

ООО «ИК ТЕХНОЛОГИИ»

# **СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ И ИНФРАКРАСНАЯ ПОДСВЕТКА**

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ**

**(РЕДАКЦИЯ ОТ 26 ДЕКАБРЯ 2008)**

Москва 2008г.  
[www.irtechnologies.ru](http://www.irtechnologies.ru)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Обзор систем безопасности	3
2. Общий подход к проектированию систем охранного телевидения	6
3. Видеокамеры	9
3.1. Основы теории получения изображения	9
3.2. Разрешающая способность	14
3.3. Минимальная освещенность	15
3.4. Борьба с изменениями освещенности	17
3.5. Параметры видеокамер	18
4. Объективы	23
5. Термокамеры	28
6. Причины, влияющие на снижение реальной разрешающей способности телевизионных систем	29
6.1. Разрешающая способность телевизионной камеры и число элементов фотоприемника.	29
6.2. Недокументированный параметр телекамер – глубина модуляции сигнала на частоте максимального разрешения.	32
6.3. Потери разрешающей способности и глубины резкости в объективах с автоматической диафрагмой.	35
6.4. Потери разрешающей способности в кабельной сети.	37
6.5. Потери разрешающей способности в мультиплексорах, видеомагнитофонах, платах ввода изображения в компьютер и видеомониторах.	38
7. Методики определения параметров систем ИК подсветки.	41
7.1. Введение.	41
7.2. Основные фотометрические соотношения, используемые для проведения теоретических оценок.	41
7.2.1. Таблица 6. Основные обозначения.	41
7.2.2. Телесный угол (конус вращения, с плоским углом $\theta$ при вершине)	42
7.2.3. Оптическая мощность, КПД [%], эффективность [лм/Вт]	42
7.2.4. Световой поток [лм], освещенность [лк], сила света [кд]	42
7.2.5. Оценка дальности подсветки прожектора.	43
7.2.6. Эквивалентная освещенность для камер наблюдения.	43
7.3. Методики (рекомендации) измерения основных светотехнических параметров ИК прожекторов.	44
7.3.1. Общие положения.	44
7.3.2. Методы измерения	44
7.3.2.1. Диаграмма направленности ИК прожектора.	44
7.3.2.2. Мощность излучения (в пределах диаграммы направленности)	45
7.3.2.3. Дальность подсветки ИК прожектора.	46
7.4. Эквивалентная освещенность. Спектральная чувствительность.	47
8. Особенности применения ИК подсветки.	50
9. Особенности конструкции и возможности применения прожекторов серии «Dominant InfraRed™»	54
ПРИЛОЖЕНИЯ	57
П.1. Размеры светового пятна на объекте при различных углах подсветки	57
П.2. Выбор ИК прожектора под необходимый тип объектива (для наиболее распространенного формата ПЗС матриц 1/3").	57
ЛИТЕРАТУРА	58

## 1. Обзор систем безопасности.

Прежде, чем приступить к рассмотрению систем охранного телевидения, необходимо определить то положение, которое они занимают в ряду других систем безопасности. Но сначала выясним, что такое система безопасности, для чего она нужна, как она функционирует.

*Назначение систем безопасности состоит в том, чтобы минимизировать возможные последствия нежелательных воздействий на людей, их имущество и пр.* Подобные воздействия из внешней (по отношению к охраняемой зоне) среды могут быть как осознанными (со стороны криминальных и хулиганствующих элементов), так и в результате аварий или стихийных бедствий. В общем виде систему безопасности можно рассматривать как замкнутую систему управления:

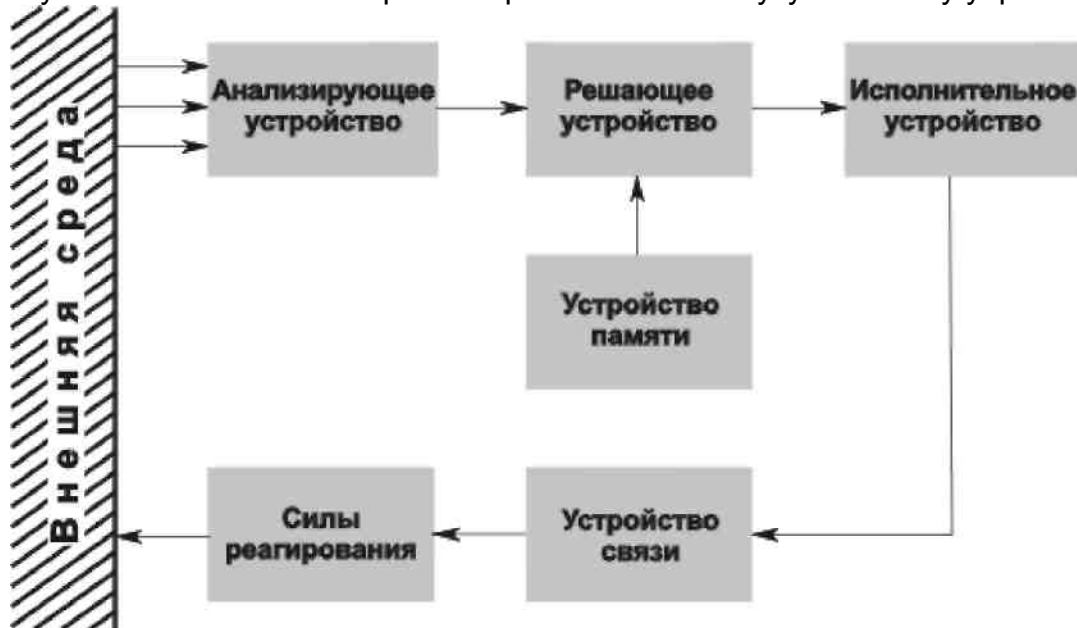


Рис. 1

Она состоит из следующих элементов:

- *анализирующее устройство* (датчики и/или органы чувств человека), воспринимающее воздействия из внешней среды,
- *устройство памяти*, в котором хранится априорная информация о возможной опасности (например, в виде порогового значения напряжения или кода),
- *решающее устройство* (на него приходят сигналы с двух предыдущих устройств), которое вырабатывает сигнал тревоги в случае превышения установленного порога,
- *исполнительное устройство* - оно может или само воздействовать на внешнюю среду (система пожаротушения, автомобильная сирена, строб-вспышка охранной системы, электрошокер), или управлять устройством связи,
- *устройство связи* - служит для передачи тревожной информации силам реагирования,
- *силы реагирования* (охрана, наряд милиции, МЧС и т.п.), непосредственно воздействующие на внешнюю среду с целью минимизации потерь.

