛС
Частота кадров	13 кадров в секунду
Время экспозиции	от 75 мкс до 1 ч
Рабочая температура	от +5 °C до +40 °C
Потребляемая мощность	36 Вт (90 - 260 В переменного тока)
Размеры	93 x 78 x 210 мм
Вес	1,6 кг
Шум считывания	**<1 электрона при усилении > 50**
Разрядность АЦП	12 бит
Квантовая эффективность	до 65%

Таблица 7 - Зависимость разрешения, биннинга, и количества кадров камеры Образец №3

Вертикальное разрешение	**Вертикальный биннинг**	**Частота кадров**
1002	1	12,9
501	2	25,2
248	4	47,9
124	8	86,6
62	16	86,6
31	32	108,4

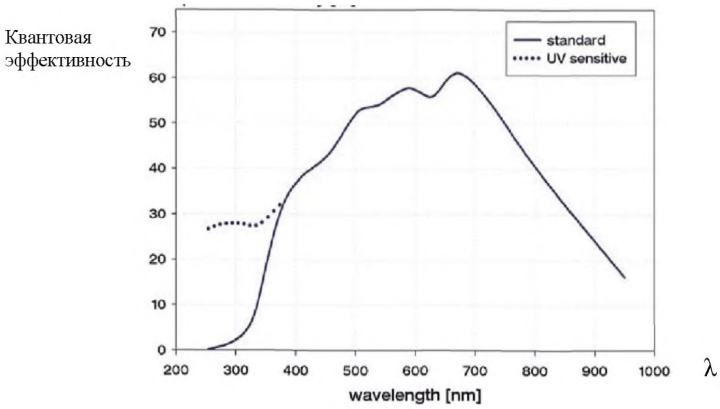

Рис. 18
Спектральная характеристика камеры Образец №3

Примечание. Биннингом называется процесс суммирования зарядов смежных ячеек в один суперпиксель в процессе считывания информации из ПЗС матрицы. Этот процесс выполняется перед оцифровкой путем специального управления в последовательном и параллельном регистрах.

Биннинг NxN улучшает отношение сигнал-шум в N раз, хотя при этом ухудшается разрешающая способность (тоже в N раз по каждой координате).

Образец №4

Рис. 19
Камера Образец №4

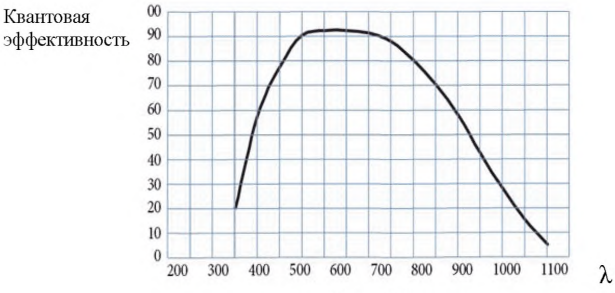

Рис. 20
Спектральная характеристика камеры Образец №4

Таблица 8 - Технические характеристики камеры Образец №4

<table>
<tr><td>ПЗС матрица</td><td colspan="5">e2v CCD97; ПЗС с задней подсветкой, с покадровым переносом, с расположенным на чипе мультипликатором</td></tr>
<tr><td>Тип ПЗС</td><td colspan="5">512 x 512 пикселей; 16 x 16-мкм пикселей; 8,2 x 8,2 мм область изображения (с оптической центрировкой)</td></tr>
<tr><td>Порог переполнения ячейки</td><td colspan="5">200 x 10^{-9}</td></tr>
<tr><td>Тип цифрового преобразователя</td><td colspan="5">16 бит при 10 МГц, 5 МГц и 1 МГц</td></tr>
<tr><td>Подключение входного/ выходного триггера</td><td colspan="5">Разъем с высокой плотностью DB26</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Уровень шума</td><td colspan="3">«Усилитель с мультипликатором на чипе» (порт №1)</td><td colspan="2">«Традиционный» усилитель (порт №2)</td></tr>
<tr><td colspan="3">~45 x 10^{-9} В при частоте 5МГц
~60 x 10^{-9} В при частоте 10 МГц</td><td colspan="2">~10 x 10^{-9} В при 1 МГц
~15 x 10^{-9} В при 5 МГц</td></tr>
<tr><td>Мультипликатор на чипе</td><td colspan="3">Формат ПЗС</td><td colspan="2">Формат ПЗС</td></tr>
<tr><td>Скорость параллельного смещения (вертикального)</td><td colspan="5">2,0 мкс/ряд</td></tr>
<tr><td>Температура ПЗС</td><td colspan="5">-30 °С (регулируемая)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Биннинг

(Кадров в секунду)</td><td colspan="5">Гибкие возможности биннинга в параллельном направлении; биннинг с 1 по 6 в последовательном направлении</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Область</td></tr>
<tr><td></td><td>512x512</td><td>256x256</td><td>128x128</td><td>64 x 64</td></tr>
<tr><td>1 x 1</td><td>29</td><td>54</td><td>95</td><td>155</td></tr>
<tr><td>2 x 2</td><td>56</td><td>95</td><td>155</td><td>227</td></tr>
<tr><td>4 x 4</td><td>98</td><td>155</td><td>227</td><td>295</td></tr>
<tr><td>6 x 6</td><td>130</td><td>195</td><td>262</td><td>329</td></tr>
</table>

Образец №5

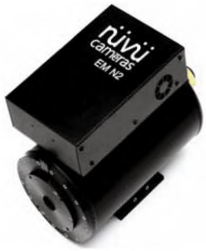

Рис. 21
Камера Образец №5

Камера Образец №5- EMCCD камера с охлаждением жидким азотом. Камера имеет высокое соотношение сигнал/шум, высокий коэффициент электронного умножения (1 - 5000). Частота кадров свыше 17,5 кадров в секунду в полном разрешении. Используется запатентованный контролер. Технология оптимизирована для счета фотонов изображений. Высокое качество изображения, нет шумов фильтрации.

Существует вариант камеры Образец №5 с охлаждением до - 90 °С.

Рис. 22
Камера Образец №5с термоэлектрическим охлаждением

Таблица 9 - Технические характеристики камеры Образец №5

Оцифровка	16 бит
Электронное умножение, раз	1 - 5000
Температура охлаждения	-110 °C
Квантовая эффективность	> 90% при длине волны 600 нм
Спектральный диапазон	250 - 1100 нм
Запуск	внутренний или внешний
Максимальный коэффициент усиления EM (линейные или режим ПК)	5000
Шум считывания EM канал, усиление> 100	<1E, 20 МГц
Шум считывания обычного канала	<3E, 100 кГц
Время считывания кадра	(EM) - 1 - 10 мкс
Темный ток (типовой)	0,0004 E / пиксель/с
Темный ток (максимальный)	не более 0,001 E / пиксель/с
Временное-индуцирование зарядов	<0,002 E / пиксель/кадр
Перенос заряда, КПД	>0,999989
Вероятность однофотонного обнаружения (EM усиление = 5000)	>91%
Матрица	1024 × 1024 пикселей
Площадь пикселя	13 мкм × 13 мкм

Образец №6

Рис. 23
Камера Образец №6

Особенности камеры Образец №6:

- технология EMCCD обеспечивает чувствительность на уровне одиночных фотонов;

- ПЗС, охлаждаемый элементом Пельте, максимально улучшает качество изображения при низкой освещенности;

- размер пикселя 10x10 мкм обеспечивает оптимальное соотношение сигнал/шум на коротких выдержках;

- межстрочный покадровый перенос. Не требуется механический затвор, считывание ПЗС-матрицы без вибрации;

- 16-битный выход USB 2.0 обеспечивает быстрое подключение и воспроизведение;

- компактная, обеспечивает простую интеграцию.

Таблица 10 - Технические характеристики камеры Образец №6

Датчик	Texas Instruments TC247SPD-B0
Тип датчика	1/2-дюймовый межстрочный покадровый перенос
Активные пиксели	658 x 496
Размер пикселей	10 x 10 мкм
Активная область	6,58 x 4,96 мм
Полная емкость потенциальной ямы	24000 электронов
Глубина потенциальной ямы сдвигового регистра	100000 электронов
Нелинейность	<1% (максимум)
Шум устройства опроса (типично)	<1 электрон с включенным увеличением EMCCD
Динамический диапазон	55 дБ
Пиковая квантовая эффективность	52% при 530 нм
Спектральная чувствительность	350 – 1100 нм
Охлаждение	-20 °C при температуре наружного воздуха +20 °C
Темновой ток	<0,1 электронов/пикселей/с
Уровень пиксельного устройства опроса	13,5 МГц
Оцифровка	16 бит
Частота кадров	<35 Гц
Питание	12 В постоянного тока ±10%
Мощность	< 12 Вт

Образец №7

Рис. 24
Камера Образец №7

Характеристики камеры:

- EM-CCD матрица;
- размер матрицы 128x128 пикселов;
- размер пиксела 24x24 мкм;
- частота считывания сигнала 10 МГц;
- частота кадров 513-14025 к/с;
- рабочая температура – 100 °C.

Образец №8

Рис. 25
Камера Образец №8

Характеристики камеры:

- EM-CCD матрица;
- размер матрицы 1024x1024 пикселов;
- размер пиксела 13x13 мкм;
- частота считывания сигнала 22 МГц;
- частота кадров 18,5-314 к/с;
- рабочая температура от – 50 ˚С до – 60 ˚С при воздушном охлаждении,
  от – 65 ˚С до – 80 ˚С при водяном охлаждении;
- стабильность температуры в режиме охлаждения ±0.01 ˚С.

4.4 Рекомендации по применению видеокамер с электронным умножением

Видеокамеры с электронным умножением являются высокотехнологичными устройствами, обеспечивают качественное наблюдение за объектами в условиях низкой освещенности, но, как правило, проигрывают в разрешении матрицы и обладают гораздо более высокой стоимостью. Из всех этих факторов следует, что применять такие камеры нужно только при решении достаточно специфических задач, таких как наблюдение за удаленным объектом с применением объектива с большим оптическим увеличением, когда нет возможности разместить систему СОТ в непосредственной близости от объекта и нет возможности обеспечить качественное освещение объекта. Цена также будет важным фактором при принятии решения о включении в состав СОТ видеокамер с электронным умножением.

5 Электронно-оптические преобразователи света (ЭОП)

Электронно-оптические преобразователи известны довольно давно и даже широко применялись как средства наблюдения и прицеливания в II-мировую войну. Достоверно известно, что фашистская Германия уже в 1934 г. создала ЭОП.

Первое поколение ЭОП. Первый преобразователь был разработан Холстом с соавторами в исследовательском центре фирмы "Филипс" (Голландия) в 1934 году. Он остался известен как "стакан Холста".

Второе поколение ЭОП. В 70-е годы фирмами США был разработан вторично-эмиссионный усилитель в виде микроканальной пластины (МКП).

Третье поколение ЭОП. Следующий шаг в развитии ЭОП определился повышением чувствительности фотокатода. В результате фундаментальных исследований, начатых еще в 70-х годах, было установлено, что оптимальным материалом для создания фотокатода является арсенид галлия, способный эффективно эмитировать электроны при начальном излучении с длиной волны 0,9 мкм и менее.

ЭОП с ПЗС - 4-е поколение ЭОП и ПНВ. Приборы, в которых изображение, получаемое с помощью ЭОП, преобразуется ПЗС матрицей в видеосигнал и может наблюдаться на удаленном дисплее, весьма перспективны для гражданских и специальных целей: ночная охрана объектов, вождение транспортных средств, дистанционное наблюдение за ночной жизнью животных и т. д.

Наиболее перспективными являются ЭОП, в которых матрица ПЗС помещается внутри вакуумного объема ЭОП и возбуждается с тыльной стороны непосредственно электронным пучком, несущим информацию об изображении. При этом исключаются потери на преобразование энергии электронов в световую энергию (свыше 80%) и ее переноса через оптику на ПЗС. В результате такой прибор существенно превосходит все остальные типы ЭОП с ПЗС по информационной емкости и пороговой освещенности, достигающей в ЭОП с электронно - возбуждаемой ПЗС (ЭВПЗС) 0,000001 лк.

Примечание. Существуют подклассы ЭОП (I+, II +,II++ и т.д.), являющиеся переходными вариантами. Иногда такая классификация носит чисто коммерческий характер.

Таблица 11 - Основные характеристики ЭОП

Поколения ЭОП		Тип фото-катода	Интегральная чувствительность, мкА/лм	Чувствительность на длинах волн 830-850 нм, мА\Вт	Коэффициент усиления, усл. ед.	Доступная дальность распознавания фигуры человека в условиях ЕНО**, м
0	"Стакан Холста"	S-1	20-40	около 1, ИК подсветка	--	--
	0	S-20	150-200	только при свете луны или ИК осветителе	До 100	40
	SUPER 0				100-200	40
I*	I	S-20	150-200		250-500	60
	I+	S-25	150-200	до 10	500-1000	90
	Super I^+	S-25R	250-350	25-35		110
II	II	S-25	220-300	18-25	$(2,5\text{-}3,0)\text{x}10^4$	150
	II^+					200
	Super II^+ или II^{++}	S-25R	350-500	30-40		250
III	III	Ga-As	1000-1350	70-120	$(3,0\text{-}4,0)\text{x}10^4$	250
	Mil-Spec III	Ga-As	1550-1800	80-190	$(3,0\text{-}5,5)\text{x}10^4$	300

* Не учитываются многокамерные ЭОПы и ЭОП с увеличенным диаметром фотокатода (25 мм против 18 мм), они предполагают специальные конструкции ПНВ.

** ЕНО - нормированная "естественная ночная освещённость", $5\text{x}10^{-3}$ лк, свет звёзд без света луны и облаков; ЭОП III - тоже, но при $5\text{x}10^{-4}$ лк, "пасмурном" свете звёзд, небо в облаках.

*** Характеристики фотокатода ЭОП IV поколения не отличаются от характеристик фотокатода ЭОП III поколения.

Таблица 12 - Дополнительные характеристики ЭОП

Поколения ЭОП	Разрешение линий пар/мм*	Соотношение сигнал/шум	Максимальный ресурс, ч	Цена,$
I	25-35	3,5	1000	300-400
I+	35	18-20	1000	600-800
II	32-38	18-22	1000-3000	1000-1500
II+	36-40	24-29		2200-5000
III	32-64	36	до 10 000	4000-10 000**
IV	65-70	150	до 10 000	***

* обычно нормируется по центру ЭОП. У ЭОП поколения I,I+,II (т.е. без микроканальной пластины) разрешение на краях изображения может уменьшаться в 10 раз.

**ЭОПы поколения III и выше вывозятся из США по специальной лицензии. Фирмы "Катод" (Новосибирск) и "Геофизика-НВ" (Москва) производят ЭОП III, предлагая их по ценам порядка 1500 - 1800$ в зависимости от типа конструкции и характеристик.

***В свободной продаже отсутствуют. ЭОП III и IV поколения имеют расширенный рабочий диапазон в ИК-области до 0,8-1,1 мкм.

Можно сказать, что разрешение современного ЭОП III поколения аналогично разрешению 2 Мп матрицы. К сожалению, столь высокое теоретическое разрешение обычно сильно портит малое соотношение сигнал шум. Действительно, в ТВ-наблюдении хорошим соотношением сигнал/шум считается 42 дБ или в 126 раз. Даже ЭОП III поколения не дают таких значений, и только вновь разрабатываемые ЗОП IV поколения обещают их превзойти.

Из опыта работы с ЭОП можно сказать, что это достаточно хрупкое изделие, имеющее склонность к деградации матрицы, имеющее значительную стоимость. К тому же ЭОП из-за лавинного нарастания электронов при сильной засветке крайне чувствителен к вспышкам выстрелов и свету прожекторов и солнца (вплоть до выгорания). Качество изображения портит и отсутствие полутонов. Это касается в первую очередь ЭОП I и II поколения. В более поздних версиях ЭОП эти недостатки сглажены (при засветке автоматически отключается высокое напряжение, а ЭОП с МКП мене чувствительны к внешней засветке).

Вывод

Если говорить о ЭОП последних поколений, то можно отметить, что по разрешению они не уступают обычным видеокамерам видеонаблюдения. Заявленная наработка на отказ для ЭОП последних поколений составляет 10000-20000 часов, что весьма прилично для таких специализированных приборов.

Следует помнить, что ЭОП не может работать без внешней подсветки цели. Например, в абсолютно закрытом подвале, ЭОП работать не будет. Укрытием от ЭОП будет являться густая растительность и маскхалат. Чувствительность ЭОП достигает 10^{-5} люкс, но этот поток света должен падать на объект наблюдения. Лавинное усиления электронов приводит к тому, что ЭОП крайне чувствителен к внешней засветке, есть проблемы с механической прочностью приборов, с тенденцией к деградации светочувствительного слоя ЭОП.

Конечно, иногда стоимость ЭОП, предлагаемая продавцами (в 10-12 тыс. $) завышена, за 6 тыс. $ можно купить вполне приличный тепловизор.

Примечание. Отечественный ЭОП III поколения можно приобрести за 1500-1800$.