*Эффективность системы безопасности определяется скоростью ее отработки на внешнее воздействие - для исключения развития событий по неблагоприятному сценарию скорость ответных действий должна быть выше, чем скорость воздействия.* С этой целью для осложнения действий криминальных элементов используются средства механической укреплённости (сейфы, механические замки, металлические двери, решетки на окнах помещений, устройства блокировки руля и рычага переключения передач автомобиля,

стеклоподъемники автомобиля, механические средства защиты от хищения оргтехники и компьютеров и пр.). В этом же ряду находятся и средства вандализационности оборудования систем безопасности (специальное крепление, антитамперные датчики и пр.), так как для их нейтрализации злоумышленникам также требуется время. Рассмотрим особенности систем безопасности.

В *охранных и пожарных системах* роль анализирующих устройств, устройств памяти и решающих устройств выполняют датчики (извещатели). В контрольной панели принимается окончательное решение о наличии тревоги (привлечение внимания охранника или передача сигнала тревоги по телефонной линии, по радиоканалу и пр.). Датчики анализируют физическое состояние среды (освещенность, звук, тепло, механическое воздействие, напряженность электромагнитного поля) - их срабатывание трактуется как возгорание или как появление человека в окружающем пространстве. Несовершенство такой модели является источником ложных тревог или пропуска тревожных событий. Охранная сигнализация трактует все распознаваемые воздействия как вторжение и допускает вход в охраняемое пространство только на время снятия его с охраны. *Периметральные системы*, по сути, являются разновидностью охранных систем с датчиками, созданными для контроля периметров больших открытых пространств.

*Системы управления доступом* разрешают цивилизованным способом попасть в охраняемое пространство всем, кто имеет право доступа в него. Считыватель системы (анализирующее устройство) преобразует признаки, вводимые посетителем, в код, а контроллер (решающее устройство) сравнивает полученный код с разрешенными кодами, хранящимися в устройстве памяти. При обнаружении разрешенного кода срабатывает исполнительное устройство (электрозащелка, электрозамок, турникет, шлагбаум, шлюз). К системам управления доступом логично отнести и *переговорные (видеопереговорные) системы*, в которых указанные выше функции реализуются оператором, хранящим в своей памяти образы «своих» и «чужих».

*Системы предотвращения краж* решают задачу оповещения о несанкционированном выносе товаров из торгового зала. В качестве основания для выработки сигнала тревоги используется наличие на товаре в момент проноса его вблизи антенны специальной бирки. Можно сказать, что антикражевые системы по отношению к непроданному товару (и человеку, выносящему его из магазина) реализуют функцию, инверсную функции систем управления доступом.

*Досмотровое оборудование* оповещает о проносе в контролируемую зону предметов, имеющих признаки запрещенного к проносу (например, оружия).

*Автомобильные сигнализации* во многом функционируют аналогично системам охранной сигнализации и систем управления доступом. Кроме того, в них реализуется блокировка части функций системы в охраняемом пространстве (например, так называемый иммобилайзер блокирует стартер, зажигание и подачу топлива двигателя). Ложные срабатывания автомобильных сигнализаций во многом являются следствием жестких условий их эксплуатации.

В *системах охранного телевидения* в качестве анализирующего устройства, решающего устройства и устройства памяти, как правило, используется сам человек (исключение составляют детекторы движения, детекторы оставленных или унесенных предметов). Техника только помогает ему принять решение. Органы зрения анализируют визуальную информацию опосредованно, с помощью видеокамер, устройств обработки информации и видеомониторов. Самих видеокамер может быть довольно много, а благодаря современным системам связи они могут быть удалены от оператора достаточно далеко.

Естественно, что участие человека в выработке решения, приносит свои проблемы: субъективность человека в оценке происходящего, возможность бессознательного или осознанного игнорирования каких-либо событий или даже саботажа. Кроме того, существуют и физиологические ограничения возможностей человека обрабатывать большой поток информации с минимальными потерями. То есть требуется согласование потока визуальной информации с пропускной способностью информационного канала видеомонитор-оператор. Применительно к видеосистемам, это выражается выполнением следующих требований:

- соответствующая организация рабочего места оператора (расстояние до экрана видеомонитора, характер освещенности и пр.),
- установление времени переключения видеокамер, не приводящего к утомляемости оператора,
- размещение на экране одновременно такого количества изображений от видеокамер, которые реально могут контролироваться оператором (по требованиям эргономики, не более 6 - 8).

Уменьшение влияния негативных сторон «человеческого фактора» может быть достигнуто видеозаписью всего происходящего для последующего анализа. Если для этой цели используется видеорегистратор, то он должен иметь блокировку доступа и желательно, чтобы он находился в специальном сейфе. Вообще говоря, большинство приборов для обработки видеосигналов имеют блокировки доступа, пароли; более того, в самом помещении охраны рекомендуется скрыто устанавливать видеокамеру для записи действий операторов. У французов есть хорошая поговорка: «Предают только свои».

Помощь оператору могут оказать соответствующие надписи на экране (особенно ценные при нештатной ситуации), зуммер, сигнализирующий о срабатывании датчика тревоги или об окончании ленты видеомagneитофона, информация о внезапном пропадании видеосигнала или о каком-то движении в контролируемой зоне.

*Преимущество систем охранного телевидения по сравнению с другими охранными системами заключается в их высокой информативности (90% всей информации об окружающем мире человек получает благодаря органам зрения). Проверить правильность функционирования систем безопасности, убедиться в реальности тревоги, выработанной сигнализацией (охранной, пожарной, периметральной, антикражевой, автомобильной) можно не только посещением человеком места происшествия, но и дистанционно - с помощью видеосистемы. А еще важнее предотвратить происшествие, обнаружив опасное движение на подступах к охраняемой зоне, расшифровав возможную угрозу по экрану видеомонитора. Это особенно актуально для удаленных необслуживаемых объектов.*

Несовершенство любой из систем безопасности в отдельности приводит к стремлению взаимного дополнения систем, к попыткам проектировщиков интегрировать различные системы в единую систему безопасности, чтобы существенно уменьшить влияние слабых сторон каждой из систем, повысить достоверность получаемой оператором информации. Интеграция может осуществляться на аппаратном и/или программном уровне (в частности, охранные датчики могут подключаться не только к охранным панелям, но и к видеосистемам, к переговорным системам, к системам управления доступом). Что касается видеосистем, то в некоторых случаях трудно вычлениить собственно видеосистему из других систем. Ну, например: Где заканчивается видеосистема и начинается система доступа в видеопереговорных системах? К какому классу систем отнести видеокамеру, установленную в корпусе инфракрасного охранного датчика? Детектор движения (видеосенсор) - это атрибут охранной системы или системы видеонаблюдения? Специальные видеокамеры для контроля возгорания

- это ли не пожарный датчик? А видеокамера в составе биометрической системы доступа...

Отметим, что эффективность использования систем охранного телевидения оценивается не только пользователями, но и криминальными элементами, что оправдывает изготовление и установку на охраняемом объекте муляжей видеокамер. Таким образом, *охранное телевидение играет важнейшую роль в системах безопасности.*

## **2. Общий подход к проектированию систем охранного телевидения.**

*Одно из отличий систем охранного телевидения от других систем безопасности заключается в уникальности построения практически каждой видеосистемы* (по сравнению, например, с системами охранной, пожарной или автомобильной сигнализации, состоящих из программируемого контроллера и набора стандартным образом подключаемых датчиков, вырабатывающих двухуровневые цифровые сигналы).

Проектирование охранного телевидения включает в себя первоначальный выбор ее конфигурации в соответствии с требованиями ТЗ, подбор необходимых приборов и аксессуаров, выбор варианта их подключения и корректировку конфигурации видеосистемы в соответствии с параметрами реально существующего на рынке систем безопасности оборудования. Несомненно, есть много сходного (и даже повторяющегося) в различных системах охранного телевидения, и все же каждый раз - новое техническое задание - это другая конфигурация, это другие уровни сигналов и помех, иначе говоря, это новая видеосистема.

В мире не так много производителей оборудования, которые бы обеспечили проектировщика целиком всем необходимым для создания всей системы охранного телевидения. Поэтому в одной и той же видеосистеме, как правило, используется оборудование различных производителей. Чтобы из разных приборов, как из кубиков, создать единую, функционально законченную и надежно работающую видеосистему, все ее части должны обладать конструктивной и электрической совместимостью. Когда этого почему-то не происходит, извлекаются на свет паяльник, напильник, появляются какие-то незапланированные проводки и перемычки... К примеру, оказывается, что объективы с автодиафрагмой одной фирмы не управляются от видеокамер другой фирмы, а приемники сигналов телеуправления вообще управляются только от «своих» клавиатур.

С другой стороны, конечным потребителем визуальной информации является оператор, который смотрит на экран видеомонитора, и ему по большому счету совсем неважно, что там у Вас на осциллографе, какие синхроимпульсы - важно, чтобы у него на экране было качественное изображение. А вот как определить, насколько оно качественное? Практически никак, чисто субъективно, потому что в мире нет единых стандартов на измерение параметров видеокамер, да и мало кто из Заказчиков достаточно искушен в оценке качества изображения, едва ли он сможет объективно оценить качество работы системы охранного телевидения на этапе ее сдачи-приемки (правда, потом, присмотревшись...).

Помочь в вопросе тестирования параметров видеосистем может использование специальных испытательных таблиц. В этом случае появляется возможность проверить результирующие характеристики всей системы и отдельных ее частей, причем не только на оснащаемом объекте, но еще и до монтажа, моделируя ситуацию с помощью бухты кабеля и комплекта выбранного оборудования. Эти результаты можно предъявить Заказчику на этапе

согласования технического задания. Испытательные таблицы могут помочь и в случае конфликтной ситуации с Заказчиком.

С чего же следует начинать проектирование системы охранного телевидения? С выбора количества видеокамер и размещения их на охраняемом объекте. Сколько должно быть видеокамер в видеосистеме? Какие должны быть у них объективы? Каким образом лучше всего установить видеокамеры? Никто заранее не знает ответов на эти вопросы до тех пор, пока Вы не зададите себе, а лучше Заказчику, простой вопрос: **«Что должно быть видно?»**

Если получите внятный и исчерпывающий ответ на этот вопрос - считайте, что все остальное дело техники.

На основании требований того, *что должно быть видно*, выбираются соответствующие *зоны видеонаблюдения* (с выездом проектировщика на объект Заказчика, либо используя план помещений или местности). Желательно, чтобы в поле зрения видеокамер попадало максимальное количество дверей, коридоров, лестниц, с тем, чтобы злоумышленник был бы обнаружен при любой траектории его движения. Особенно важными с точки зрения безопасности являются въезды и выезды, ворота и прилегающие к ним территории, заборы, дворы, стоянки автомобилей.