Приведем типовые картины при наблюдении в ЭОП:

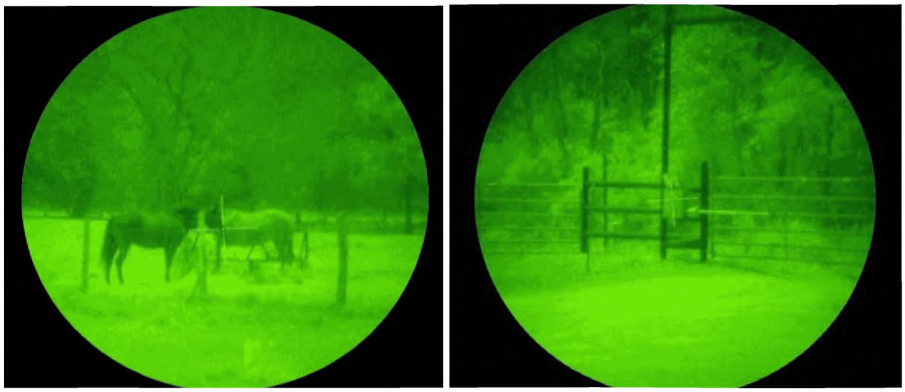

Рис. 26
Типичная картина при наблюдении в ЭОП при хорошем соотношении сигнал/шум

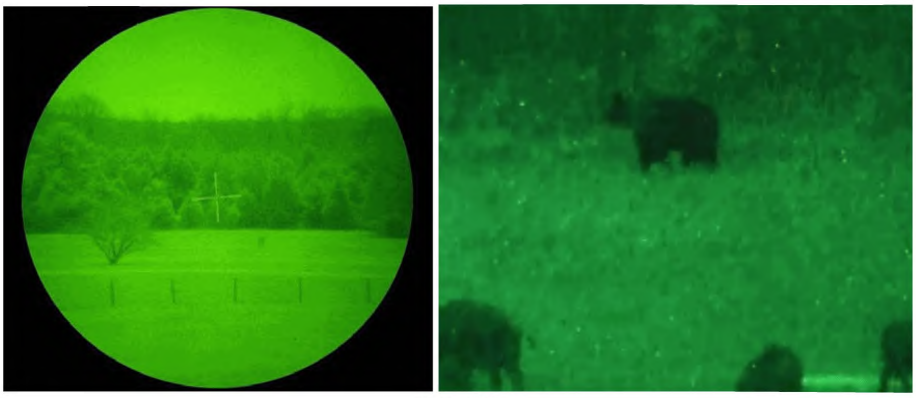

Рис. 27
Типичная картина при наблюдении в ЭОП при наличии дефектов
в светочувствительном слое

Рис. 28
Типичная картина при наблюдении в ЭОП объекта,
имеющего внешнее уличное освещение

5.1 Активно-импульсные ЭОП

Действие активно-импульсных (АИ) ПНВ основано на импульсном методе наблюдения, предложенном академиком А.А. Лебедевым в 1936 г. Суть метода сводится к следующему. Объект наблюдения освещается короткими световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения света до объекта и обратно. При этом объект наблюдается в оптический прибор, снабженный быстродействующим затвором, открывающимся в такт с посылкой световых импульсов на определенное время. В том случае, когда временная задержка между моментом излучения импульса и моментом открывания затвора равна удвоенному времени, необходимому для прохождения светом расстояния до объекта и обратно, наблюдатель будет видеть только сам объект и участок пространства, непосредственно его окружающий. Глубина этого пространства определяется как временем открытого состояния затвора, так и длительностью светового импульса.

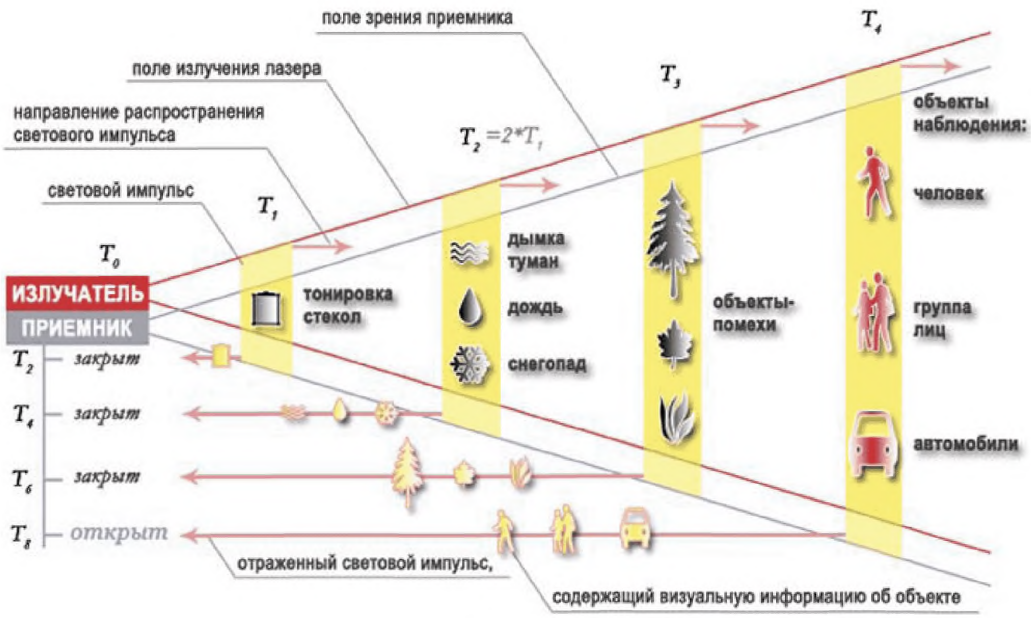

Рис. 29
Принцип работы активно-импульсных приборов

5.2 Примеры активно-импульсных приборов

Образец №1

Рис. 30
Прицел Образец №1

Основные характеристики:

- масса прицела с импульсным ИК осветителем - 970 г (без элемента питания);
- тип источника питания прицела - CR123A (3 В);
- тип источника питания импульсного ИК осветителя – CR123A (3 В), TR123A (3 В);
- прицел выполнен в коррозионностойком и ударопрочном корпусе.

Прицел предназначен для наблюдения за местностью и ведения прицельной стрельбы в сумерки и в ночное время из охотничьего оружия.

Прицел построен с применением ЭОП поколения 2+. В прицеле реализован принцип импульсного управления соотношением времён открытого и закрытого состояния ЭОП. В пассивном режиме работы это позволяет обеспечить повышенную помехозащищенность от импульсных и непрерывных как точечных, так и протяженных источников света.

В состав прицела входит импульсный ИК осветитель, при включении которого обеспечивается активно-импульсный режим работы прицела. Такой режим позволяет управлять положением зоны подсвета в пространстве, что обеспечивает возможность наблюдения в ухудшенных метеоусловиях (дождь, снег, легкий туман) и работу с осветителем даже при наличии помех в виде веток, кустов, высокой травы и т. п.

Отличительной особенностью прицела является полное отсутствие обратной засветки от различных объектов в ближней зоне наблюдаемой сцены и возможность выбора оптимального варианта наблюдения объекта (свет перед объектом, свет на объекте, свет за объектом).

Рис. 31
Пример наблюдения в прицел (свет перед объектом)

Рис. 32
Пример наблюдения в прицел (промежуточное положение освещения)

Рис. 33
Пример наблюдения в прицел (свет за объектом)

Таблица 13 - Технические характеристики прицела Образец №1

Поколение ЭОП	2+
Дальность видимости при свете луны, не менее	750 м
Увеличение	4,2±0,5 крат
Угловое поле зрения	8°
Диапазон фокусировки объектива	от 15 м до ∞
Диоптрийная подвижка окуляров	от −4 до +4 диоптрий
Удаление выходного зрачка	45 мм
Масса	830 г
Параметры импульсного ИК осветителя	
Длина волны	850 нм
Угол расходимости	4-8 °
Режим работы импульсный, частота	50 кГц
Масса	140 г

Активно-импульсный ночной визир Образец №2

Ночной визир Образец №2 предназначен для наблюдения целей в условиях пониженной освещённости и полной темноты, как в пассивном режиме (обычный ПНВ), так и в режиме активно-импульсной лазерной подсветки (АИЛП).

Режим АИЛП, использующий принцип оптического затвора, работающего синхронно с лазерным осветителем, позволяет вести разведку и прицельную стрельбу не только в неблагоприятных метеоусловиях, но и в условиях задымления. Режим АИЛП обеспечивает увеличение контраста наблюдаемых целей в 20-50 раз с высокой вероятностью их обнаружения и опознавания.

Рис. 34
Ночной визир Образец №2

Таблица 14 - Технические характеристики ночного визира Образец №2

Длина волны лазерного осветителя	0,82–0,86 мкм
Спектральный диапазон приемника	0,7–0,9 мкм
Поле зрения	9,65 °
Угол подсветки лазерного осветителя	3,0 угловых градусов
Дальность видения в режиме	
пассивный	350 м
активно-импульсной селекции целей до	700 м
Предельная электронная зона видения	до 995 м
Средняя мощность лазерного осветителя	0,2 Вт
Глубина просматриваемой зоны	25 м, 75 м
Напряжение питания	12 В
Потребляемая мощность	6 Вт
Масса	2,5 кг

Образец №3

Системы Образец №3 имеют два оптических датчика: цветную камеру и ICCD камеру (ЭОП) с мощными объективами, которые сопряжены с импульсным лазерным излучателем. Ахроматические объективы камер обеспечивают одинаково сильное и качественное увеличение изображения как днём, так и ночью. Для наблюдения в светлое время также поставляется цветная камера с широким полем зрения. Система дополнительно комплектуется тепловизионной камерой, которая устанавливается на корпусе сверху. Существует модификация, где тепловизионная камера встраивается внутрь корпуса.

Рис. 35
Система Образец №3

Таблица 15 - Технические характеристики системы Образец №3

Объектив	
Оптическое увеличение	До 75х
Поле зрения (горизонтально)	От 0,5° до 10°
Фокусное расстояние	100 мм
Активно-импульсная CCD камера	
Тип сенсора	Модифицированный ЭОП поколения 3
DALIS™ (система лазерной подсветки)	
Длина волны	808 нм (опционально 860 нм)
Потребляемая мощность	7,5 Вт
Система охлаждения	Воздушная термо-электрическая
Цветная камера	
Поле зрения	Зависит от объектива (0,5° - 10°)
Минимальная освещенность	2 лк
АРУ	+
Видеомонитор	
Разрешение	EIA - 659 x 494, CCIR - 782 x 582
Графический интерфейс	Тачскрин разрешением 1024 x 768
Порты	
Управление и контроль	Ethernet (TCP/IP)
Видео выход	75 Ом
Требования к окружающей среде	
Защита корпуса IP	IP-65
Рабочая температура	От -20 °С до 40 °С
Температура хранения	От -20 °С до 60 °С
Физические характеристики	
Вес	22 кг
Размеры	55 x 35 x 21 см
Питание	100-240 В, 47 - 63 Гц
Потребляемая мощность	<165 Вт

Рис. 36
Дальности обнаружения и идентификации целей 2,3х2,3 м и 1,8х0,5 м

Вывод

- длиннофокусная (F= до 100 мм) комплексная система видеонаблюдения, состоит из видеокамеры, ЭОП третьего поколения с активно-импульсной подсветкой лазером;

- система дополнена тепловизором на базе микроболометра;

- заслуживает внимание комплексным подходом (три системы видеонаблюдения), большими входными окнами объективов.

Активно-импульсная видеокамера Образец №4

Рис. 37
Внешний вид активно-импульсной видеокамеры Образец №4

Видеокамера Образец №4 обеспечивает обнаружение средств наблюдения и прицеливания. Оснащена системой бесперебойного питания на основе встроенной Li-Ion батареи. Представлена в шести модификациях, которые по своим техническим возможностям условно подразделяют применение на городское, полевое и комбинированное.

Имеет интерфейс внешнего управления и получения видеоизображения для интеграции в действующие системы видеонаблюдения. Функции внутреннего контроля и самодиагностики обеспечивают повышенную надежность работы камеры.

Назначение

- получение видеоизображения местности и располагающихся на ней объектов;

- распознавание объектов: человека, автотранспорта, судов, зданий и других;

- обнаружение и распознавание маскирующихся объектов по контрасту с подстилающей поверхностью или по отражающей способности маскировочных материалов;

- обнаружение оптических приборов, ведущих наблюдение или прицеливание;

- наблюдение за объектами, находящимися за тонированными стеклами;

- наблюдение за объектами из-за тонированного стекла.

Образец №4 может применяться в условиях дождя, снега, тумана.

Технология активно-импульсного видения позволяет получать качественное изображение объектов в условиях дымки, тумана, дождя, снегопада на значительных для класса ручных приборов расстояниях. Рабочий диапазон освещенности составляет от 0 до 50000 лк, что перекрывает весь диапазон естественных условий освещенности для европейского континента. Прибор способен подстраиваться к внешним условиям. Это обеспечивает получение качественного изображения объектов независимо от их освещенности и общего светового фона.

Таблица 16 - Технические характеристики видеокамеры Образец №4

Модельный ряд ТВ камер	TLS-2004	TLS-2014	TLS-1604	TLS-1614	TLS-1304	TLS-1314
Поле зрения (H x V)	5,5° × 4,1°	7,3° × 5,4°	5,5° × 4,1°	7,3°× 5,4°	5,5°× 4,1°	7,3°× 5,4°
Дальность распознавания						
- фигуры человека	до 600 м	до 400 м	до 500 м	до 350 м	до 400 м	до 250 м
- грузового автомобиля	до 900 м	до 600 м	до 750 м	до 500 м	до 600 м	до 400 м
Дальность обнаружения оптики с объективом						
30мм	до 1000 м	до 600 м	до 800 м	до 500 м	до 600 м	до 400 м
100мм	до 2000 м	до 1200 м	до 1600 м	до 1000 м	до 1200 м	до 800 м
Поколение ЭОП	3		2+ (XD4, XR-5)		2+	
Стандарт видеосигнала	CCIR					
Протокол управления	RS485					
Время работы от батареи	до 3,5 ч					
Вес с батареей	1,80 кг					
Габаритные размеры	235×145×70 мм					

Активно-импульсная телевизионная система Образец №5

Образец №5 - малогабаритный активно-импульсный телевизионный прибор без применения ЭОП на базе ПЗС фотоприемника с электронным затвором. В качестве излучателя применены два полупроводниковых лазера с импульсной мощностью до 200 Вт, работающих на длине волны 905 нм. В качестве приемника излучения используется ПЗС-матрица форматом 752x582 пикселей. Система использует разработанный комплект узкополосных фильтров, предназначенных для селекции излучения при использовании прибора в условиях повышенной освещенности наблюдаемой сцены.

Рис. 38
Образец №5

Дальность обнаружения оптических систем типа «оптический прицел» или «камера наблюдения» прибором составляет до 850 м при окружающей освещенности до 10000 лк. Прибор может быть использован в качестве системы «антиснайпер».

5.3 Рекомендации по применению активно-импульсных приборов

Активно-импульсные приборы на базе ЭОП или ТВ камер являются дальнейшим шагом в области развития приборов ночного видения, поскольку использование импульсной подсветки позволяет производить наблюдение при тумане, снеге, дожде. Однако, надо понимать, что активно импульсные приборы унаследовали от традиционных ЭОП весь набор как положительных так и отрицательных свойств.

Создание активно-импульсных приборов на базе ТВ камер не получило широкого распространения, что связано с трудностями управления ПЗС или КМОП матрицами стробами малой длительности (чтобы получить глубину просмотра в 3 м длительность строба должна быть 10^{-8} с). Стандартные ТВ матрицы под такие требования не рассчитывались и не создавались. Несмотря на это, наиболее перспективным направлением развития активно-импульсных приборов является развитие телевизионных активно-импульсных приборов. На данном этапе развития существующие образцы больше сориентированы на военное назначение, но, возможно, в скором времени появятся достаточно недорогие изделия и для гражданского применения.

6 Тепловизоры

Подробно виды тепловизоров и особенности их работы описаны в «Рекомендациях по применению тепловизионного оборудования в системах охранного телевидения» от 2012 г. Коротко рассмотрим виды и особенности тепловизоров.

Тепловизоры можно разделить на следующие типы:

- стационарные;
- переносные;
- с охлаждением приемника ИК-излучения (например, на базе КРТ);
- без охлаждения приемника ИК-излучения (например, на базе микроболометра).

По типу структуры приемника:

- в виде матрицы (например, 328 х 256 пикселя);
- в виде линейки (например, 288 х 4 пикселя).

По типу сканирования окружающего пространства:

- с механическим сканированием (при этом обычно применяется приемник в виде линейки);
- без механического сканирования (при этом обычно применяется приемник в виде одной или несколько матриц).

Возможности тепловизора:

- работа в полной темноте;
- регистрация объекта при дожде и снеге.

Примечание. Дальность регистрации объекта при дожде и снеге снижается незначительно, в тумане дальность регистрации объекта падает сильно, поэтому рассматривать тепловизор, как абсолютное средство обнаружения неправильно.

Недостатки тепловизора:

- обычно более низкое разрешение, чем у ПЗС камеры;
- огромная цена;
- тенденция к деградации матрицы, особенно для охлаждаемых матриц и сложных соединений типа кадмий-ртуть-теллур (КРТ). Для болометра на основе оксида ванадия тенденция к деградации матрицы меньше, но есть и тут ограничения - время работы около 40000 часов (4,5 года).

Выбор спектрального диапазона наблюдения тепловизора:

Выбор спектрального диапазона наблюдения зависит от основных целей, которые предполагается обнаруживать. Если основной целью является боевая техника в рабочем состоянии, то предпочтителен диапазон наблюдения 3-5 мкм, а если основной объект наблюдения человек, то предпочтителен диапазон наблюдения 8-12 мкм.

Выбор класса тепловизора в зависимости от значимости объекта охраны, цели тепловизионного наблюдения и финансовых затрат потребителя:

Наиболее дешевым классом тепловизоров являются тепловизоры на основе неохлаждаемой матрицы, к тому же они обладают достаточным сроком эксплуатации. Они не требуют большого энергопотребления и позволяют изготавливать малогабаритные тепловизоры. Следует только учесть, что параметры по чувствительности у таких тепловизоров наихудшие.

Тепловизоры, устанавливаемые на боевую технику (в основном в качестве тепловизионных прицелов), в абсолютном большинстве выполняются на основе матриц глубокого охлаждения (КРТ, InSb, или арсенид галлия (QWIP)) или на основе термоэлектрического охлаждения (PbS). Боевая техника за свой цикл жизни на поле боя не успевает исчерпать рабочий ресурс охлаждаемого тепловизора.

При отсутствии освещенности, при нежелании обнаруживать себя в процессе наблюдения, в тумане, дожде, дыму, при оптической дымке используется ИК диапазон наблюдения (желательно не менее чем в двух спектральных диапазонах 3-5 мкм и 8-12 мкм). Поэтому использование двухспектральных матриц очень привлекательно. На практике в многоспектральных системах обычно используют компоненты в следующих вариациях.

Вариант 1

- оптический прибор наблюдения (стационарный многократный бинокль, телескоп), наблюдение осуществляется человеческим глазом. Ночью освещение осуществляется прожектором;
- низкоуровневая ТВ-камера, часто с ИК подсветкой;
- тепловизор на диапазон 3-5 мкм или 8-12 мкм.

Вариант 2

- оптический прибор наблюдения (стационарный многократный бинокль, телескоп). Наблюдение осуществляется человеческим глазом. Ночью освещение осуществляется прожектором;
- электронно-оптический прибор ЭОП, с активно-импульсной лазерной подсветкой;

- тепловизор на диапазон 3-5 мкм или 8-12 мкм.

Вариант 3

- включает в себя вариант 1 или вариант 2 и радиолокационную станцию обнаружения.

Таким образом, выбор средств обнаружения, в том числе и тепловизионных, складывается из множества факторов, которые надо учитывать.

Предложения на рынке тепловизионного наблюдения

Следует учесть, что ряд отечественных производителей матриц к тепловизорам и тепловизоров предлагает свою продукцию потребителю в достаточно широком ассортименте. Номенклатура продукции соответствует иностранным предложениям.