Если говорить о необходимом размере изображения человека на экране видеомонитора, то тут нет единого мнения. Существует, например, такая простая рекомендация:

- для мониторинга обстановки в контролируемой зоне размер изображения человека по вертикали должен составлять порядка 5% от высоты экрана (непонятно, человек или собака, но что-то движется),
- для четкого обнаружения человека размер должен составлять 10% (не ясно, мужчина или женщина, но точно - человек),
- для узнавания человека размер должен быть 50% (вроде, Николай Георгиевич...),
- для идентификации и распознавания размер должен быть 120% от высоты экрана (точно, он!).

Далее выбираются наиболее удобные *места крепления видеокамер* (не в воздухе же им висеть? в крайнем случае, можно и столб врыть...). Это определяет ракурсы наблюдения (например, можно повесить видеокамеру прямо перед входом, но тогда будут видны одни лишь макушки голов, которые для опознавания не всегда пригодны). При выборе мест размещения видеокамер следует спрогнозировать *влияние возможных препятствий* - деревьев, кустов, распахивающихся дверей. Необходимо постараться исключить попадание в поле зрения видеокамеры источников света (прямые солнечные лучи, огни рекламы, осветительные фонари, фары автомобилей), а также отражений от создающих блики поверхностей (вода, стекла и пр.). При этом должен обеспечиваться необходимый для нормальной работы видеокамеры *уровень освещенности*. Предлагаемые технические решения должны быть *комплексными*: если предполагается использовать видеокамеру с питанием от источника постоянного тока или инфракрасный осветитель, сразу же следует решать вопрос о необходимом блоке питания, не забыть выбрать кронштейн, термокожух и т.д.

Отметим, что видеокамера, как и любой прибор системы безопасности, может стать объектом диверсии. *Борьба с вандализмом* происходит в следующих направлениях:

- используют специальные кожухи и кронштейны, затрудняющие повреждение или похищение видеокамеры,
- применяют специальные схемотехнические решения (тревога при попытке снять кронштейн или приблизиться к нему, при пропадании видеосигнала),

- устанавливают дополнительные скрытые видеокамеры, контролирующие зоны установки критически важных систем видеонаблюдения,
- используют пассивную форму защиты (видеоглазки, скрыто установленные видеокамеры) - приборы как бы мимикрируют в окружающей среде и эффективны до тех пор, пока не обнаружены злоумышленниками.

Точка расположения видеокамеры и подлежащие наблюдению объекты (дверь, ворота, шлагбаум, склад...) образуют *сектор наблюдения*. Определение оптимального количества таких секторов является многовариантной задачей. *Недостаточное* количество видеокамер приводит к наличию в пространстве так называемых «мертвых зон». *Чрезмерное* количество видеокамер приводит к неоправданному повторению схожих изображений. Это ведет к росту стоимости оборудования (видеокамеры, объективы, кронштейны, кожухи, кабели), усложнению оборудования обработки видеосигналов, а значит, и к удорожанию видеосистемы. С другой стороны, увеличение числа каналов приводит к уменьшению времени наблюдения по каждой зоне, к уменьшению размеров изображения при мультисценовом отображении на видеомониторе - вместо ожидаемого повышения информативности видеосистемы происходит ее уменьшение. Выбранные секторы наблюдения однозначно определяют *углы обзора* видеокамер (либо *расстояния до объекта и поля зрения*). На основании этих параметров и знания *форматов* видеокамер определяются *фокусные расстояния объективов*.

Опыт проектирования показывает, что, несмотря на многообразие задач видеонаблюдения, некоторые требования, формулируемые заказчиками, нередко оказываются тождественными. Это привело к созданию изготовителями небольших готовых, так называемых *мини-видеосистем*, обеспечивающих решение ряда «стандартных» задач. Каждая такая мини-видеосистема содержит одну или несколько видеокамер со встроенными объективами и диодами инфракрасной подсветки, микрофонами, специальными кронштейнами, видеомонитор со встроенным 2- или 4-входовым видеокоммутатором, а также комплект соединительных кабелей.

Преимущества использования мини-видеосистем:

- возможность проведения натурных испытаний на объекте заказчика,
- сокращение времени и средств на проектирование и монтаж видеосистемы,
- возможность гибкой трансформации видеосистемы при переезде с одного объекта на другой.

Недостатки:

- такие системы обычно имеют весьма посредственные характеристики.

Необходимую для проектирования видеосистемы информацию получают из *общения с Заказчиком*, поэтому многое зависит от диалога проектировщик - заказчик. Например, нередко, приходит Заказчик и с порога заявляет, что ему нужно установить 7 видеокамер (не 6, и не 8), и у него только один вопрос – «сколько это будет стоить?». Возможно, это природная самоуверенность. Возможно, желание сразу же показать, что его так просто не проведешь... А может, человек ничего не собирается приобретать, а просто исследует рынок. Дайте ему выговориться. Выслушайте его. А потом уточните, почему именно 7? И главное, спросите (как бы, между прочим): «*Что должно быть видно?*»

Первый совет - *никогда не идти на поводу у Заказчика* (бездумно согласившись с ним сегодня, завтра Вы будете жалеть об этом, но будет поздно). Если все-таки Заказчик настаивает на своих требованиях (а Вам они кажутся не вполне резонными), не спорьте, но попытайтесь аргументировано объяснить, к чему это приведет. А если и после этого Заказчику все-таки «так хочется» - пусть будет так. Только тактично поясните ему, что в этом случае всю ответственность



за техническое решение он берет на себя сам. И обязательно *подпишите* у Заказчика техническое задание. На всякий случай.