Анализируя отечественную продукцию, можно отметить, что типовой размер матрицы обычно соответствует 320 х 240 пикселей, хотя единичные или опытные матрицы могут быть и мегапиксельного формата.

Здесь необходимо отметить, что максимальный формат иностранных матриц, поставляемых в Россию не превышает 640 х 480 пикселей, матрицы размеров 1024 х 1024 пикселей в Россию принципиально не поставляются. Поэтому проигрыш отечественных разработчиков по разрешению не больше чем 4 раза для матричных приемников.

Примечание. В настоящее время сообщается о разработке отечественных охлаждаемых матриц 4 мегапиксельного разрешения (2048х2048 пикселей) для применения в аппаратах космического мониторинга земной поверхности.

Использование механического сканирования может на порядки увеличить разрешение тепловизора, но при этом снижается надежность конструкции из-за механического привода и уменьшается частота кадров.

Большинство отечественных матриц является матрицами глубокого охлаждения и используют материалы типа КРТ, InSb, или арсенид галлия (QWIP) (сказывается военная родословная таких матриц). Эти матрицы отличаются хорошей чувствительностью, но требуют глубокого охлаждения, моторесурс таких тепловизоров не превышает 7 тыс. часов. При этом есть ограничения по количеству термоциклов (нагрев матрицы в выключенном состоянии и охлаждение при работе), т.е. желательно, чтобы такой тепловизор работал непрерывно. (Все выше сказанное про матрицы глубокого охлаждения справедливо и для импортных матриц такого типа).

В настоящее время отечественные производители тепловизоров на основе неохлаждаемых матриц (обычно микроболометров) берут матрицы импортного производства

(обычно из Франции) и делают свою оптику и систему управления тепловизором и обработки тепловизионного изображения.

Многие отечественные производители отечественных тепловизоров являются предприятиями ВПК и находятся в трудном положении из-за отсутствия должного финансирования со стороны государства, что может сказываться на сроках изготовления и качестве продукции. При этом следует учесть, что отечественная продукция, как правило, значительно дешевле импортной продукции с аналогичными техническими параметрами. В настоящее время общий ассортимент тепловизоров с учетом иностранных предложений огромен.

Сопряжение тепловизора с СОТ не представляет больших трудностей, поскольку практически все стационарные тепловизоры имеют выходы в стандарте «PAL» или «NTSC». При отсутствии стандартных телевизионных выходов от тепловизора данное преобразование, возможно, осуществить путем написания драйвера, осуществляющего необходимую конвертацию. В остальном, для изображения, получаемого с тепловизора, возможны все функции, реализуемые в системе охранного телевидения (видеодетектор движения, трассировка траектории движущегося объекта, распознавание класса цели и т.д.)

Обобщение:

1) Тепловизор обеспечивает формирование видеоизображения, формат которого аналогичен формату камер телевизионного наблюдения. Возможность работы тепловизора в диапазоне 3-5 или 8-12 мкм, по сравнению с диапазоном 0,35-1,1 мкм ПЗС матриц определяет его специфические возможности.

2) Наиболее оправданным является использование тепловизоров для охраны особо важных объектов, имеющих большое открытое пространство, например, таких как: взлетно-посадочные полосы аэропортов, открытая территория вокруг АЭС, морские акватории в портах и т.д.

При этом условиями, определяющими целесообразность использования тепловизоров, являются следующие факторы:

- надежность охраны объекта является первостепенным фактором, стоимость оборудования - вторичный параметр;

- при оценке предполагаемой стоимости установки тепловизора необходимо учитывать стоимость используемой оптической системы. Стоимость оптической системы может составлять основную часть стоимости тепловизора. Например, тепловизор фирмы «FLIR» PT-304 отличается от тепловизора F-307 той же фирмы только объективом (разными

углами поля зрения и соответственно фокусными расстояниями объективов), а разница по цене при этом отличается в 3,3 раза;

- использование тепловизора дает экономический эффект по сравнению с применением традиционных средств охраны (обычно это проявляется при сложном профиле местности или изломанном периметре охраняемого объекта);

- использовать иные средства охраны затруднительно или невозможно, (например, необходимо охранять подходы по водной поверхности или через болотистую местность);

- необходимо вести скрытое наблюдение;

- необходимо обнаружить нарушителя как можно дальше от физического рубежа охраны с целью обеспечения необходимого времени прибытия группы быстрого реагирования.

Рассмотрим несколько сцен при наблюдении в тепловизор и ЭОП.

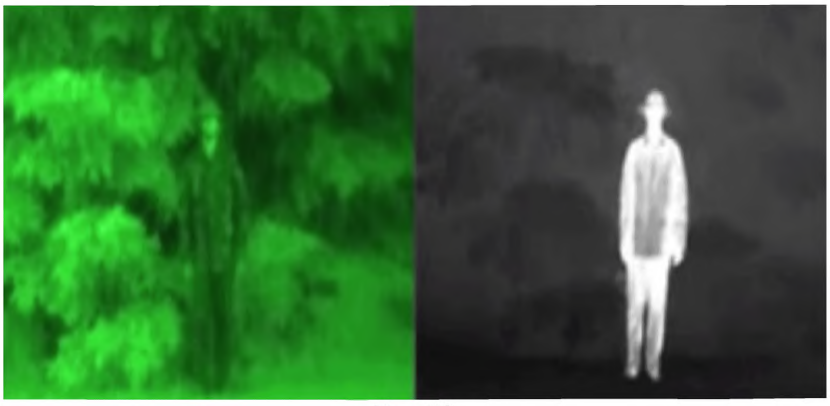

Рис. 39
Слева - изображение при наблюдении в ЭОП, справа – тепловизор

Рис. 40
Слева - изображение при наблюдении в ЭОП, справа – тепловизор

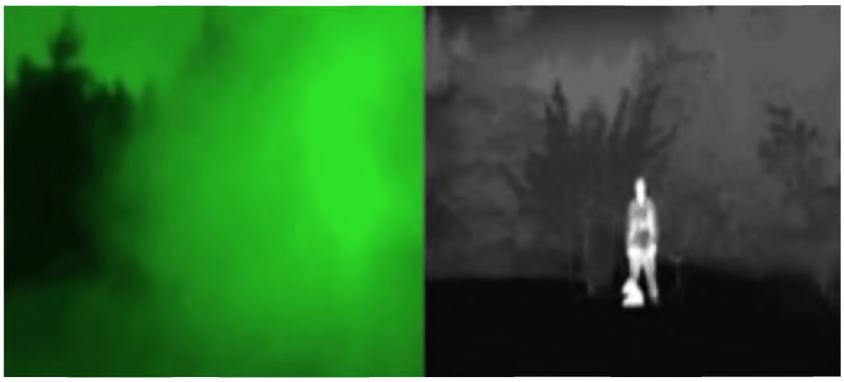

Рис. 41
Слева - изображение при наблюдении в ЭОП, справа – тепловизор «FLIR»

Таким образом, можно наглядно наблюдать, что при наблюдении в ЭОП разрешение лучше, более детально можно наблюдать отдельные ветки и растительность, но человек в камуфляжной одежде практически неразличим. Тепловизор достаточно контрастно выделяет контур человека. При уменьшении размеров объектов данная особенность проявляется ещё в большой степени. Дым полностью маскирует человека при наблюдении в ЭОП и в гораздо меньшей степени влияет на четкость изображения при наблюдении с помощью тепловизора.

6.1 Рекомендации по применению тепловизоров

Прежде всего, применение тепловизоров ограничено их высокой ценой, но при наличии достаточного финансирования можно получить эффективный инструмент для наблюдения. Тепловизор наиболее эффективен для обнаружения человека в условиях полной темноты, тумана или задымления. Кроме того, тепловизор покажет нагретые элементы недавно остановившегося транспорта и поможет в других случаях, когда температура различных элементов конструкций важна для оценки текущей обстановки. Важно отметить, что существуют довольно компактные модели тепловизоров, позволяющие носить его при себе и применять в случае необходимости.

7 Приемники терагерцового (миллиметрового) диапазона

Тера́герцевое (ТГц) излучение - вид электромагнитного излучения, спектр частот которого расположен между инфракрасным и сверхвысокочастотным диапазонами. Границы между этими видами излучения в разных источниках определяются по-разному. Максимальный допустимый диапазон ТГц частот 10^{11}-10^{13} Гц, диапазон длин волн 3-0,03 мм соответственно. Такие волны ещё называются субмиллиметровыми, если длина волны попадает в диапазон 1-0,1 мм.

До недавнего времени большая часть терагерцового спектра не использовалась в связи с тем, что отсутствовали как источники, так и приемники излучения этого диапазона. Поэтому терагерцевый участок электромагнитного спектра назвали «терагерцевым провалом». В России развитие данного направления радионаблюдения связывают в первую очередь с институтом ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, т. к. данное излучение пришлось регистрировать при работе синхротрона.

Одним из достоинств терагерцевого излучения является меньшее ослабление при неблагоприятных условиях наблюдения, см. Рис. 42.

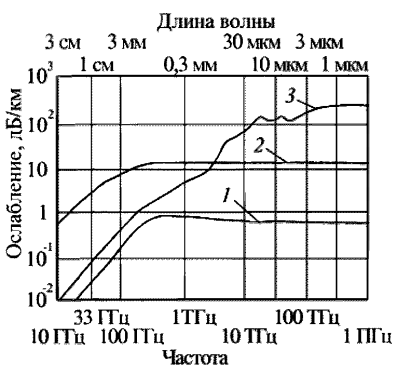

Рис. 42
Зависимость ослабления излучения при пониженной прозрачности атмосферы
1 – моросящий дождь (интенсивность 0,25 мм/ч), 2 – сильный дождь
(интенсивность 25 мм/ч); 3 – туман (видимость 50 м)

Терагерцевое излучение - не ионизирующее, легко проходит сквозь большинство диэлектриков, но сильно поглощается проводящими материалами и некоторыми диэлектриками.

Наиболее перспективным направлением использования ТГц-технологий с использованием ультракоротких импульсов, по-видимому, является терагерцевая

томография и терагерцевая локация. Принципиальная схема терагерцевой локации приведена на Рис. 43.

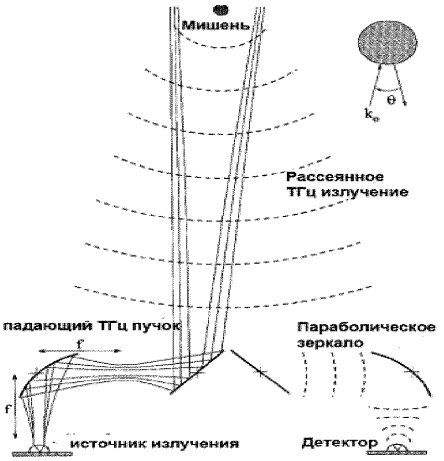

Рис. 43
Принципиальная схема ТГЦ-локации

Источник терагерцевого излучения, формирующий фемтосекундные (1фс = 10^{-15} с) импульсы, с использованием параболического и простого металлических зеркал освещает цель, расположенную на удаленном расстоянии. Рассеянное и отраженное от цели терагерцевое излучение коллимируется оптической системой и попадает на детектор, включаемый в момент времени, соответствующий удвоенному проходу терагерцевого излучения до цели. В дальнейшем время включения детектора регулируется с использованием оптической линии задержки и регистрируется временная картина отраженного терагерцевого сигнала.

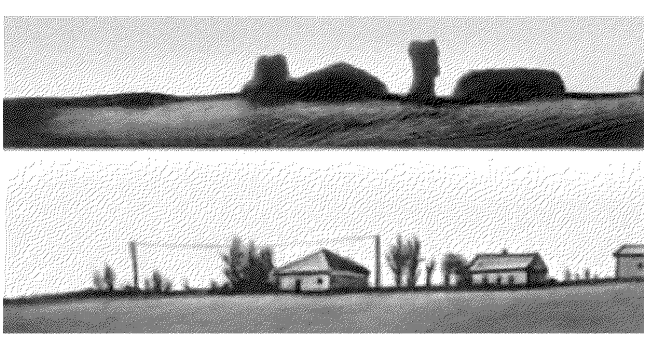

Рис. 44
Изображения местности, полученные в условиях плохой видимости:
вверху - на обычной фотографии;
внизу - на экране радиоинтроскопа, с помощью радиоволн восьмимиллиметрового диапазона, в пассивном режиме.

Огромным достоинством ТГц диапазона является возможность изготовить фокусирующие линзы из таких дешевых материалов как полиэтилен.

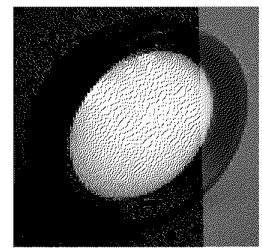

Рис. 45
Полиэтиленовые линзы для ТГц диапазона

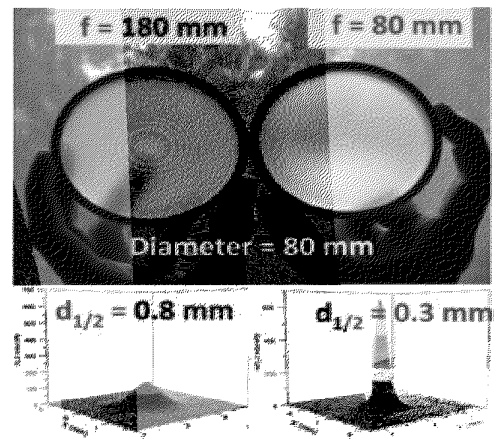

Рис. 46
Киноформные дифракционные линзы (КДЛ) (линзы Френеля)

Линзы с параболическим профилем френелевских зон изготавливаются из полипропилена методом горячей вакуумной штамповки с использованием металлической штамповочной матрицы.

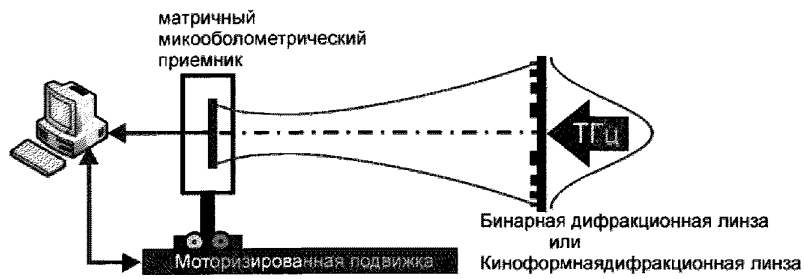

Рис. 47
Схема исследования дифракционных линз

7.1 Мобильная радиолокационная станция миллиметрового диапазона Образец №1

Рис. 48
Образец №1

Назначение: обнаружение неподвижных и движущихся наземных (надводных) объектов (людей и техники) в любое время суток и года в условиях задымленности, снегопада, дождя, пыли, тумана при отсутствии оптической видимости.

Режим распознавания позволяет по характерной окраске спектра сигнала классифицировать движущиеся цели (человек, группа людей, колесный и гусеничный транспорт, плавательное средство, помеха). Изделие безвредно для здоровья человека, не создает помех радиотехническим средствам. Станция может управляться дистанционно с автоматизированного рабочего места по скрытному помехозащищенному радиоканалу или волоконно-оптической линии связи.

Таблица 17 - Технические характеристики мобильной радиолокационной станции миллиметрового диапазона Образец №1

Основные характеристики	
Зона обзора:	
- в азимутальной плоскости	± 180°
- в угломестной плоскости	± 10°
- по дальности	20 – 1800 м
Дальность обнаружения наземных неподвижных и движущихся с радиальной скоростью до 100 км/час целей	
- одиночного человека (без вооружения)	до 1100 м
- легкового автомобиля (плавательного средства)	до 1800 м
Разрешающая способность РЛС по дальности	от 3,75 до 25 м
Ширина диаграммы направленности передающей и приемной антенн	4 м
Мощность передатчика	не более 0,09 Вт
Диапазон частот	36 … 37,8 ГГц
Вид излучаемого сигнала	непрерывный гармонический широкополосный
Масса (с поворотным устройством)	не более 15 кг

Переносной измерительный радиометрический комплекс Образец №2

Переносной измерительный радиометрический комплекс Образец №2, доставляемый к месту использования на наземном транспортном средстве и эксплуатируемый оператором вручную, предназначен для обеспечения:

- дистанционного определения толщины пленки нефти на водной поверхности;
- регистрации результатов наблюдений с привязкой к данным приемника GPS и выдачи их в IBM совместимую ПЭВМ.
- сопровождения развития нефтяных выбросов и процессов ликвидации экологических эксцессов путем оперативного анализа динамики очаговых и остаточных (локальных) явлений выбросов нефти.

Рис. 49
Переносной измерительный радиометрический комплекс Образец №2

Состав:

- три радиометрических датчика;
- цифровые датчики азимутальной и угломестной координат;
- контроллер на базе микрокомпьютера Octagon-6040;
- дисплей;
- устройство ввода служебной информации;
- приемник сигналов GPS;
- устройство вывода информации на компьютер;
- ИК измеритель температуры.

Программное обеспечение позволяет:

- обрабатывать данные, архивировать и накапливать информацию;
- отображать служебную информацию и результаты измерений на дисплее;
- контролировать измерения, выводить на компьютер и печать протоколы измерений.

Таблица 18 - Технические характеристики Образца №2

Принцип измерений	изменение отношения коэффициентов отражения на вертикальной и горизонтальной поляризации от толщины пленки нефти на поверхности воды
Рабочий диапазон РД	33-35 ГГц 10,7-11,7 ГГц 11,7-12,7 ГГц
Чувствительность	0,07 К/с
Поляризация	вертикальная, горизонтальная
Рабочий угол наблюдений	50-60°
Тип нефтепродукта	сырая нефть, машинные масла, мазут, дизтопливо, бензин
Диапазон измерений толщины	0,2-12 мм
Время измерений	от 0,2 до 1 сек (штиль)
Время измерения	от 5 до 20 сек (волнение до 2 баллов)
Погрешность измерений	0,1 мм (среднеквадратичная)
Время прогрева	не более 1 мин
Диапазон рабочих температур	от - 20 до + 50 °С
Погодные условия	облачность, дождь до 3 мм/час
Источник питания (аккумулятор)	+12 В
Время непрерывной работы	8 часов
Исполнение	пыле-влагозащищенное
Вес	5,5 кг (без источника питания)

Носимый радиолокатор Образец №3

Образец №3 – носимый радиолокатор, устанавливаемый на треноге и выполняющий те же функции, что и патрульный радиолокатор, но при сканировании в секторе 120° с увеличенной дальностью действия.

Рис. 50
Носимый радиолокатор Образец №3

Технические характеристики радиолокатора Образец №3

- зона обзора:
  - по азимуту: 0–360°;
  - по дальности: 0–1,6 км;
- дальность обнаружения целей, движущихся с радиальной скоростью 2-50 км/час:
  - одиночный человек: 600-800 м;
  - автотранспорт: до 1600 м;
- разрешающая способность РЛС:
  - по пеленгу: 5–6°;
  - по дальности: 100–200 м;
  - в режиме распознавания: 50 м;
- частота 36 ГГц;
- мощность передатчика: 30 - 40 мВт;
- вид излучаемого сигнала: непрерывный с фазокодовой манипуляцией;
- диаметр раскрыва антенны: 90 мм;
- электропитание: от встроенного аккумулятора 12 В, 3 А/ч;
- электропотребление: 8 Вт;
- диапазон рабочих температур: от - 20 до + 60°С;
- масса аппаратуры: 5 - 6 кг;
- время развертывания с полной подготовкой к работе: не более 1 мин.

Система ближнего пассивного радиовидения 3-мм диапазона

Система пассивного радиовидения 3 мм диапазона, предназначена для обнаружения скрытых под одеждой потенциально опасных предметов. Система позволяет с разрешением 5 мм при температурной чувствительности 0.5 К в реальном времени обнаруживать изделия из металла, керамики и в виде заполненных жидкостью емкостей.

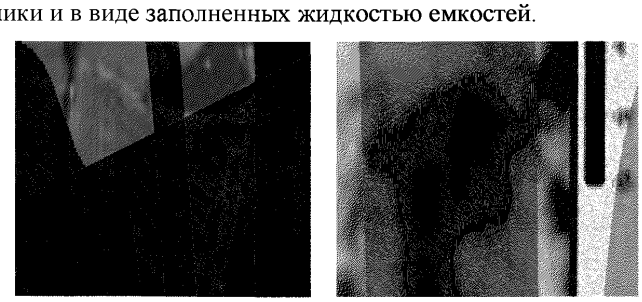

Рис. 51
Макет пистолета под одеждой. Оптическое изображение и радиоизображение

Рис. 52
Открытый макет пистолета. Оптическое изображение и радиоизображение

Рис. 53
Радиоизображение предметов скрытых под курткой

7.2 Сверхширокополосные технологии для охраны территории

В основе большинства охранных систем лежат алгоритмы обнаружения изменения состояния охраняемой зоны. Сверхширокополосные (СШП) радиосистемы обнаруживают изменение положения объектов, расположенных в зоне их действия. Большие значения несущей частоты сверхширокополосных радиосистем, находящиеся в пределах от 3 - 10 ГГц, дают им высокую фазовую чувствительность и позволяют обнаруживать изменения положения объектов величиной со спичечный коробок на расстояниях до 100 метров. Такие системы не чувствительны к туманам, осадкам и времени суток и способны вести

наблюдение даже через оптически непрозрачные препятствия. Помимо обнаружения движения СШП охранные системы способны измерять положение объекта, производящего движение, с точностью до 5 см. Это дает возможность построения систем слежения и ведения обнаруженного объекта. Так как частота электромагнитного сигнала радиосистемы ниже частоты видимого и инфракрасного (ИК) диапазонов, то подобные сигналы обладают гораздо большей проницающей способностью, чем ИК и видеосистемы. Это говорит о том, что СШП системы охраны менее требовательны к рельефу и форме охраняемой зоны.

Радар для обнаружения людей за оптически непрозрачными преградами

Для повышения безопасности бойцов спецподразделений при проведении операций и для быстрого поиска пострадавших людей при ликвидации последствий природных и техногенных катастроф, необходимы технические средства, позволяющие обнаруживать живых людей за оптически непрозрачными преградами: в дыму, за стенами различной толщины, под снежными лавинами и развалинами зданий и сооружений. Наиболее пригодны для решения этой задачи сверхширокополосные (СШП) радары, работающие импульсами длительностью в 1-2 наносекунды.

Малая длительность сигнала обеспечивает высокую точность определения местоположения человека за преградой и устойчивую работу радара в условиях многократных переотражений от окружающих предметов. Возможно обнаружение человека, находящегося за кирпичной стеной, имеющей толщину 50 см, как при перемещении человека по помещению, так и при его неподвижном положении - по движению грудной клетки.

Рис. 54
Внешний вид сверхширокополосного радара

Радар может вести наблюдение, находясь на расстоянии до 5-10 метров от препятствия, и обеспечивать обнаружение двигающегося и неподвижного человека на расстоянии до 10 метров за препятствием. Дистанция за препятствием разделена на элементы разрешения протяженностью 30 см. Погрешность измерений не превышает 5%.

Радар имеет два рабочих режима: обнаружение двигающегося человека с темпом 2 с и обнаружение неподвижного человека с темпом 10 с. Переход из одного режима в другой производится вручную. Информация о дальности до обнаруженных объектов отображается на светодиодном табло на верхней панели радара. Для одновременного наблюдения за всей дистанцией, радар позволяет наблюдать на экране выносного монитора сигналы, отраженные от движущего человека из каждого элемента дальности. Элементы дальности, в которых уровень сигнала превысил порог, высвечиваются на светодиодном табло радара.

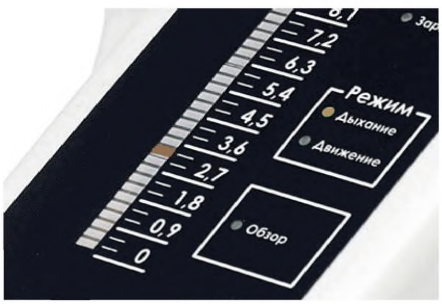

Рис. 55
Внешний вид светодиодного индикатора сверхширокополосного радара

Корпус радара обеспечивает его защиту от пыли и влаги и выдерживает механические нагрузки в соответствии с действующими нормами.

7.3 Перспективные разработки в области терагерцового наблюдения

Видеокамера терагерцового диапазона

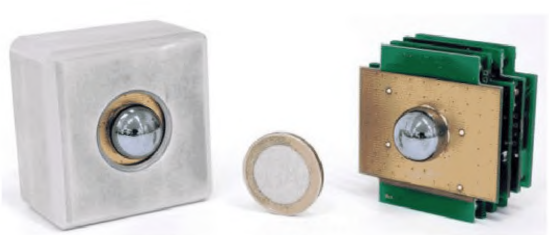

Рис. 56
Внешний вид камеры терагерцового диапазона

До последнего момента все устройства, работающие в терагерцовом диапазоне, были громоздкими, дорогостоящими и медленными. В них для регистрации терагерцового излучения использовали диоды Шоттки или микроболометры. Детектор на основе диодов Шоттки обычно содержит один или несколько пикселей, которыми выполняют последовательное сканирование всей сцены съемки, а это, как понятно, процесс весьма медленный. Микроболометры могут быть объединены в матрицы, но для обеспечения их высокой чувствительности требуется охлаждение до весьма низких температур.

Команда, состоящая из исследователей университета Вупперталя, Германия, и французского отделения швейцарской компании ST Microelectronics, разработала CMOS-камеру, способную снимать видео в терагерцовом диапазоне.

Эта камера, основой которой является кремниевая транзисторная матрица, имеет всего 1024 пикселя. Создание данной камеры демонстрирует, что терагерцовые технологии вскоре могут стать дешевыми и общедоступными. Сканирующие детекторы с единственным пикселем стоят около 10 тысяч долларов, поэтому появление детектора, который может выпускать любой производитель полупроводниковых чипов, является настоящим прорывом.

Создание терагерцового транзисторного детектора являлось труднейшей задачей, потому, что даже самые лучшие образцы кремниевых транзисторов не могут работать на частотах выше нескольких сотен гигагерц, не приближаясь к краю терагерцового диапазона. Это ограничение обуславливается тем, что электронам требуется какое-то время, что бы физически переместиться с одного края кристалла транзистора к другому. Эта задержка обуславливает частоту среза транзистора - максимальную частоту, которую способен передать через себя транзистор. В 1996 году физики Мишель Дяконов (Michel Dyakonov) и Майкл Шур (Michael Shur) теоретически показали, что ограничение частоты среза может быть преодолено в полевых транзисторах особого вида. И хотя выше частоты среза транзистор уже не сможет усиливать сигнал, подаваемый непосредственно в канал транзистора, он будет передавать его почти без искажений.

Матрица терагерцовой камеры была представлена на Международной конференции по твердотельным схемам (International Solid-State Circuits Conference), проходившей в Сан-Франциско. Транзисторы матрицы и антенны выполнены на одном кремниевом кристалле с использованием 65-нм технологии. Матрица устанавливается сзади линзы, изготовленной из кремния, которая, в отличие от стекла, прозрачна в терагерцовом диапазоне. Готовая камера может снимать с частотой 25 кадров в секунду, потребляет совсем немного энергии и подключается к другим устройствам через интерфейс USB.

Перспективы развития исследований терагерцового излучения

Рис. 57
Внешний вид терагерцового приемника

Перспективная система видеокамер способна вычислить человека, несущего холодное оружие. Специальным образом подготовленная камера способна на расстоянии до 20 м в толпе определить человека, который несёт за пазухой нож или пистолет.

Данная технология не наносит вреда человеку, так как она лишь измеряет температуру объекта и посредствам сложного алгоритма определяет наличие или отсутствие опасных предметов.

Компактная досмотровая терагерцовая камера Образец №1

Рис. 58
Внешний вид досмотровой терагерцовой камеры Образец №1

Таблица 19 - Технические характеристики досмотровой терагерцовой камеры Образец №1

Электрические характеристики	
Мощность	80 Вт
Напряжение питания	90 - 264 В переменного тока, 47/63 Гц
Механические характеристики	
Габариты	556 (Ш) x 204 (В) x 656 (Д) мм
Масса	24 кг
Зона наблюдения	3 ... 15 м
Параметры окружающей среды	
Рабочая температура	+5...+45°C
Относительная влажность	95% неконденсируемая
Параметры терагерцовой камеры	
Поле просмотра	0,75 (Ш) x 1,5 (В) 4,5 м
Глубина резкости	бесконечна
Сенсоры	0,25 Гц пассивная считывающая матрица с диапазоном частот +/- 20 Гц
Цветная камера	CCTV или NIR CCTV камера
Информация об изображении	частота кадров: 6 Гц

Возможности интеграции

Комплект разработчика SDK предназначен для совместимости камеры с различными системами безопасности. Одновременно можно управлять несколькими устройствами при помощи программного обеспечения, которое поставляется в комплекте с камерой.

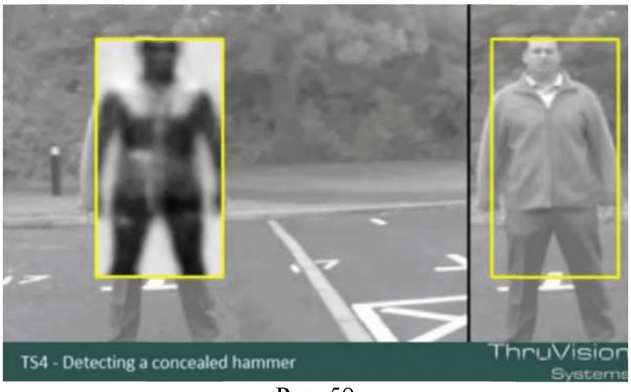

Рис. 59

Пример работы досмотровой терагерцовой камеры Образец №1

В Японии разработали портативную камеру с высокой чувствительностью к терагерцевому (T-wave) электромагнитному излучению. Самая крупная часть устройства имеет длину всего 18 см. Для работы с ним не требуется специальное охлаждение. Матрица класса QVGA позволяет делать снимки с разрешением 320 x 240 пикселей с частотой 60 кадров в секунду. В отличие от нового продукта, имеющиеся сейчас на рынке камеры

включают сложную оптику, имеют габариты метрового масштаба, а на получение одного снимка затрачивают несколько секунд.

Рис. 60
Терагерцовая камера

Производитель сообщает, что не составит труда увеличить разрешение до 640 x 480 пикселей. Уже создан квантовый каскад лазеров как источник излучения для волн в терагерцовом диапазоне. Такие частоты высоки для электронных технологий и полупроводников. Тем не менее, исследования продвигаются благодаря потенциальным возможностям использования этих электромагнитных волн в сверхвысокоскоростных (около 100 Гбит/с) беспроводных коммуникациях.

Препятствием в работе был видимый диапазон волн. Обычные линзы, производимые из монокристаллического германия, были заменены на тонкую плёнку из высокочистого кремния и парилена. Это увеличило проницаемость оптики с 30% до 95%. Конструкция устройства осталась неизменной, но в дополнение к описанной модификации оптический сенсор был покрыт тонкой металлической плёнкой, увеличившей чувствительность в 6-10 раз. В общей сложности параметр вырос в 100 раз по сравнению с представленными на рынке образцами.

Устройство фиксирует электромагнитные волны, используя болометрический принцип. Отдельные пиксели формируются размещением плёнки из оксида ванадия на основе из плёнки нитрида кремния, произведённой с применением технологии микроэлектромеханических систем (MEMS). Когда волны поглощаются, температура плёнки растёт, изменяя электрическое сопротивление. В большинстве сенсоров используются полупроводники вроде арсенида галлия (GaAs) или фосфида индия (InP), но они способны обнаружить только субмиллиметровые волны ниже 0,5 ТГц и, к тому же, дорогостоящи. Новая разработка решает эти проблемы. Область применения камеры – анализ протеинов и других материалов, проверка почты. Исследователи ожидают, что теперь выполнение некоторых задач будет занимать всего секунды, а не часы, как ранее, например, при точной идентификации вируса гриппа или полной проверки импортной замороженной продукции.

7.4 Рекомендации по применению приемников терагерцового диапазона

Терагерцевое радиовидение развито гораздо меньше, чем приборы видеонаблюдения, перечисленные ранее, что объяснятся неразвитой элементной базой данного частотного диапазона. Наблюдается постоянный прогресс в развитии данного направления. Достоинство терагерцевого излучения заключается в меньших потерях в среде по сравнению с видимым и ИК диапазонами. Основным недостатком терагерцевого излучения является необходимость иметь матрицу с пикселями миллиметрового диапазона.

В настоящее время наибольшее применение видеонаблюдение в терагерцевом диапазоне нашло в стационарной досмотровой технике.

На данном этапе применение приемников терагерцового диапазона имеет место только в отдельных случаях, но, возможно, с развитием данного направления будет возможно применять данные устройства более широко.

8 Комбинация обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором.

Образец №1

Рис. 61
Внешний вид РЛС в комбинации с тепловизором

РЛС предназначена для обнаружения траекторий движущихся объектов на открытой земной поверхности, а также для обнаружения траекторий движущихся объектов (водный мотоцикл, лодка, судно и т.д.) на водной поверхности в пределах своего рабочего сектора. РЛС обеспечивает следующую выходную траекторную информацию по каждому из обнаруженных объектов: дальность, азимут, вектор скорости, площадь отражательной поверхности и тип объекта.

Области применения:

- контроль больших по площади открытых территорий, в том числе: государственные границы, морские побережья, аэродромы, акватории речных, морских портов и водохранилищ и т.д.;

- контроль протяженных коммуникаций, в том числе: железные дороги, трубопроводы, ЛЭП и т.д.

Основные преимущества и особенности:

- отсутствие необходимости лицензирования частотного диапазона;

- низкая мощность электромагнитного излучения;

- независимость работы от погодных условий, задымленности и времени суток;

- легкость установки и низкие эксплуатационные затраты;

- низкое энергопотребление и безопасный уровень питающего напряжения;

- высокий темп обновления траекторной информации с быстрым обнаружением новых траекторий;

- низкая вероятность ложных тревог благодаря адаптивным алгоритмам фильтрации помех от растительности и волн;

- распознавание типа объекта;

- возможность развертывания сетевой структуры с взаимным перекрытием рабочих секторов нескольких устройств.

Таблица 20 - Технические характеристики системы

Полоса рабочих частот	от 2300 до 2450 МГц
Средняя мощность излучения, не более	100 мВт
Протяженность рабочего сектора, не менее	3 000 м
Минимальная дальность обнаружения, не более	20 м
Ширина рабочего сектора, не менее	90°
Ширина луча антенны по углу места, не менее	23°
Максимальная дальность обнаружения: - человек, ЭПР 0,5 кв.м, не менее - транспортное средство, ЭПР 3 кв.м, не менее *	 2000 м 3000 м
Разрешение по дальности, не более	6 м
Разрешение по радиальной скорости, не более, км/ч, (м/с)	0,6 (0,17)
Диапазон радиальных скоростей обнаруживаемых объектов, не менее	от 0,72 до 150 км/ч от 0,2 до 42 м/с
Точность определения дальности объекта, не более	1 м
Точность определения азимута объекта, не более	0,5°
Максимальное количество одновременно вычисляемых траекторий обнаруженных объектов, не менее	100
Частота обновления траекторной информации, не менее	12 Гц
Время обнаружения траектории объекта, не более **	3 с
Внешние интерфейсы	RS-485, Ethernet
Диапазон рабочих температур	от -40 до 60° С
Габаритные размеры, не более	360×360×150 мм
Масса, не более	3 кг
Диапазон питающих напряжений	от 10 до 36 В
Потребляемая мощность, не более	10 Вт
Среднее время наработки на отказ, не менее ***	60 000 ч

* - при высоте установки над поверхностью не менее 15 м

** - при наличии условий радиовидимости в данной точке появления объекта

*** - расчетная величина

Спецификация тепловизора

Назначение: защита протяженных объектов, обнаружение и идентификация людей на больших расстояниях независимо от погодных условий, когда обычные телевизионные системы не способны распознать человека, контроль технологических процессов.

Обнаружение автомобиля - 7000 метров, человека - до 2500 метров;

Идентификация человека - до 2000 метров;

Аналитика действий человека - до 1500 метров.

Технические характеристики:

- неохлаждаемый микроболометр в фокальной плоскости (FPA);

- диапазон ИК спектра 7,5 до 13 мкм;

- разрешение матрицы 640x480 пикселей;

- тепловизор комплектуется германиевой оптикой;

- объектив с моторизованным приводом. Объективы с фокусным расстоянием 50 мм, 75 мм, 100 мм, 300 мм, 500 мм, 1000 мм. Светосильные объективы с большим входным зрачком, диаметром объективов до 200 мм;

- минимальная дистанция 0,4 м, максимальная зависит от фокусного расстояния объектива и апертуры, входного зрачка, диаметра объектива;

- температурная чувствительность от 0,07 °С до 30 °С (три диапазона);

- измеряемая температура: от минус 20 °С до +120 °С; от 0 °С до 350 °С; от 180 °С до 1500 °С;

- контроль и передача изображения: 16-bit цифровой канал Ethernet.