*Никогда не обещайте Заказчику невозможного.* Заказчик будет Вас сильно уважать, если Вы аргументировано объясните физические ограничения решения его задачи, честно укажите границы реализуемого. А если при этом Вы еще широкими мазками обрисуете, от каких напастей его оберегли, что бы случилось, если бы сразу согласились с ним, то он и друзьям своих внуков будет рассказывать о Вас. Не бойтесь показать, что Вы чего-то не знаете - каждый может чего-то не знать - хуже, если Вы с уверенным видом понесете ахинею.

Вторым по значимости вопросом при проектировании системы охранного телевидения является вопрос: *Цветная* видеосистема или *черно-белая*? Достоинства цветных видеосистем очевидны:

- повышенная информативность,
- более естественное отображение,
- цветное изображение кажется объемным,
- более достоверное отображение людей и объектов.

Тем не менее, в настоящее время в России цветное видеооборудование составляет примерно 20% от общего числа реализуемых видеосистем, в то время как в остальном мире около 60%. Причина? В том числе - цена оборудования и уровень жизни народа. Если сравнивать цветные и черно-белые видеосистемы, то они имеют следующие особенности.

Черно-белые видеосистемы:

- высокая разрешающая способность,
- высокая чувствительность,
- низкая цена.

Цветные видеосистемы:

- пониженная разрешающая способность,
- пониженная чувствительность,
- высокая цена,
- плохо работают, если для дополнительной подсветки совместно с ними используются лампы дневного света или инфракрасные осветители.

И все-таки определенная потребность в цветных видеосистемах существует и в России (и она наверняка будет возрастать). Если же требуется система охранного телевидения, имеющая высокую разрешающую способность, то в такой видеосистеме обязательно должны использоваться ВСЕ приборы, имеющие выходы не композитного видеосигнала (одновременная передача сигналов яркости и цветности), а S-VHS сигнала (раздельная передача яркостного сигнала Y и сигнала цветности C).

### **3. Видеокамеры**

#### **3.1. Основы теории получения изображения**

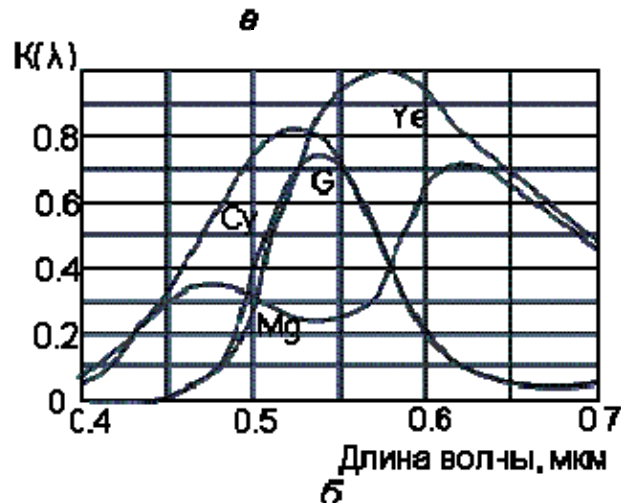
*Видеокамеры* - это по сути глаза видеосистемы, они определяют ту визуальную информацию, которая в конечном итоге поступает к оператору. Однако, в отличие от глаз, использование видеокамер предоставляет оператору уникальную возможность одновременно видеть на экране видеомонитора изображения из многих, достаточно удаленных мест.

В настоящее время в качестве светочувствительного устройства в большинстве систем ввода изображений используются ПЗС матрицы (прибор с зарядовой связью), принцип работы которых заключается в следующем: на основе пластины кремния создается матрица светочувствительных элементов (секция накопления). Каждый светочувствительный элемент имеет свойство накапливать заряды, пропорционально числу попавших на него фотонов. Таким

образом, за время экспозиции на секции накопления формируется двумерная матрица зарядов, пропорциональных яркости исходного изображения. Накопленные заряды первоначально переносятся в секцию хранения, а далее строка за строкой и пиксель за пикселем на выход матрицы, преобразуясь затем в видеосигнал.

Для камер цветного телевидения матрицы ПЗС с кадровым переносом непригодны из-за недостаточной чувствительности в синей области видимого спектра излучения. Кроме того, они имеют избыточную чувствительность в ближней ИК-области и для получения приемлемого качества цветопередачи требуют использования светофильтров с отсечкой ИК-области спектра. Поэтому в системах безопасности наибольшее распространение получили одноматричные цветные камеры на базе ПЗС со строчным переносом зарядов. Для выделения информации о цвете наблюдаемых объектов на светочувствительную поверхность ПЗС наносят мозаику из кодирующих светофильтров, имеющих прозрачность  $K(\lambda)$

Cy	Ye	Cy	Ye
Mg	G	Mg	G
Cy	Ye	Cy	Ye
G	Mg	G	Mg
Cy	Ye	Cy	Ye
Mg	G	Mg	G



**Рис. 2. Цветоделительные фильтры цветной матрицы ПЗС: а – пространственное расположение, б – относительные спектральные характеристики**

Наибольшее распространение в настоящее время получил мозаичный фильтр из четырёх цветов: жёлтого ( $Ye = G+R$ ), голубого ( $Cy = G+B$ ), пурпурного ( $Mg = R+B$ ) и зелёного ( $G$ ). Пространственное расположение и спектральные характеристики элементов мозаики приведены на рис. 2, а) и б) соответственно.

Такая комбинация цветов уступает по точности цветопередачи классической триаде «красный-зелёный-синий» (RGB), но обеспечивает лучшую чувствительность телекамеры.

Для обеспечения высокой чувствительности цветной ТВ-камеры обычно в ней используется режим накопления поля. В результате, из горизонтального регистра матрицы ПЗС для каждого элемента изображения попарно следуют отсчёты смеси цветов, например для нечётных строк:  $(Mg + Cy)$ ,  $(G + Ye)$ ,  $(Mg + Cy)$ ,  $(G + Ye)$  и т. д., и для чётных строк:  $(G + Cy)$ ,  $(Mg + Ye)$ ,  $(G + Cy)$ ,  $(Mg + Ye)$  и т. д. В дальнейшем выделяются яркостный и цветовой сигналы. Для получения яркостного сигнала для нечётных строк производится следующая операция:

$$Y = 1/2[(G+Ye) + (Mg+Cy)] = 1/2(2B + 3G + 2R).$$

Аналогичный алгоритм обработки, заключающийся в задержке во времени и попарном суммировании отсчётов, применяется и для чётных строк:

$$Y = 1/2[(G+Cy) + (Mg+Ye)] = 1/2(2B + 3G + 2R).$$

При получении цветоразностного сигнала для нечётных строк производится следующая операция:

$$(B - Y) = [(G + Ye) - (Mg + Cy)] = -[2B - G].$$

Для чётных строк алгоритм обработки также заключается в задержке и вычитании попарных отсчётов:

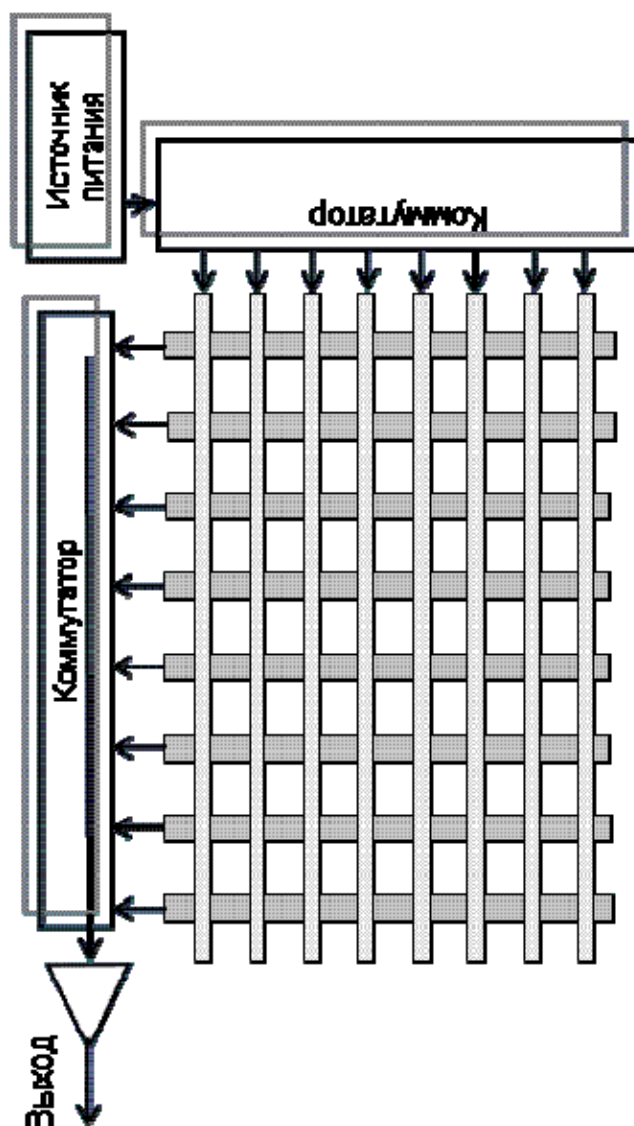
$$R - Y = [(Mg + Ye) - (G + Cy)] = [2R - G].$$

Приведённые выражения для чётных и нечётных строк матриц ПЗС показывают, что в видеосигнале каждой чётной строки матрицы содержится информация о цветах R и G, а в каждой нечётной — B и G. Поэтому при половинной частоте выборки можно отделить один цвет от другого. Эта операция производится в аналоговой форме с помощью отдельной схемы выборки-хранения либо в цифровой форме в видеопроцессоре. Из сигналов яркости и цветности затем получают композитный сигнал в системе PAL. Подчеркнём, что разрешающая способность ТВ-камер 480 линий реализуется только при раздельной передаче сигналов яркости и цветности (так называемый выход Y/C). Основные требования к фотоприёмникам для цветных камер охранного телевидения вытекают из требования их совместимости с аппаратурой чёрно-белого отображения и принятыми стандартами видеозаписи. Поэтому число элементов в чёрно-белых и цветных матрицах и тактовая частота их выходного регистра одинаковы. Необходимость передачи сигнала цветности через канал с той же полосой пропускания (примерно, 6 МГц) ведёт к сокращению полосы частот яркостного канала. В результате разрешающая способность цветных ПЗС снижается на 20...30% по сравнению с чёрно-белыми с тем же числом элементов. Использование матрицы цветоделительных фильтров уменьшает световой поток, поступающий на элементы матрицы ПЗС. Это обуславливает снижение чувствительности цветных матриц ПЗС на порядок по сравнению с чёрно-белыми при той же площади элемента разложения.

*Фотоприёмники с координатной адресацией.* Считывание электрического сигнала, накопленного под воздействием света может быть осуществлено двухмерной координатной адресацией к элементам фотодиодных или фоторезистивных матриц (рис. 3).

Поочерёдное подключение каждого из элементов разложения осуществляется с помощью электронных ключей, выполненных по технологии комплементарных МОП-транзисторов (КМОП). Эти фотоприёмники имеют ряд достоинств по сравнению с ПЗС, хотя и уступают им по качеству изображения. Можно выделить такие свойства КМОП-фотоприёмников, как низкая мощность потребления, возможность считывания произвольного фрагмента изображения, низкая стоимость. Важным преимуществом КМОП-матриц является возможность реализации функций накопления, управления считыванием, квантования и обработки видеосигнала на одном кристалле. В настоящее время освоено

производство однокристалльных КМОП-телекамер с непосредственным выходом на шину USB, широко используемую в персональных компьютерах.