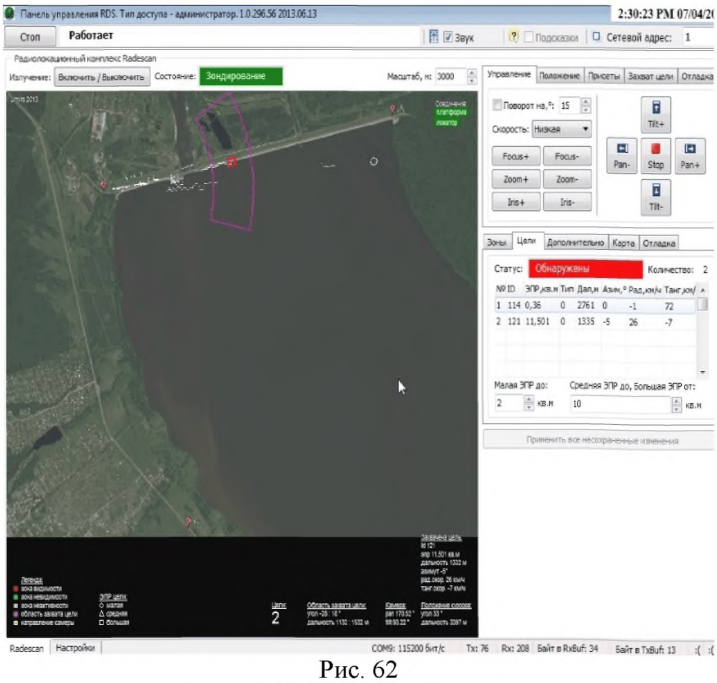

Рис. 62

Внешний вид экрана монитора

Радар в комбинации с тепловизором Образец №2

Рис. 63
Внешний вид радара в комбинации с тепловизором Образец №2

Особенности

- частотный диапазон, не требующий согласования при эксплуатации с контролирующими органами ГКРЧ;
- отсутствие необходимости лицензирования частотного диапазона;
- низкая мощность электромагнитного излучения;
- независимость работы от погодных условий, задымленности и времени суток;
- легкость установки и низкие эксплуатационные затраты;
- надежность и стабильностью параметров в течение периода эксплуатации, обусловленная отсутствием механического сканирующего устройства;
- малый интервал времени обновления траекторной информации с быстрым обнаружением новых (появляющихся) объектов;
- низкая вероятность ложных тревог благодаря адаптивным алгоритмам фильтрации помех от растительности на земной поверхности или волн на водной поверхности;
- распознавание типа объекта;
- возможность развертывания сетевой структуры из нескольких РЛС с взаимным перекрытием рабочих секторов нескольких устройств;
- открытый протокол для интеграции с внешними информационными сетями, в том числе для интеграции с оптическими и тепловизионными средствами наблюдения.

Вариант мобильной конструкции радара

Радар может использоваться для организации мобильных постов для круглосуточного контроля открытых территорий суши, акваторий, прибрежной полосы, а также подступов к особо важным объектам. Совместно с тепловизором, радар может быть применен для разведывательных целей в любых погодных условиях.

Программное обеспечение для контроля движения обнаруженных объектов предполагает «установку» границ охраняемой территории на карте местности. При пересечении установленных границ нарушителем (или группой нарушителей), оператору выдается тревожное сообщение с указанием места нарушителя на карте.

Таблица 21 - Технические характеристики радара Образец №2

Рабочая частота		2 450 МГц
Средняя мощность излучения, не более		100 мВт
Минимальная дальность обнаружения, не более		20 м
Ширина рабочего сектора по азимуту		90°
Ширина рабочего сектора по углу места		23°
Максимальная дальность обнаружения: человек, ЭПР 0,5 кв.м, не менее транспортное средство, ЭПР 3 кв.м, не менее*		 2 000 м 3 000 м
Разрешение по дальности, не более		6 м
Разрешение по радиальной скорости, не более		0,6 км/ч
Диапазон радиальных скоростей обнаруживаемых объектов, не хуже		0,72…150 км/ч
Точность определения дальности объекта, не хуже		1 м
Точность определения азимута объекта, не хуже		0,5°
Максимальное количество одновременно вычисляемых траекторий обнаруженных объектов, не менее		100
Частота обновления информации о траектории, не менее,		12 раз в секунду
Время обнаружения траектории объекта, не более **		3 с
Типы распознаваемых объектов	- земная поверхность	Животное Человек Группа людей Транспортное средство
	- водная поверхность	Водный мотоцикл Лодка Судно
Диапазон рабочих температур		-40…+65 °С
Габаритные размеры, не более		360x360x150 мм
Масса, не более		3 кг
Номинал питающего напряжения		+10…36 В
Потребляемая мощность, не более		10 Вт

* - при высоте установки над поверхностью не менее 15 м.

** - при наличии условий «прямой» радиовидимости в точке появления объекта.

*** - расчетная величина.

Мобильный радиолокационно–тепловизионный комплекс контроля надводной обстановки Образец №3

Рис. 64
Внешний вид комплекса

Комплекс обеспечивает возможность быстрого развертывания в любых точках контролируемого района. Базовое шасси - автомобиль повышенной проходимости «Урал-43206». Время развертывания - 15 мин.

Основные функции:

- обнаружение, распознавание и автосопровождение всех типов надводных целей с получением их формуляров;

- отображение радиолокационной информации на фоне электронной карты контролируемого района;

- автоматическое наведения средств наблюдения и слежения за нарушителями охранных зон;

- возможность интегрирования в автоматизированные системы сбора и обработки информации. Передача радиолокационной информации и видеоизображения в реальном масштабе времени по проводным и радиоканалам.

Состав комплекса

Система контроля обстановки:

- радиолокационная станция.

Оптико-электронная система:

- тепловизор;

- видеокамера;

- лазерный дальномер.

Система топографической привязки и ориентирования:

- электронный магнитный компас;

- спутниковый навигационный приемник (ГЛОНАСС и GPS);

- система автогоризонтирования оптико-электронных средств наблюдения.

Система связи и передачи данных:

- радиорелейная станция с дальностью до 20 км;

- модем с дальностью до 20 км;

- УКВ радиостанция и телефонная связь.

Автоматическая система технического диагностирования

Информационно-измерительная система

Система жизнеобеспечения:

- отопление;

- вентиляция;

- кондиционирование.

Электропитание:

- возимый электроагрегат;

- промышленная сеть;

- бортсеть транспортного шасси (аварийный режим).

Таблица 22 - Технические характеристики комплекса

Радиолокационная станция				
Дальность обнаружения	Большая цель			20 NM*
	Средняя цель			15 NM
	Малая цель			12 NM
	Сверхмалая цель			4 NM
	Диапазон излучения			3 см
Погрешности измерения координат	По направлению			0,3°
	По дальности			10 м
Видеокамера, цветной и черно-белый режимы				
Дальность обнаружения с вероятностью не менее 0,8 при прозрачности не менее 0,7...0,9 движущихся и неподвижных целей	большая цель	средняя цель	малая цель	сверхмалая цель
	до 18 NM	до 10 NM	до 5 NM	до 2 NM
Поля зрения (град)	узкое		среднее	широкое
	1,2x0,9°		6,9x5,7°	21,7x17,9°
Минимальная рабочая освещенность	черно-белое		цвет	
	0,01 лк		0,14 лк	
Максимальное увеличение	30 крат			
Диапазон длин волн	0,4...0,8 мкм			
Разрешение	762x572			

Продолжение таблицы 22

Тепловизор				
Дальность обнаружения с вероятностью не менее 0,8 при прозрачности не менее 0,7...0,9 движущихся и неподвижных целей	большая цель	средняя цель	малая цель	сверхмалая цель
	20 NM	12 NM	5 NM	2 NM
Поля зрения	узкое		среднее	широкое
	1,7x0,4°		6,9x5,5°	21,7x17,5°
Диапазон длин волн	3,7...4,9 мкм			
Разрешение	640x512 пикселей			
Лазерный дальномер				
Рабочая длина волны	1064 нм			
Предел измерения дальности	20000 м			
Точность измерения	2,5 м			
Условия эксплуатации				
Скорость воздушного потока	В походном положении			30 м/с
	В рабочем положение			15 м/с
Диапазон рабочий температур	-40...+40°C			
Понижение атмосферное давление	525 мм рт.ст.			
Атмосферные осадки	10 мм/ч			
*NM – морская миля (1852 м)				

Комплексная система охраны Образец №4, включающая РЛС, тепловизор, систему видеонаблюдения

Применение тепловизоров в составе комплекса Образец №4

Особенностью комплекса является возможность применения тепловизоров совместно с обычными видеокамерами. Тепловизор не требует внешней подсветки цели, позволяет отображать цели в условиях плохой освещенности, сложных метеорологических условиях, позволяет видеть нагретые элементы машин и механизмов.

Применение тепловизоров в составе данной системе позволяет существенно повысить эффективность охраны территорий и объектов, так как позволяет вести наблюдение при отсутствии внешнего освещения.

Состав системы:

- сервер;
- внешнее оборудование;
- автоматизированное рабочее место оператора.

Функциональные возможности:

- обнаружение движущихся целей на расстоянии до 1500 м;
- измерение дальности, азимута и скорости целей;

- классификация целей (человек, группа людей, автомобиль, интенсивное движение, поезд, водный транспорт);

- автосопровождение целей;

- интеграция с видео и тепловизионным оборудованием, управление по карте;

- видеофиксация целей;

- ручное управление видеооборудованием;

- создание зон тревоги;

- формирование архива;

- поиск в архиве по событиям и временным отрезкам;

- автоматическая диагностика работоспособности системы;

- автоматическое построение радиолокационной карты целей и неподвижных отражений;

- привязка радиолокационной карты к топографической карте местности.

Особенности системы:

- работа в любое время суток;

- работа в тяжелых метеорологических условиях;

- электромагнитная совместимость с аэронавигационным оборудованием;

- уровень электромагнитного излучения соответствует санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам и является предельно низким для этого класса систем.

Рис. 65
Комплексная система охраны Образец №4

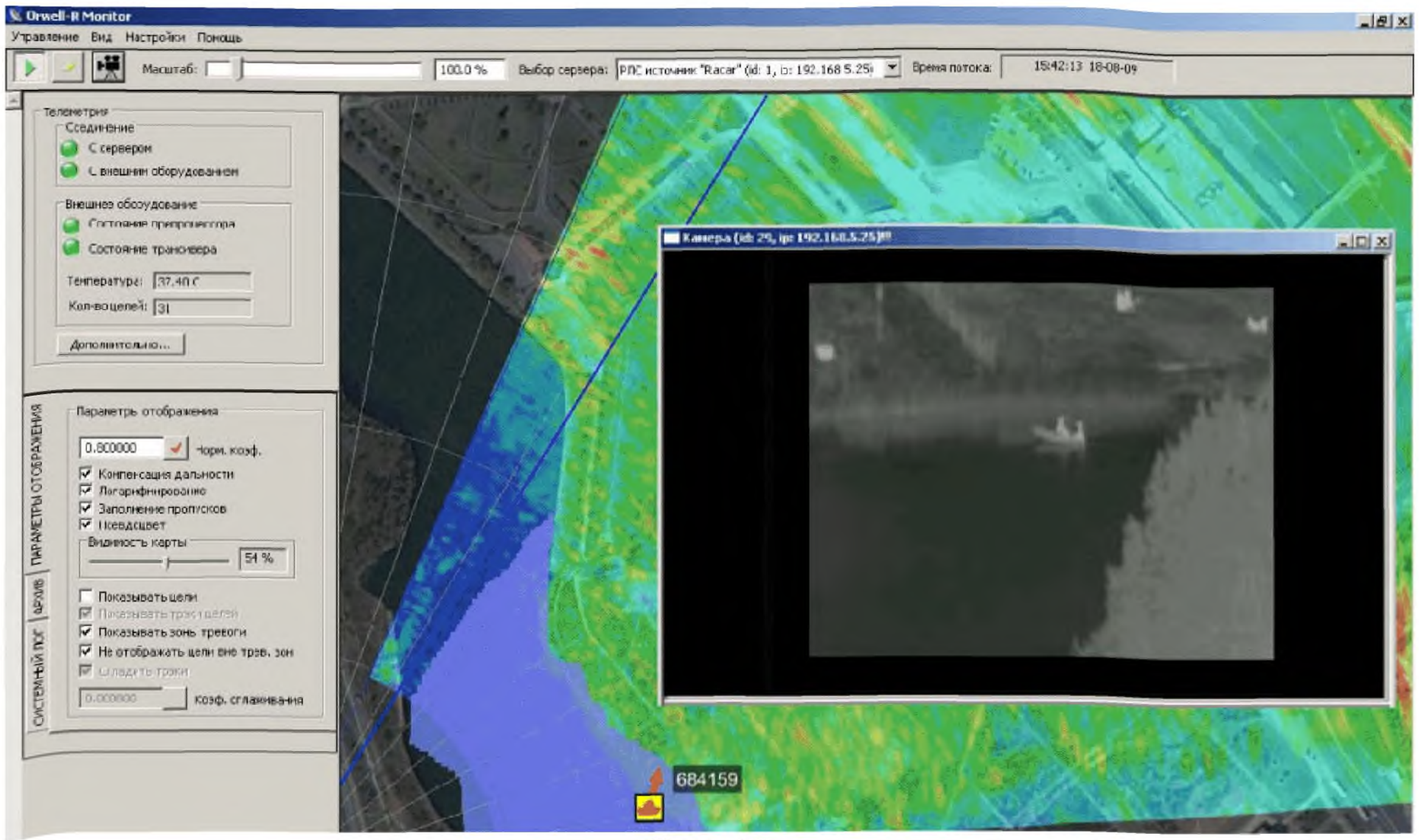

Рис. 66

Совместная работа РЛС и тепловизора в графическом интерфейсе

Рис. 67

Тепловизионная картинка в графическом интерфейсе

8.1 Рекомендации по применению комбинации обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором

Комбинация обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором является достаточно сложной и дорогой системой, которую следует применять в особых случаях, таких, например, как охрана аэропорта, когда РЛС, используя систему селекции движущихся целей, будет захватывать цели, а видеокамера показывать изображение нарушителя.

Коротко укажем, что даст пользователю применение комбинации обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором.

1) IP-видеосервер с видеоаналитикой позволяет оснастить охраняемый объект любыми типами видеонаблюдения с помощью единой, универсальной платформы. Пользователь может сформировать функционал системы видеонаблюдения и количество видеоканалов под свой объект или задачу;

2) Положительным качеством данной системы является совместная работа РЛС и видеокамер, что позволяет автоматически получать видеоизображение обнаруженной цели с необходимой фокусировкой камеры и масштабом изображения, что не реализовано во многих системах охраны;

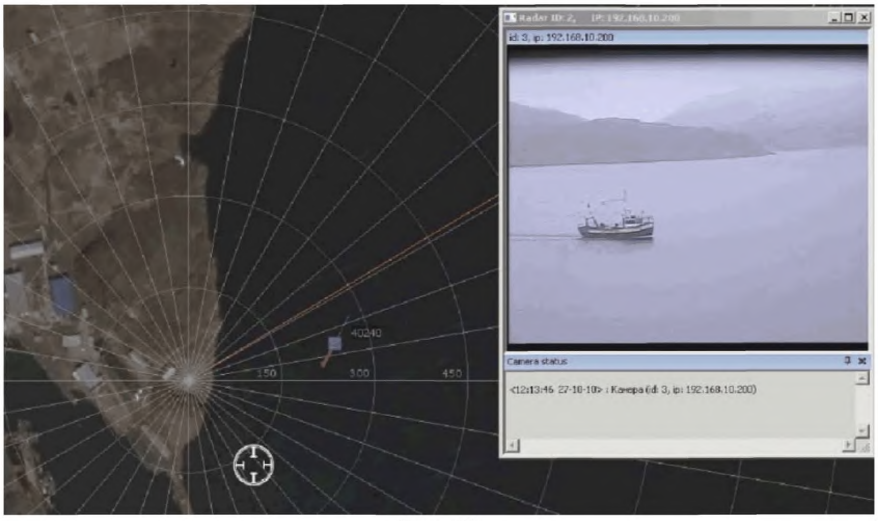

Рис. 68
Совместная работа РЛС и видеокамеры

3) Обычно АРМ системы охранного телевидения не сопряжен с АРМ РЛС, что вызывает трудности при наблюдении объекта с помощью видеокамеры по целеуказанию от РЛС;

4) Программная классификация целей, отслеживание их маршрутов передвижения значительно повышают эффективность системы охраны;

5) Удобство контроля целей также обусловлено тем, что каждая цель в графическом интерфейсе программы имеет пиктограмму, указывающую на тип объекта, вектор перемещения и графическое отображение траектории перемещения;

6) Важным преимуществом является и то, что система позволяет устанавливать необходимые пользователю тревожные зоны, а также устанавливать алгоритмы работы системы в зависимости от особенностей местности (лес, вода, дорога);

7) Система может применяться на значительных площадях охраны, так как позволяет использовать произвольное количество РЛС, средств видеонаблюдения и тепловидения, работающих в единой информационной среде, имеющей общую базу данных и единый интерфейс.

Замечания общего характера:

- в случае применения канала РЛС следует учитывать что обнаружение целей возможно с некоторыми ограничениями, а именно - человек при ЭПР свыше 0,5 $м^2$, и радиальной скорости свыше 0,5 м/с – 500 м при короткоимпульсном, без внутриимпульсной модуляции режиме работы РЛС (КИ-режим) и 950 м при работе РЛС в режиме с внутриимпульсной линейной частотной модуляцией (ЛЧМ-режим). Транспортное средство, водные цели (ЭПР свыше 5 $м^2$) - 1000 м (КИ режим), и 1500 м (ЛЧМ режим);

- особое внимание следует обратить на то, что для различных целей на одном участке охраняемой территории будет различным расстояние их обнаружения, а также возможно наличие слепых зон в виду особенностей рельефа территории и ее застройки;

- следует учитывать, что наиболее уязвимым звеном РЛС является узел механического сканирования. Элементы узла не вызывают затруднений при их замене но при приобретении РЛС их следует включать в состав ЗИП. **Практические испытания РЛС показали, что в режиме секторного сканирования в крайних положениях антенны РЛС элементы узла подвергаются значительной динамической нагрузке, что приводит к сокращению срока безаварийной эксплуатации до 1 – 1,5 года.**

При работе РЛС в сложных климатических и метеорологических условиях необходимо осуществлять установку на антенну радиопрозрачного защитного купола.

9 Камеры машинного зрения

Понятие «Камера машинного зрения» не определяет какой-либо конкретный тип камер. Как правило, к таким изделиям относят камеры, позволяющие выделить из видеоизображения информацию, которую невозможно получить при наблюдении за объектом человеком. Это достигается такими свойствами камер как высокое разрешение, высокая частота кадров, повышенная чувствительность матрицы. Данные параметры в камерах машинного зрения обычно гораздо выше, чем в камерах, применяемых в быту. Повышенные характеристики приводят к тому, что такие камеры имеют гораздо более высокую стоимость по сравнению с бытовыми камерами. В камерах машинного зрения, как правило, не используется сжатие изображения и передаваемые данные имеют значительный объем, для передачи которых требуется интерфейс с высокой пропускной способностью, например USB 3.0.

Типовое решение системы машинного зрения включает в себя несколько следующих компонентов:

- одна или несколько цифровых или аналоговых камер (черно-белые или цветные) с соответствующей оптикой для получения изображения;
- программное обеспечение для получения изображений для обработки. Для аналоговых камер это оцифровщик изображений;
- процессор (компьютер или встроенный процессор);
- программное обеспечение машинного зрения, которое предоставляет инструменты для разработки отдельных приложений программного обеспечения;
- оборудование ввода-вывода или каналы связи для доклада о полученных результатах;
- умная камера: одно устройство, которое включает в себя все вышеперечисленные пункты.
- специализированные источники света (светодиоды, люминесцентные и галогенные лампы и т. д.)
- специфичные приложения программного обеспечения для обработки изображений и обнаружения соответствующих свойств;
- датчик для синхронизации частей обнаружения (часто оптический или магнитный датчик) для захвата и обработки изображений;
- приводы определенной формы используемые для сортировки или отбрасывания бракованных деталей.

Хотя большинство систем машинного зрения полагаются на «черно-белые» камеры, использование цветных камер становится все более распространенным явлением. Кроме

того, все чаще системы машинного зрения используют цифровые камеры прямого подключения, а не камеры с отдельным захватчиком кадров, что сокращает расходы и упрощает систему.

«Умные» камеры со встроенными процессорами, захватывают все большую долю рынка машинного зрения. Использование встроенных (и часто оптимизированных) процессоров устраняет необходимость в карте захватчика кадров и во внешнем компьютере, что позволяет снизить стоимость и сложность системы, обеспечивая вычислительную мощность для каждой камеры. «Умные» камеры, как правило, дешевле, чем системы, состоящих из камеры, питания и/или внешнего компьютера, в то время как повышение мощности встроенного процессора и цифрового специализированного процессора часто позволяет достигнуть сопоставимой или более высокой производительности и больших возможностей, чем обычные ПК-системы.

9.1 Пример камер машинного зрения

Образец №1

Рис. 69
Камера Образец №1

Таблица 23 - Основные характеристики камеры Образец №1

Тип камеры	Черно-белая CMOS 1.3 Мпикс
Модель сенсора	On Semi VITA1300
Размер сенсора	1/2" КМОП
Размер пикселя	4,8x4,8 мкм
Максимальное разрешение	1280x1024 пикселей
Скорость передачи при максимальном разрешении	150 кадров в секунду
Максимальная скорость передачи	450 кадров в секунду на разрешении 640×480 пикселей
АЦП	10 бит
Вывод видео	8, 12, 16 и 24 бит
Форматы изображения	Y8, Y16, Mono8, Mono12, Mono16
Усиление	Автоматическое, ручное, режим "одной кнопкой", программируемый через ПО; от 0 до 18 дБ
Гамма-коррекция	От 0,50 до 4,00 γ единиц
Баланс белого	Ручная настройка, автоматическая - посредством программного обеспечения
Цифровой интерфейс	USB 3.0
Скорость передачи данных	до 5 Гбит/с
GPIO (стандарт разъемов General Purpose Input-Output) триггерный разъем	8-пиновый Hirose HR25 GPIO разъем
Режимы внешнего триггера	0, 1, и 15 (по IIDC спецификации)
Синхронизация	Через внешний или программный триггер
Скорость затвора	Автоматическая, ручная настройка, режим "одной кнопкой", настраиваемый через программное обеспечение или внешний триггер
Время экспозиции	От 1 с до 0,006 мс
Внутренняя память	32 мегабайта памяти для кадров с камеры, 1 Мб свободной флеш-памяти
Каналы памяти	2 канала памяти для пользовательских конфигураций настроек
Рабочая температура окружающей среды	-0 до +45°C
Температура хранения	-30 до +60°C
Питание	+5 В ± 20% от USB
Потребляемая мощность	менее 3 Вт
Разъем для оптики	C-mount
Габаритные размеры	29x29x30 мм (без оптики)
Вес	58 г (без оптики)
Спецификация камеры	IIDC Digital Camera Specification v1.32
Системные требования	Процессор, эквивалентный Intel Core i7; 4 гигабайт оперативной памяти и более; видеокарта, эквивалентная Nvidia GeForce 6 серии со 128 Мб видеопамяти; Windows 7 (32, 64-бита) *Если на компьютере отсутствует интерфйес USB 3.0, дополнительно нужно приобрести контроллер Point-Grey USB 3.0 PCI-express 2.0 x1.*

10 Взаимосвязь между характеристиками видеокамер и их реакцией на внешние воздействия

В предыдущих разделах были рассмотрены меры технического характера, позволяющие функционировать системам охранным телевизионным в условиях низкой освещенности объекта наблюдения и при воздействии других негативных факторов естественного характера, таких как дождь, туман, задымление. Однако, следует учитывать, что кроме природных негативных факторов на СОТ может оказываться и различное воздействие со стороны злоумышленника с целью нарушения работы системы. Устойчивость СОТ к криминальному воздействию зависит от многих факторов технического характера (вид, степень воздействия, технические характеристики оборудования). Данные вопросы будут рассмотрены в дальнейших разделах рекомендаций.

10.1 Основные характеристики видеокамер, с точки зрения влияния на них внешних световых воздействий

Тип матрицы видеокамеры. Видеокамеры делятся по типу матриц на CCD - матрицы (ПЗС) и CMOS- матрицы (КМОП). Данные матрицы по своим характеристикам отличаются по чувствительности. Типовая чувствительность CMOS- матрицы находится в диапазоне от 0.1-0.4 лк при числе объектива 1.4 (F1.4). Чувствительность лучших ПЗС матрицы при аналогичных характеристиках будет в несколько раз выше (от 0.04 до 0.1 лк).

Размер пикселя матрицы. Чем меньше размер пикселя, тем меньше света на него попадает и, соответственно, меньше отклик по напряжению на это воздействие. Соответственно, чем больше шаг пикселя, тем лучше чувствительность матрицы.

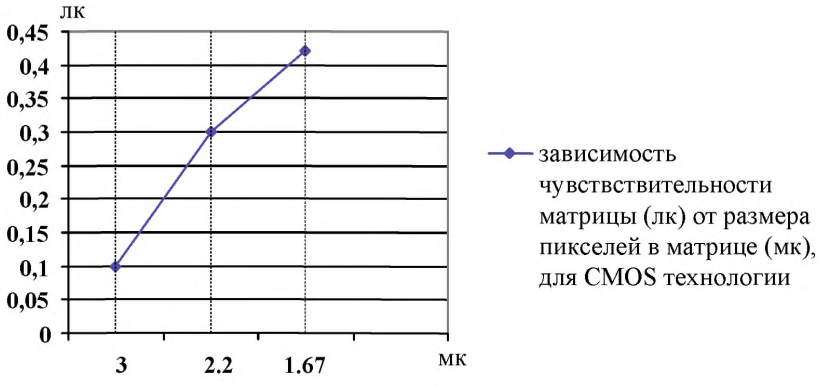

Рис. 70
Зависимость чувствительности матрицы от размера пикселей в матрице

Динамический диапазон матрицы. Динамический диапазон равен десятичному логарифму из отношения максимальной величины измеряемого параметра к минимальному, то есть уровню шума матрицы:

$$D = \lg(Max/Min)$$

С увеличением размера пикселя динамический диапазон матрицы возрастает.

Специализированные технологии по увеличению динамического диапазона видеокамер. Имеются два основных технологических решения, которые используются, чтобы обеспечить видеокамеры расширенным динамическим диапазоном:

- множественное отображение кадра - видеокамера захватывает несколько полных изображений или его отдельных областей. При этом каждая "картинка" отображает различную область динамического диапазона. После чего камера объединяет эти различные изображения, чтобы воспроизвести единое изображение с расширенным динамическим диапазоном (WDR);

- использование нелинейных, обычно логарифмических, датчиков - в этом случае степень чувствительности при различных уровнях освещения различна, что позволяет обеспечить широкий динамический диапазон яркости изображения в одном кадре.

Применяются разные комбинации этих двух технологий, но наиболее распространенная - первая.

Для получения одного оптимального изображения из нескольких используется 2 метода:

- параллельное отображение изображения двух или более датчиков, сформированного общей оптической системой. В этом случае каждый датчик захватывает различную часть динамического диапазона сцены за счет различного времени экспонирования (накопления), различного оптического ослабления в индивидуальном оптическом тракте или за счет использования датчиков различной чувствительности;

- последовательное отображение изображения, сформированного единственным датчиком с различными временами экспонирования (накопления). В крайнем случае, производится по крайней мере два отображения: одно с максимальным, а другое - с более коротким временем накопления.

Длительное накопление обеспечивает видимость наиболее темных частей объекта, однако самые яркие фрагменты могут не прорабатываться и даже приводить к насыщению фотоприемника. Картинка, получаемая с малым накоплением, адекватно отображает светлые фрагменты изображения, не прорабатывая темные области, находящиеся на уровне шума.

Сигнальный процессор изображения камеры объединяет обе картинки, беря яркие части от "короткой", а темные части от "длительной" картинки.

Вывод: камеры, оснащенные технологиями WDR, обладают повышенной устойчивостью к внешнему паразитному световому воздействию.

Необходимо отметить, что с одной стороны мы стремимся повысить чувствительность видеокамер, используя светосильные объективы и высокочувствительные матрицы, но с другой стороны уменьшаем их устойчивость к криминальному воздействию путем внешней засветки объектива.

10.2 Обоснование технических решений и подходы при выборе различных видеокамер

Обоснование технических решений необходимо производить с учетом оценки существующих угроз объекту охраны. Такие оценки необходимо проводить или самостоятельно или комиссионно (для особо технически сложных или важных объектов).

При комиссионном обследовании, кроме службы реагирования (одного или нескольких ведомств/подразделений), представителя собственника (владельца) объекта, обязательно должны присутствовать технические специалисты, знакомые с сутью проводимого процесса, наиболее уязвимыми узлами или технологическим процессами объекта, ясно представляющие последствия: политические, социальные, финансовые, экологические, и т.д., время восстановления объекта после криминального или террористического воздействия.

Необходимо создать модель нарушителя.

Примечание. Более подробно этот вопрос описывается в разделе ТЭК.

Далее необходимо определить приблизительный ценовой диапазон средств, выделяемых на технические средства охраны объекта, в зависимости от наличия других (кроме СОТ) средств охраны определить соотношение по цене между СОТ и другими ТСО.

Стоимость можно распределить следующим образом:

- 40% - СОТ, 60% - остальные средства охраны;

- при наличии в составе СОТ ИК извещателей, ППКОП с передачей сигналов на ПЦО по радиоканалу стоимость можно распределить как 30%-СОТ, 70% -остальные средства охраны;

- при наличии в составе СОТ домофонов, пожарных извещателей, ППКОП замкнутых на себя стоимость можно распределить как 50%-СОТ, 50% -остальные средства охраны.

Определившись с выделенными финансовыми средствами необходимо провести анализ по выбору оборудования по критерию стоимость/эффективность.

Оборудование СОТ фирм типа «Sony», «Philips», «Geutebruc» имеют излишне завышенную цену (приходиться платить за имя производителя).

Оптимально по критерию стоимость/эффективность оборудование фирм «Beward», «Hikvision», «Smartec».

Дешевые китайские модели видеокамер не следует включать в состав СОТ, так как они, как правило, не проходят по критерию качества.

Общие правила при размещении видеокамер

- на периметре следует устанавливать видеокамеры в вандалозащищенных корпусах и термокожухах, преимущественно на основе ПЗС матрицы, при достаточном уровне освещения допускается CMOS матрица;

- наружные камеры на охраняемом здании следует устанавливать на основе ПЗС или CMOS матрицы, в термокожухах (включая купольные камеры и поворотные камеры).

- во внутренних помещениях следует устанавливать купольные камеры на основе ПЗС или CMOS матрицы.

Внутри особо важной зоны следует по возможности устанавливать мегапиксельные камеры. На объектах особой важности необходимо использовать видеоаналитику, определяющую потерю видеосигнала, расфокусировку, изменение зоны обзора видеокамеры.

11 Технические и организационные меры, направленные на повышение защищенности телевизионных камер наблюдения от внешних криминальных воздействий (на основе НИР по теме К.4.И.07.2014)

Анализ случаев вандализма по отношению к системам охранным телевизионным позволяет выделить наиболее применяемые злоумышленниками способы воздействия на видеокамеры и определить возможные методы защиты от таких воздействий.

Основной метод защиты заключается в размещении камеры вне доступа постороннего лица. Если к камере есть непосредственный доступ, то для ее нейтрализации будет достаточно нескольких секунд. Для осуществления такого доступа злоумышленник может использовать помощь соучастника (забраться на плечи), веревку с крюком на конце для срыва камеры с крепежа, доступ с козырька или крыши, различные раздвижные лестницы, альпинистское снаряжение.

Также не менее важно размещать камеры в зоне видимости друг друга, что бы находясь рядом с камерой, в ее слепой зоне, злоумышленник фиксировался соседней камерой.

В случае если злоумышленник получил доступ к камере, простейшим из воздействий является закрытие объектива. Закрытие может быть произведено путем заклеивания, закрашивания аэрозольной краской из баллона, замазывания клеем с непрозрачным наполнителем (сажа, порошок алюминия и т.п.). Также доступ к камере дает возможность просто накрыть ее пакетом.

Даже если высота установки не позволяет производить непосредственные манипуляции с камерой, злоумышленник может воспользоваться водяным пистолетом или пакетом, заполненным краской, пейнтбольным ружьем.

Возможность прямого доступа к камере также позволяет обрезать подходящие к ней кабели, что приведет к полной потере работоспособности. Кроме того, в такой ситуации не представит особого труда механически уничтожить камеру, используя различный инструмент.

В более редких случаях воздействие на камеру возможно с применением огнестрельного оружия, арбалетов, взрывчатых веществ, зажигательных смесей.

Проанализировав данные методы, можно определить ряд рекомендаций по усилению защищенности камер от внешнего воздействия:

- место установки камеры должно по возможности максимально ограничивать доступ к ней посторонних лиц;

- зоны обзора камер должны обеспечивать взаимное перекрытие, исключающее возможность подойти к камере по слепым зонам системы наблюдения;

- крепление камеры должно быть достаточно прочным и исключать срыв камеры злоумышленником без применения специальных средств и техники;

- камера должна быть помещена в антивандальный кожух, обеспечивающий класс защиты не менее IK10;

- подводимые к камере кабели по возможности следует скрыть, либо поместить в металлическую гофротрубу, препятствующую обрезанию кабелей без специального инструмента;

- камера (либо устройство регистрации) должна иметь модуль видеоаналитики, формирующий сигнал тревоги при закрытии объектива камеры, расфокусировки, либо ее отворота от заданной зоны наблюдения;

- целесообразно заклеивать смотровое окно защитного кожуха прозрачной защитной пленкой, предусматривающей ее оперативную замену, что позволит минимизировать время приведения камеры в рабочее состояние после ее закрашивания или замазывания.

Наиболее эффективную защиту камер обеспечивают вандалостойкие кожухи со скрытой прокладкой сигнальных и питающих кабелей. Их применение исключает срыв, обрезку кабелей, отворот камеры, усложняет демонтаж конструкции.

Рис. 71
Кожухи, обеспечивающие защиту камер от внешнего воздействия

Во всех случаях следует учитывать, что эффективность защиты камеры должна соответствовать задаче, решаемой системой охранной телевизионной, поэтому степень и объем применяемых мер защиты следует определять в каждом конкретном случае, исходя из целей наблюдения, важности объекта, находящегося под наблюдением, выделяемых на это средств и стоимости самой камеры.

Также следует учесть, что СОТ не является самодостаточным средством охраны. Для обеспечения наиболее эффективной охраны объектов, и в том числе самой системы

видеонаблюдения, следует применять весь комплекс охранных мероприятий, включающий техническую укрепленность объекта, установку СКУД, ОПС, организацию физической охраны, соответственно с важностью охраняемого объекта.

11.1 Рекомендации по защите видеокамер от воздействия лазерного луча

На основе научно-исследовательской работы по теме К.4.И.07.2014 «Исследование устойчивости телевизионных камер видеонаблюдения к внешним разрушающим воздействиям» можно сделать следующие выводы:

- что бы снизить эффект засветки кадра лучом лазера следует увеличивать уровень освещенности объекта наблюдения. За счет меньшего контраста между яркостью лазера и фоном наблюдаемого объекта в кадре видна менее засвеченная лазером картинка.

- камера с короткофокусным объективом менее подвержена засветке кадра лазером по сравнению с той же камерой в тех же условиях с длиннофокусным объективом. При увеличении фокусного расстояния объектива луч лазера фокусируется на матрице камеры на большей площади и дает большую засветку изображения;

- увеличение угла между лучом лазера и оптической осью объектива снижает эффект засветки кадра, но даже если под определенным углом луч лазера не попадает на фронтальную линзу объектива, эффект засветки может наблюдаться за счет отражения луча от внутренних элементов корпуса объектива;

- при угловой засветке наиболее уязвимы камеры у которых первая линза в объективе находится максимально близко к внешнему краю корпуса объектива и луч лазера возможно навести на линзу даже под большим углом. Использование защитных бленд и кожуха для таких камер обязательно, поскольку такие простые меры могут значительно улучшить устойчивость к внешней засветке таких камер.

Рис. 72
Положение передней линзы при фокусном расстоянии 2,8 мм

Рис. 73
Положение передней линзы при фокусном расстоянии 12 мм

12 Принципы выбора класса оборудования обнаружения целей при ограниченной видимости для охраны предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК)

При организации охраны любого объекта необходимо:

- определить от каких угроз мы защищаем объект (создать модель нарушителя);

- оценить критичные здания, сооружения и технологические процессы охраняемого объекта с точки зрения воздействия на них нарушителя. В данном случае без помощи компетентных технических специалистов объекта обойтись нельзя, поскольку только они способны указать на наиболее уязвимые узлы и объекты охраняемого объекта и текущие технологические процессы;

- просчитать наиболее вероятные сценарии проникновения нарушителя на объект;

- разработать поэтапный план мер по усилению противокриминальной защиты объекта (обычно из-за финансовых ограничений сразу не удается достигнуть требуемой степени защиты объекта).