**Рис. 3. Считывание сигнала в фотоприёмнике с координатной адресацией**

Основной недостаток КМОП-камер связан пока с их малой чувствительностью, их неоднородностью по массиву элементов, а также с неоднородностью темновых сигналов. В настоящее время чувствительность КМОП-камер ограничена в первую очередь структурной помехой, на порядок превышающей флуктуационный шум. При компенсации структурной помехи флуктуационный шум КМОП-камер превышает аналогичное значение шума матричных ПЗС в 3—5 раз при одинаковой частоте считывания сигнала. Так как выходной сигнал насыщения у матричных фотоприемников обоих типов соизмерим, то в настоящее время КМОП-камеры имеют меньший динамический диапазон, чем ПЗС-камеры.

Схемотехнические методы компенсации неравномерных темновых сигналов хорошо освоены в телевизионных системах измерения координат точечных объектов. Поэтому на определённом этапе развития КМОП-телевидения предельная чувствительность камер будет достигаться применением внешних устройств компенсации темновых сигналов; на последующих этапах можно

ожидать повышения однородности массива фоточувствительных элементов, как это было достигнуто в ПЗС.

Первое поколение КМОП-камер характеризовалось тем, что в них использовался единый усилитель на весь столбец фотодиодов. В камерах второго поколения к каждому фотодиоду был добавлен однострансistorный буфер, а также введена схема двойной коррелированной выборки (ДКВ) на каждый столбец. Камеры такого типа называются камерами с активным элементом. Отличие третьего поколения КМОП-камер заключается в том, что для стабилизации коэффициента усиления усилителей каждого столбца, расположенных перед схемой ДКВ, используется обратная связь. КМОП-камеры третьего поколения изготавливаются различными фирмами, в том числе не специализирующимися в области телевизионной техники.

КМОП-Фотоприёмники с координатной адресацией активно внедряются в системы пассивной оптической локации, в том числе ИК-диапазона, и имеют хорошие перспективы стать главным типом фотоприёмников в прикладном телевидении.

Кстати, дискретная структура ПЗС-матрицы является предпосылкой для создания современных цифровых видеокамер, что позволяет их использовать, например, в компьютерных сетях; на выходе таких видеокамер формируется цифровой код (в отличие от большинства существующих в настоящее время видеокамер, на выходе которых имеется стандартный аналоговый видеосигнал размахом 1В). Не следует путать цифровую видеокамеру и видеокамеру с цифровой обработкой сигнала (DSP).

Видеокамеры характеризуются специальным параметром, который называется *формат* ПЗС-матрицы - это не что иное, как округленное значение длины диагонали ПЗС-матрицы, выраженное в дюймах. Например, наиболее популярная в настоящее время матрица 1/3 дюйма имеет размеры: (4,8 x 3,6) мм. Существуют также матрицы 1" - (12,8 x 9,6) мм, 2/3" - (8,8 x 6,6) мм, 1/2" - (6,4 x 4,8) мм, 1/4" - (3,6 x 2,7) мм, причем тенденция такова, что размеры матрицы у современных видеокамер становятся все меньше (это экономически выгодно), а разрешающая способность и чувствительность видеокамер почти не ухудшаются.

*Знание формата ПЗС-матрицы необходимо для выбора подходящего объектива* - диаметр окружности, в которой отображается сфокусированное объективом изображение, по сути, является диагональю матрицы (так как матрица имеет форму прямоугольника, то на нее приходится только часть кругового изображения; если формат матрицы и объектива совпадают, прямоугольник матрицы точно вписывается в окружность).

При выборе видеокамеры следует в первую очередь определиться - видеокамера должна быть *цветной* или *черно-белой*, а это, в свою очередь, непосредственно вытекает из технического задания на видеосистему. Следует оговориться, что в одной и той же системе можно одновременно использовать и цветные, и черно-белые видеокамеры (если есть такая необходимость). Например, вся видеосистема цветная, и среди видеокамер есть так называемый видеоглазок (черно-белая видеокамера со сверхширокоугольной оптикой, устанавливаемая во входной двери) - при этом изображение на цветном видеомониторе (или телевизоре) от видеоглазка будет черно-белым. Или, к примеру, вся видеосистема (включая видеомонитор) черно-белая, а одна видеокамера цветная - все изображения будут черно-белыми.

Как уже говорилось, черно-белые видеокамеры более чувствительные (то есть могут работать при меньшей освещенности, почти в полной темноте) и имеют лучшую разрешающую способность, чем цветные видеокамеры (то есть они способны различать более мелкие детали и удаленные объекты); к тому же, что немаловажно, черно-белые видеокамеры существенно дешевле.

Цветные видеокамеры имеют всего одно, но очень существенное преимущество - высокую информативность. И это подчас является решающим аргументом, несмотря на их сравнительно высокую стоимость, а также зависимость качества изображения от типа источника света.

### **3.2. Разрешающая способность**

*Разрешающая способность* является одной из важнейших характеристик систем видеонаблюдения. Она характеризует способность видеосистемы различать мелкие детали и удаленные предметы. Разрешающая способность измеряется в так называемых телевизионных линиях (ТВЛ) - количестве различимых на экране видеомонитора черных и белых штрихов минимальной толщины. Чем больше это значение, тем мельче детали и более удаленные предметы можно наблюдать (что особенно важно вне помещений). Например, черно-белая видеокамера с 600 ТВЛ лучше, чем с 380 ТВЛ (первую относят к видеокамерам высокого разрешения, вторую - стандартного разрешения).

Надо отметить, что к паспортным данным поставщиков видеокамер следует относиться очень осторожно. Так, результаты измерений ряда японских, корейских и тайваньских видеокамер показали, что в отдельных случаях их реальная разрешающая способность составляла 360 ТВЛ (против заявленных в паспортах 380 ТВЛ, 420 ТВЛ и даже 460 ТВЛ).