Определение угроз объекту охраны (создание модели нарушителя)

В общем случае угрозы для таких объектов определяются комиссионно. Обычно комиссия состоит из представителей: ФСБ, МВД, внутренних войск (если их военнослужащие осуществляют охрану периметра объекта), службы безопасности объекта, представителей администрации и технических работников объекта охраны и других заинтересованных сторон.

Модель нарушителя.

Условно, исходим из следующих моделей нарушителя:

а) Внутренний нарушитель:

- тип 1 - одиночный сотрудник объекта, занимающийся хищением материальных средств путем проноса их через проходную. Мотивация к совершению преступления - корыстный мотив.

- тип 2 - одиночный сотрудник объекта, занимающийся передачей информации об особенностях охраны объекта, уязвимых местах объектах с точки зрения проведения диверсий, о наименее защищенных путях проникновения на объект охраны. Мотивация к совершению преступления - корыстный мотив, идеологические мотивы и т.д.

б) Внешний нарушитель:

- тип 3 - террористическая группа из 3-5 человек, ведущая скрытое наблюдение за режимом работы и охраны объекта, назначением и расположением зданий и сооружений, представляющий интерес для террористов.

- тип 4 - террористическая группа из 3-5 человек вооруженная легким стрелковым оружием, имеющая в совокупности 60 кг взрывчатки в тротиловом эквиваленте;

- тип 5 - террористическая группа из 5-10 человек вооруженная легким стрелковым оружием, использующая для прорыва грузовой автомобиль типа «Урал», гружённый взрывчаткой, имеющей тротиловый эквивалент в 3000 кг. Такие группы используют силовой метод прорыва, поскольку скрытно проникнуть на охраняемый объект 10 нарушителям с грузовиком невозможно. Прорыв таких групп сдерживают капитальные заборы и противотаранные средства, затем они поражаются сосредоточенным огнем стрелкового оружия.

Очевидно, что технические средства обнаружения целей при ограниченной видимости для выявления внутреннего нарушителя использовать невозможно или крайне нерационально. Поэтому основная задача этих технических средств – борьба с внешним нарушителем.

Другие модели нарушителя не рассматриваются, поскольку увеличение количества членов террористической организации, усиление их вооружения и средств прорыва, классифицируются как военная угроза и не являются предметом данного исследования.

Далее необходимо провести анализ защищаемого объекта.

Рис. 74
Фото типового объекта ТЭК

Упрощенно задача технических средств охраны состоит в обнаружении нарушителя и задержании нарушителей на время больше, чем время прибытия групп охраны к месту вторжения.

Анализ уязвимых мест объекта охраны

После создания модели нарушителя, необходимо произвести анализ наиболее уязвимых зданий и сооружений объектов охраны и возможных мест прорыва нарушителей.

Если определение мест возможного прорыва осуществляется сотрудниками силовых структур довольно уверенно, то анализ наиболее уязвимых зданий и сооружений объектов охраны невозможен без привлечения технических специалистов объектов охраны, поскольку только они в деталях разбираются в сути технологического процесса. Например, в ядерной энергетике нарушение подачи охлаждающей жидкости может привести к катастрофическим последствиям (авария на АЭС «Фукусима 1»).

Примеры уязвимых мест объекта охраны

Рис. 75
Здание проходной

Периметр защитной зоны часто имеет разрывы из-за включения в периметр здания проходной.

Однако, установка тепловизора (или иного подобного технического средства из приводимых ранее) на этом здании бессмысленна, поскольку через это здание осуществляется проход большого количества людей (тепловизором невозможно отличить добропорядочного гражданина от преступника) и рядом с этим зданием проходит автомобильная дорога.

Самым надежным способом устранения данной уязвимости является включение данного здания внутрь защитной зоны путем монтажа соответствующего ограждения.

Рис. 76
Фото хранилище («танки») жидкого топлива

Другим уязвимым местом могут быть хранилище жидкого топлива. Поскольку данный склад находится на территории объекта разумно обеспечить его освещением и видеонаблюдением с использованием стандартных или мегапиксельных видеокамер.

Рис. 77
Фото подстанции

Электрические подстанции представляются уязвимым звеном объекта в первую очередь из-за наличия трансформаторов с масляным охлаждением. Подход при охране подстанции принципиально не отличается от охраны хранилища жидкого топлива.

Рис. 78
Фото водохранилища (водозабор)

Водохранилище (водозабор) наиболее вероятно для проникновения диверсионных и террористических групп с использованием плавсредств (катера, надувные лодки, дыхательные аппараты замкнутого цикла). Обычно охране водозабора уделяется слишком мало внимания.

Для дистанционного обнаружения нарушителей со стороны водной акватории возможно использовать весь набор технических средств перечисленный ране (начиная от РЛС до ЭОП), поскольку на данном направлении обеспечить стандартное охранное освещение невозможно.

Рис. 79
Фото объекта ТЭК со стороны поля (открытого пространства)

Данное направление необходимо «закрыть» с помощью средств дистанционного наблюдения позволяющих вести наблюдение при ограниченной видимости. Возможное место установки этих средств - градильни объекта ТЭК.

12.1 Оборудование объектов Топливно-Энергетического Комплекса (ТЭК) вандалозащищенными видеокамерами

Рис. 80
Примеры внешних видеокамер, рекомендуемых для объектов ТЭК
и предполагаемое место их установки

Поскольку вопрос цены для безопасности такого объекта отходит на второй план появляется возможность использовать стационарные мегапиксельные видеокамеры в термокожухах или поворотные мегапиксельные видеокамеры. Для неответственных участков периметра и сооружений такие видеокамеры должны устанавливаться на расстоянии не более 100 м друг от друга. В таких местах как въезды, проходные, ворота, хранилища топлива, технологически важных объектах расстояние между видеокамеры не должны превышать 25 м.

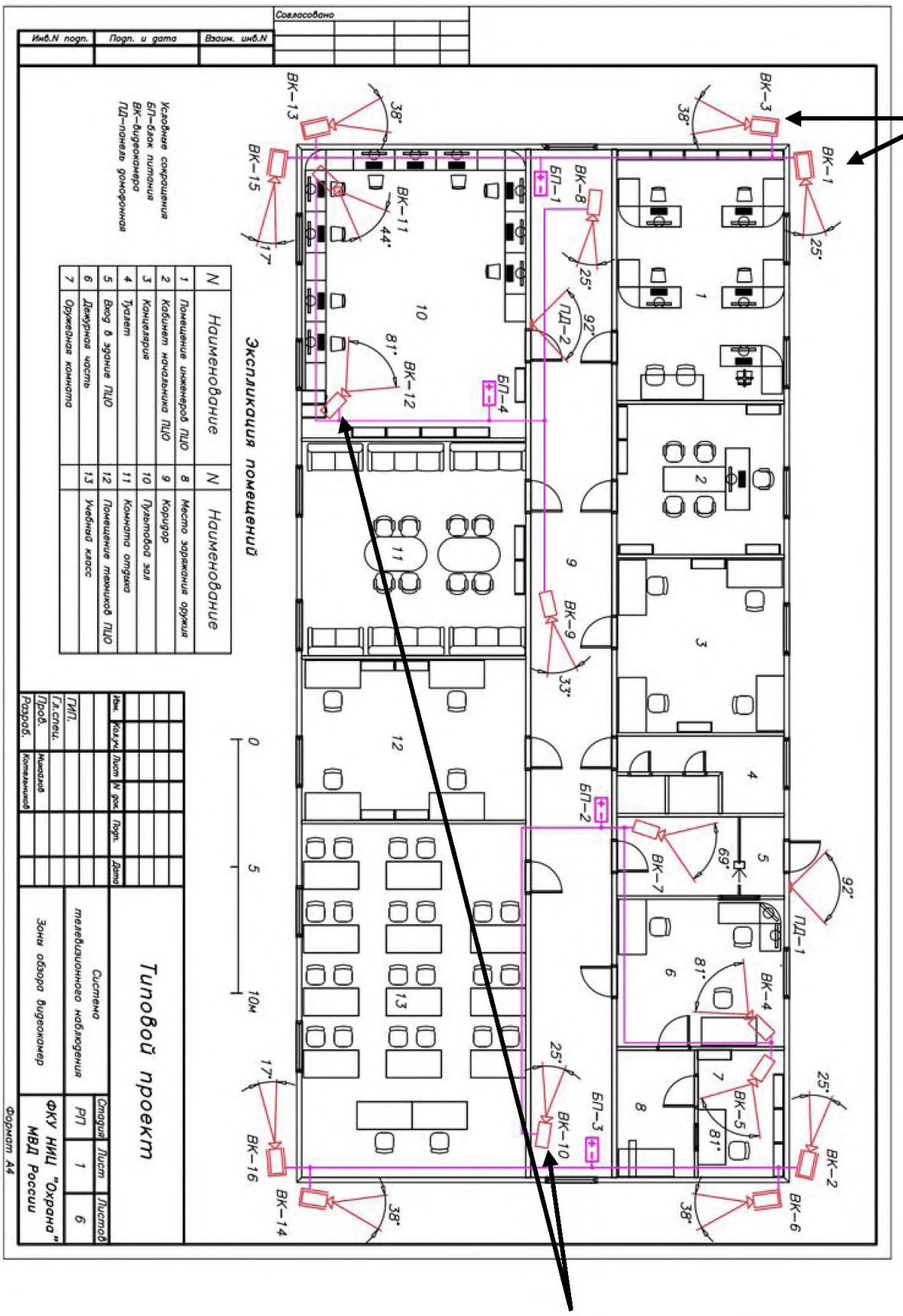

Рис. 81
Пример размещение видеокамер и их типов на административном здании

12.2 Периметр особо важного объекта

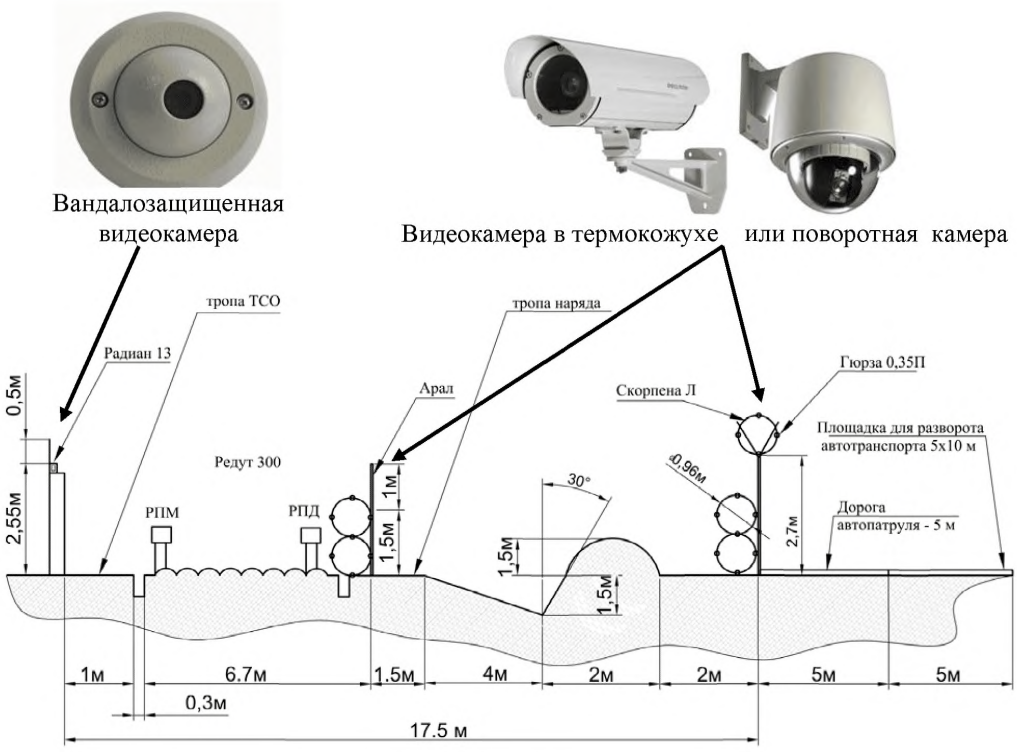

Рис. 82
Схема периметра особо важного объекта

Общий подход при оборудовании периметра - одна поворотная камера на 5-8 фиксированных камер.

При оборудовании периметра особо важных объектов несколькими рубежами охраны подходы при выборе видеокамер близки к изложенным выше, т.е. на первом рубеже охраны необходимо установить вандалозащищенная камера, на втором и третьем рубеже необходимо устанавливать камеры (в том числе и поворотные и купольные) в термокожухе.

СОТ обязательно должна включать в свой состав средства охранного освещения, например на основе натриевой лампы мощностью 400 Вт, типа ЖКУ 15 - 400-101. Такие осветители должны устанавливаться на расстоянии 20 м друг от друга. При переходе от дежурного освещения периметра на тревожное освещение мощность осветителей должна доходить до 800 Вт (включается резервная лампа освещения). Отношение шага светильников к высоте их подвеса должно быть не более 5:1 ,необходимо стремится к уменьшению этого соотношения для обеспечения равномерности освещенности.

Обратите внимание на высоту подвеса камеры - 4,5 м, данная высота подвеса практически полностью исключает возможность контактного ударного воздействия нарушителя на видеокамеру. Видеокамера развернута на 90° по отношению к светильнику, что исключает её засветку от источника света. На данной схеме камера имеет нулевой угол наклона к поверхности (для удобства понимания деталей рисунка), в реальности рекомендуется её наклонить на 15° к горизонту, что уменьшает вероятность её засветки лазерным излучателем.

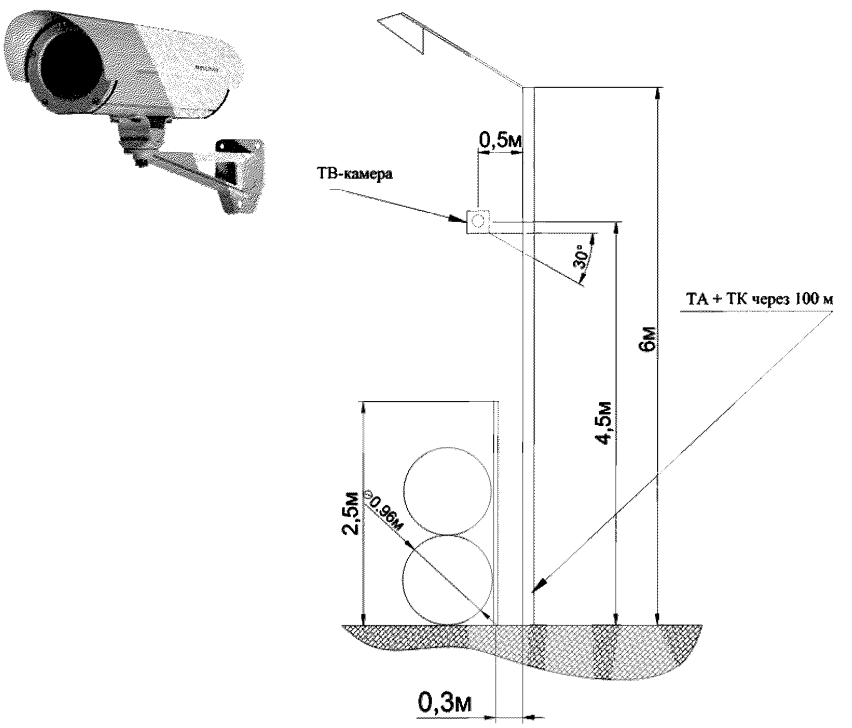

Рис. 83
Схема расположения охранного наблюдения и тип видеокамеры
на периметре особо важного объекта (2-3 рубеж периметрального ограждения)

13 Заключение

При работе СОТ в условиях ограниченной видимости, либо когда необходимо скрыть факт видеонаблюдения, целесообразно использовать следующее оборудование:

- видеокамеры повышенной чувствительности;
- видеокамеры с суммированием по соседним пикселям и/или по кадрам;
- «противотуманные» видео камеры;
- видеокамеры с электронным умножением (EM-CCD-камеры);
- электронно-оптические преобразователи;
- стробируемые электронно-оптические преобразователи;
- тепловизоры;
- приемники терагерцового диапазона (миллиметрового диапазона);
- комбинацию обзорной РЛС с видеокамерой или тепловизором.

Внешние воздействия на видеокамеры приводят к следующим результатам:

Выстрел по видеокамере из нелицензируемого пневматического оружия с дульной энергией не более 3 Дж может привести к незначительным повреждениям пластикового защитного купола. Прямое попадание пули в объектив видеокамеры не приводит к разрушению линзы.

Выстрел из рогатки или нелицензируемого арбалета с дульной энергией около 20 Дж в корпус видеокамеры приводит к её повреждению за исключением камер в вандалозащищенном исполнении корпуса. Однако, выстрел с данной энергией в защитное стекло видеокамеры или её объектив приводит к необратимому выходу видеокамеры из строя даже в вандалозащищенном исполнении.

Следует отметить, что перечисленные выше воздействия (выстрелы) практически бесшумны и могут быть осуществлены скрытно. При этом следует учесть, что попадание с первого выстрела в объектив камеры возможен с расстояния не более чем в 5 метров, что ограничивает возможности преступника по практическому использованию данного воздействия.

Выстрел из травматического оружия (травматический пистолет с дульной энергией около 75 Дж) в объектив видеокамеры приводит к более значительным повреждениям и увеличивает дистанцию эффективного огня до 10 метров.

Удар, нанесенный 5 килограммовым грузом с энергией в 50 и 90 Дж выводит из строя видеокамеры в обычном исполнения корпуса. Удар, нанесенный данным грузом в объектив, выводит из строя видеокамеры и в вандалозащищенном исполнении.

Таким образом, можно сделать вывод, что механическое ударное воздействие с энергией от 20 Дж по объективу и выше выводит видеокамеры из строя в любом исполнении.

Воздействие электрошокера с энергией в импульсе 9 Дж и напряжением в 70 КВ не нарушает работоспособность видеокамер. Напряжение прикладывалось к корпусу видеокамер, кабелям питания и передачи видеосигнала и разъемам подключения. Однако, при пробое изоляции кабеля во время передачи видеосигнала вышла из строя плата видеозахвата СОТ, что говорит о необходимости электрической развязки плат видеозахвата от кабелей видеокамер (см. приложение 3 «Примеры оборудования, обеспечивающие защиту от внешнего электромагнитного воздействия»). Видеокамеры в пластиковых корпусах обладают повышенной устойчивостью к воздействию электрошокера.

Электромагнитное излучение 5 Вт радиостанции диапазона УКВ не приводит к нарушению функционирования тестируемых видеокамер и не ухудшает качество формируемого изображения. Таким образом, можно сделать вывод, что воздействие носимых радиостанций, эксплуатируемых подразделениями вневедомственной, охраны не оказывает существенного влияния на функционирование СОТ.

Засветку видеокамер возможно осуществить лазерной указкой с мощностью в 10 мВт. При отклонение луча лазерной указки на 30° от оптической оси объектива вероятность полной засветки резко уменьшается, а при угле в 45° и более градусов полностью отсутствует.

Таким образом, для гарантированной засветки видеокамеры лучом лазера надо чтобы оптические оси источника и объектива видеокамеры совпадали, поэтому выбор обоснованного угла наклона видеокамер к горизонту, (обычно стараются сделать его не меньше 15°), может значительно уменьшить эффективность данного негативного воздействия.

При использовании лазерного излучения с мощностью от 2 Вт и выше приводит к «выжиганию» отдельных пикселей матрицы видеокамеры. Выжигание отдельных пикселей матрицы, а не всей матрицы объясняется тем, что лазерная указка для матрицы видеокамеры является точечным источником (см. Рис. 84) и соответственно проецируется на матрицу в виде точки (реально изображение лазерного излучателя занимает несколько пикселей на матрице), и соответственно прожигаются эти пиксели.

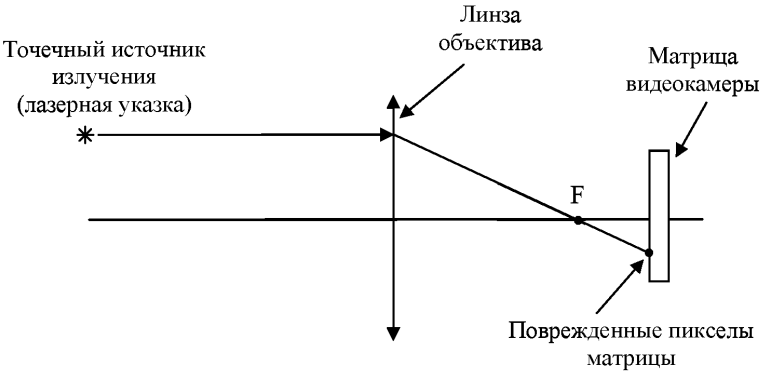

Рис. 84

Изменение оптической оси источника излучения от оптической оси объектива на 30° и более не приводит к прожиганию матрицы видеокамеры из-за рассеивания излучения в линзах объектива, однако, при этом конечно наблюдается 100% засветка.

Добиться совмещения оптических осей источника излучения и объектива достаточно сложно из-за малого размера объектива, естественного дрожания лазерного излучателя в руках, отсутствия наблюдаемого эффекта от засветки. На практике совпадения оптических осей удавалось добиться с расстояния не более 5 метров.

Снижение уровня освещенности цели наблюдения приводит к увеличению эффекта засветки от лазерной указки из-за большого коэффициента автоматической регулировки усиления (АРУ) в видеокамере. Наибольшей устойчивостью к внешней засветке обладают видеокамеры, оснащенные WDR.

Значительно снизить риск внешнего воздействия на видеокамеры возможно следующими мерами:

- обоснованным выбором класса защищенности видеокамеры в зависимости от категорийности объекта и рубежа охраны;

- использованием электрической развязки цепей передачи видеосигнала и питания от плат видеозахвата видеорегистратора;

- прокладкой коммуникаций в различных коробах или металлорукавах;

- комплексным использованием различных технических средств охраны, когда одно техническое средство дополняет другое и в совокупности это резко увеличивает защищенность.

Эффективными мерами борьбы с внешней засветкой являются:

- использование сервисной видеоаналитики, регистрирующей реакцию на СОТ на затемнение, разворот, расфокусировка, отсутствие видеосигнала;

- применение видеодетекторов движения, настроенных на реакцию на внешнюю засветку;

- рациональный выбор угла наклона видеокамеры к горизонту.

Эффективность внешнего разрушающего воздействия на видеокамеры в обобщенном виде представлена в Приложении 1.

Таким образом, перечисленные выше технические средства и методы построения СОТ позволяют обеспечить видеонаблюдение в условиях ограниченной видимости и значительно снизить эффект от внешних криминальных воздействий на оборудование.

14 Список использованных источников

http://applphys.orion-ir.ru
http://dic.academic.ru
http://elvees.ru
http://enc-dic.com
http://katodnv.com
http://theorphysics.info
http://vestnikprib.bmstu.ru
http://www.adeptelectronic.com
http://www.andor.com
http://www.e2v.com
http://www.evs.ru
http://www.gorizontrostov.ru
http://www.hamamatsu.com
http://www.hitachi-kokusai.co.jp
http://www.lib.ua-ru.net
http://www.mai.ru/unit/radiovtuz/nicsshp/
http://www.mkis.su
http://www.npostrela.com
http://www.nuvucameras.com
http://www.obzerv.com
http://www.ptgrey.com/
http://www.qimaging.com
http://www.qinetiq.com
http://www.raptorphotonics.com
http://www.roperscientific.com
http://www.secuteck.ru
http://www.smartec-cctv.ru
http://www.sozvezdie.su
http://www.umirs.ru
http://www.uomz.ru
http://www.wateccameras.com

Нефедов С.И., Скосырев В.Н., Растворов С.А., Восторгов А.Б., Ниашвили М.И., Шумов А.В, научная статья «Экспериментальные исследования радиолокационных портретов различных типов целей в миллиметровом диапазоне длин волн», журнал «Наука и образование: электронное научно-техническое издание», выпуск № 01, 2012 г.

Гольченко А.Н., Кернов Ю.П., Олихов И.М., научная статья «Лазерная система видеонаблюдения объектов в условиях плохой видимости», журнал «Электротехнические и информационные комплексы и системы», выпуск № 3, том 3, 2007 г.

Гейхман И.Л, Волков В.Г. «Основы улучшения видимости в сложных метеоусловиях» – М.: ООО «Неррa-Бизнес центр, 1999 г.

Приложение 1. Эффективность различных типов воздействия на видеокамеру

Таблица 24. Эффективность механического воздействия (выстрел).

Вид воздействия	Энергия воздействия	Тип видеокамеры	Разрушающий эффект	Эффективная дистанция воздействия
Выстрел из пневматического пистолета	3 Дж	обычного исполнения	низкий	при любой дистанции воздействия эффективность низкая
		купольная	низкий	
		вандало-защищенная	низкий	
Выстрел из рогатки металлическим шариком весом 28 гр.	20 Дж	обычного исполнения	высокий	до 10 м (по корпусу видеокамеры)
				до 5 м (по объективу)
		купольная	высокий	до 15 м (по корпусу видеокамеры)
				до 5 м (по объективу)
		вандало-защищенная	низкий (по корпусу видеокамеры)	при любой дистанции воздействия эффективность низкая
			высокий (по объективу)	до 5 м (по объективу)
Выстрел из арбалета	20 Дж	обычного исполнения	высокий	до 10 м (по корпусу видеокамеры)
				до 5 м (по объективу)
		купольная	высокий	до 15 м (по корпусу видеокамеры)
				до 5 м (по объективу)
		вандало-защищенная	низкий (по корпусу видеокамеры)	при любой дистанции воздействия эффективность низкая
			высокий(по объективу)	до 5 м (по объективу)
Выстрел из травматичес-кого пистолета типа МР-79-9ТМ	75 Дж	обычного исполнения	высокий	до 15 м (по корпусу видеокамеры)
				до 10 м (по объективу)
		купольная	высокий	до 15 м (по корпусу видеокамеры)
				до 10 м (по объективу)
		вандало-защищенная	низкий (по корпусу видеокамеры)	при любой дистанции воздействия эффективность низкая
			высокий (по объективу)	до 10 м (по объективу)

Таблица 25. Эффективность механического воздействия (свободно падающий груз).

Вид воздействия	Энергия воздействия	Тип видеокамеры	Разрушающий эффект
Удар грузом массой 5 кг, падающим с высоты 0,4 м	20 Дж	обычного исполнения	средний (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
		купольная	высокий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
		вандало-защищенная	низкий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
Удар грузом массой 5 кг, падающим с высоты 1 м	50 Дж	обычного исполнения	высокий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
		купольная	высокий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
		вандало-защищенная	низкий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
Удар грузом массой 5 кг, падающим с высоты 1,8 м	90 Дж	обычного исполнения	высокий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
		купольная	высокий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)
		вандало-защищенная	низкий (по корпусу видеокамеры)
			высокий (по объективу)

Таблица 26. Эффективность воздействия луча лазера.

Длинна волны	Энергия воздействия	Тип видеокамеры	Степень воздействия
650 нм (красный)	до 10 мВт	обычного исполнения	низкая (возможна «засветка» изображения)
		купольная	низкая (возможна «засветка» изображения)
		вандало-защищенная	низкая (возможна «засветка» изображения), для отдельных видов камер «засветка» изображения прекращается при отклонении луча от оптической оси объектива на угол 30°
532 нм (зеленый)	до 1 Вт	обычного исполнения	средняя (возможна «засветка» изображения)
		купольная	средняя (возможна «засветка» изображения)
		вандало-защищенная	средняя (возможна «засветка» изображения), для отдельных видов камер «засветка» изображения прекращается при отклонении луча от оптической оси объектива на угол 45°
	до 2 Вт	обычного исполнения	высокая (возможна «засветка» изображения и выжигание отдельных пикселов матрицы)
		купольная	высокая (возможна «засветка» изображения и выжигание отдельных пикселов матрицы)
		вандало-защищенная	высокая (возможна «засветка» изображения и выжигание отдельных пикселов матрицы)
450 нм (синий)	более 2 Вт	обычного исполнения	высокая (возможна «засветка» изображения и выжигание отдельных пикселов матрицы)
		купольная	высокая (возможна «засветка» изображения и выжигание отдельных пикселов матрицы)
		вандало-защищенная	высокая (возможна «засветка» изображения и выжигание отдельных пикселов матрицы)
		Вероятность выжигания отдельных пикселов матрицы выше, чем у зеленого лазера	

Таблица 27. Эффективность воздействия излучения радиостанции и разряда электрошокера.

Вид воздействия	Энергия воздействия	Тип видеокамеры	Степень воздействия
Разряд электрошокера	9 Дж	обычного исполнения	крайне низкая
		купольная	крайне низкая
		вандалозащищенная	крайне низкая
		Примечание: при пробое изоляции сигнального кабеля произошел выход из строя платы захвата видеорегистратора.	
Излучение носимой УКВ радиостанции	5 Вт	обычного исполнения	крайне низкая
		купольная	крайне низкая
		вандалозащищенная	крайне низкая
		Примечание: воздействие не было зарегистрировано.	

Приложение 2. Длинна волны излучения и видимость его глазом

Таблица 28. Длинна волны излучения, ее видимость глазом и соответствующий ей лазер

Длинна волны	Видимость глазом излучения (1 – макс. видимость, 0 – не видно)	Элементная база
350нм	0.00001 УФ	
380нм	0.0002 Ближний УФ	
400нм	0.0028 Граница УФ	Nichia фиолетовый GaN лазерный диод
405нм	0.0074	Blu-Ray/HD DVD Лазерныйдиод
420нм	0.0175 Фиолетовый	
442нм	0.0398 Фиолетовый- Голубой	Фиолетово голубой HeCd лазер
450нм	0.0468 Голубой	
457.5нм	0.0556	Голубая частота сдвоенного Nd:YVO
457.9нм	0.0562	Голубой цвет аргонного лазера
473нм	0.104	Синяя частота сдвоенного Nd:YAG
488нм	0.191 Зеленый-Голубой	Зелено-Голубой цвет аргонного лазера
500нм	0.321 Голубой-Зеленый	
510нм	0.503 Зеленый	Изумрудный цвет лазера на медных парах
514.5нм	0.588	Зеленый цвет аргонного лазера
532нм	0.885	Зеленая частота сдвоенного Nd:YAG или ND:YVO
543.5нм	0.974	Зеленый HeNe лазер
550нм	0.995 Желтый-Зеленый	
555нм	1.000	Пик видимости
567нм	0.969	Зеленый цвет Гелий-Ртутного лазера
568нм	0.964	Желто-Зеленый цвет некоторых криптонных лазеров
578нм	0.889 Желтый	Золотой цвет лазера на медных парах
580нм	0.870	
594.1нм	0.706 Оранжевый-Желтый	Желтый HeNe лазер
600нм	0.631 Оранжевый	
611.9нм	0.479 Красный-Оранжевый	Оранжевый HeNe лазер
615нм	0.441	Красный цвет Гелий-Ртутного лазера
627нм	0.298	Красный цвет лазера на парах золота
632.8нм	0.237 Оранжевый-красный	Красный HeNe лазер
635нм	0.217	Лазерные диоды(DVD,новые лазерные указки)
640нм	0.175	
645нм	0.138	
647.1нм	0.125 Красный	Красный цвет криптонового лазер или Ar/Kr лазер
650нм	0.107	Лазерные диоды(DVD, новые лазерные указки)
655нм	0.082	Лазерные диоды
660нм	0.061	
670нм	0.032	Бар-код сканеры и старые лазерные указки
680нм	0.017	
685нм	0.0119 Темно-красный	
690нм	0.0082	
694.3нм	0.006	Рубиновый лазер
700нм	0.0041 Граница ИК	
750нм	0.00012 Ближний ИК	
780нм	0.000015	CD/CD-RW Диод
800нм	3.7*(10)-6	Лазерные диоды накачки Nd:YAG, Nd:YVO
850нм	1.1*(10)-7	
900нм	3.2*(10)-9	
1064нм	3*(10)-14	Nd лазер(включая Nd:YAG)
1523нм	0.0000	ИК HeNe Лазер
3390нм	0.0000 Средний ИК	ИК HeNe Лазер
10600нм	0.0000 Дальний ИК	CO2 Лазер

Приложение 3. Примеры оборудования, обеспечивающего защиту от внешнего электромагнитного воздействия

Устройство грозозащиты Образец №1

Рис. 85
Устройство грозозащиты Образец №1

Устройство грозозащиты предназначено для защиты передающего или приемного видеооборудования от воздействия опасных помех и наводок при передаче видеосигнала на большие расстояния.

Конструкция предусматривает монтаж прибора непосредственно на системы видеооборудования (видеокамеру, мультиплексор и т.д.) или в разрыв кабельной линии.

Таблица 29 - Технические характеристики устройства грозозащиты

Диапазон рабочих частот	50 Гц - 6,5 МГц
Ослабление в полосе пропускания	не более 3 дБ
Максимальная амплитуда входного сигнала	6 В
Минимальное напряжение срабатывания защиты	7 В
Максимальный импульсный ток защиты при напряжении:	
от 7 до 90 В	40 А
свыше 90 В	10 кА
Время непрерывной работы	не ограничено

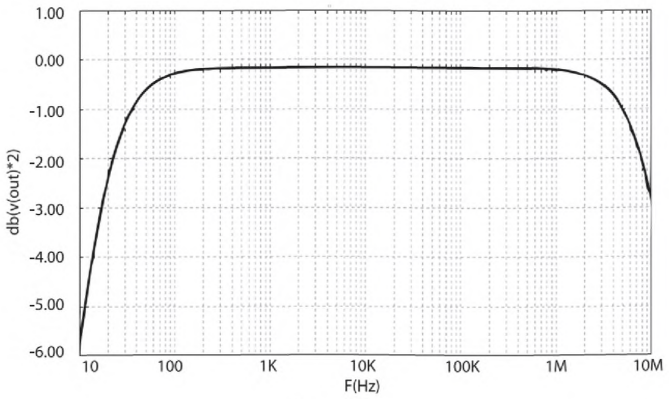

Рис. 86
Типовая амплитудно-частотная характеристика изолирующего трансформатора

Изолирующий трансформатор Образец №2

Рис. 87
Изолирующий трансформатор

Прибор предназначен для гальванической развязки передающего и приемного оборудования в системах видеонаблюдения при передаче видеосигнала по коаксиальным линиям связи. Гальваническая развязка устраняет помехи на изображении, возникающие из-за разности потенциалов между приемным и передающим оборудованием. Конструкция предусматривает монтаж приборов в разрыв кабельной линии.

Таблица 30 - Технические характеристики устройства грозозащиты

Входной и выходной импеданс	75 Ом
Диапазон рабочих частот	50 Гц - 7 МГц
Коэффициент передачи	1
Максимальная амплитуда выходного сигнала	6 В

Изолирующий трансформатор Образец №2

Рис. 88
Изолирующий трансформатор

Изолятор коаксиального кабеля для защиты от искажений по земле, не требующий внешнего питания. Предотвращает разрывы, наложение изображения и мелькание кадров, вызванные паразитным "земляным" током. Встроенная грозозащита (защита от скачков напряжения в цепи передачи видеосигнала).

Устройство защиты от помех Образец №3

Рис. 89
Устройство защиты от помех

Таблица 31 - Технические характеристики устройства грозозащиты

Вносимые потери	0,5 дБ
Частотная характеристика	0-3 дБ для 10 МГц
Входное сопротивление	75 Ом
Выходное сопротивление	75 Ом
Тип кабеля	CAT 5 UTP
Напряжение пробоя изоляции	DC 600 В
Регулировка сопротивления	есть
Рабочая температура	0…55 °С
Размеры	25x22x69 мм

Устройство защиты от скачков напряжения Образец №4

Рис. 90
Устройство защиты от скачков напряжения

Таблица 32 - Технические характеристики устройства грозозащиты

Время защиты	1 нс
Максимальный скачок тока	4 кВ
Длительность работы	300 скачков по 100 А/с
Сопротивление	10000 МОм
Сопротивление замыкания	около 0 Ом
Полоса пропускания	0…1 ГГц
Вносимые потери	< 0,2 Дб
Тип соединения	клеммные зажимы
Рабочая температура	0 – 55 °С
Размеры	25х25х65 мм

Одноканальный приемопередатчик видеосигнала с грозозащитой Образец №5

Рис. 91
Одноканальный приемопередатчик видеосигнала с грозозащитой

Пассивный одноканальный приемопередатчик видеосигнала с грозозащитой для работы с любым типом кабеля "витая пара". Дальность передачи в паре с активными приемниками - до 1500 м., при пассивных - до 300 м. Вход видео - под BNC, выход на линию - под клеммы. Габариты - 85х42х50 мм. Температурный диапазон использования -40...+50°С.