Следует подчеркнуть, что разрешающая способность видеокамеры в первую очередь определяется параметрами ПЗС-матрицы, поэтому разрешающая способность черно-белых видеокамер выше разрешающей способности цветных видеокамер. Кроме того, на разрешающую способность оказывает влияние ширина полосы пропускания тракта видеосигнала. Ориентировочное значение необходимой для передачи видеосигнала верхней граничной полосы тракта (МГц) может быть получено делением значения разрешающей способности (ТВЛ) на число 80. Например, если требуется разрешающая способность 420 ТВЛ, то полоса пропускания должна быть:  $420 : 80 = 5,25$  (МГц).

Для цветных видеосистем обязательным условием является передача спектра видеосигналов вблизи поднесущей цветности PAL (4,43 МГц). Отметим, что абсолютное большинство цветных охранных видеосистем, эксплуатирующихся в России, работает в стандарте PAL. Как правило, ширина полосы пропускания тракта видеосигнала в этих системах составляет около 5 МГц. Что касается результирующей разрешающей способности всей видеосистемы, то на ее значение оказывают влияние параметры всех входящих в систему элементов: видеокамер, объективов, усилителей, устройств обработки видеосигналов, видеомониторов, устройств видеозаписи, кабелей. При этом *общая разрешающая способность будет хуже худшей разрешающей способности входящих в видеосистему элементов*. К примеру, если видеокамера, имеющая разрешающую способность 420 ТВЛ, кабелем соединена с видеомонитором, у которого разрешающая способность 800 ТВЛ, то результирующая разрешающая способность может быть, например, 390 ТВЛ или 350 ТВЛ, но никак не будет равна 420 ТВЛ.

К сожалению, в настоящее время отсутствует методика, позволяющая аналитически рассчитать результирующую разрешающую способность видеосистемы по значениям разрешающих способностей входящих в нее элементов. Более того, нет единого международного стандарта на измерение параметров видеосистем вообще, и видеокамер в частности; многие параметры измеряются в разных фирмах по-разному, при различных условиях. Поэтому еще раз подчеркнем, что следует быть весьма осторожным в отношении параметров, указываемых в рекламных буклетах, каталогах и даже технических инструкциях.

### 3.3. Минимальная освещенность

Вторым по важности параметром видеокамер можно назвать *минимальную освещенность*, которая характеризует способность видеокамеры наблюдать объекты в темноте (измеряется в Люксах - Лк). Чем меньше это значение, тем выше качество видеокамеры (обстановка на объекте становится все темнее, а изображение остается еще различимым). Для повышения чувствительности современных видеокамер используют следующие приемы, обеспечивающие их адаптацию к условиям освещенности:

- в черно-белых видеокамерах при низкой освещенности происходит переключение в режим пониженной разрешающей способности или возрастания времени накопления зарядов, что влечет за собой смазывание движущихся объектов (чувствительность разменивается либо на разрешающую способность, либо на быстродействие),

- цветные видеокамеры при низкой освещенности автоматически переходят в режим черно-белого изображения.

В измерении минимальной освещенности больше всего путаницы и неопределенности (что с успехом используют некоторые поставщики видеокамер). Вот несколько «подводных камней»: так как большинство видеокамер поставляется без объективов, то результат измерения минимальной освещенности зависит от параметров используемого при измерении объектива, в первую очередь от величины его относительного отверстия. Относительное отверстие объектива указывает, какая часть лучей пройдет через объектив и достигнет светочувствительных элементов ПЗС-матрицы. Следует помнить, что через объектив с относительным отверстием F2.0 пройдет меньше лучей, чем с относительным отверстием F1.4. Так вот, некоторые изготовители указывают минимальную освещенность, например, таким образом: 0,1лк/F1.4 (0,1лк при относительном отверстии 1.4), другие указывают минимальную освещенность, при относительном отверстии 2.0, например, 0,3лк/F2.0. При сравнении видеокамер следует помнить:

- если имеются две видеокамеры, причем, у первой из них указана чувствительность 0,1лк/F1.4, а у второй 0,3лк/F1.4, то чувствительнее первая видеокамера (измерение производилось при схожих объективах);

- если первая видеокамера имеет чувствительность 0,1лк/F1.4, а вторая 0,1лк/F2.0, то чувствительнее вторая видеокамера (при измерении у второй видеокамеры был менее светосильный объектив).

Хотя в паспортах на видеокамеры указывается значение выходного видеосигнала 1В на нагрузке 75Ом, реально практически ни одна из фирм не выдерживает эту норму, а значения этого параметра разнятся весьма существенно и могут быть равны 0,5В. и даже меньше. Отсюда понятно, что коль скоро видеокамера преобразует интенсивность светового потока в размах напряжения, то корректно указывать минимальную освещенность, приводя ее к одному уровню выходного напряжения. Надо сказать, что некоторые фирмы указывают чувствительность подобным образом: 0,6 Lux при F1.2 50 IRE, что более корректно, так как 50 IRE означает, что чувствительность была измерена, когда размах от уровня черного до уровня белого уменьшился на 50%, то есть до 0,35В. Следует сказать, что размах самого видеосигнала в 0,7В. принимается за 100 IRE, а полный размах видеосигнала с синхрои́мпульсами равен 140 IRE. В некоторых случаях указывают два значения чувствительности: Full Video (100 IRE) и Usable Picture (50 IRE). Усилением сигнала с ПЗС-матрицы можно «разогнать» видеосигнал довольно сильно, но при этом будут усилены и шумы. Отсюда очень важно при оценке минимальной освещенности обращать внимание на указанное

отношение сигнал/шум на выходе видеокамеры, которое не должно быть ниже 30 дБ, иначе шумы на экране становятся весьма заметны («снег» на изображении).

Отношение сигнал/шум определяет вероятность правильного распознавания изображений, потенциальную разрешающую способность и количество градаций яркости, воспроизводимых системой наблюдения. Понятие «отношение сигнал/шум» основано на измерении отношения амплитуды сигнала к среднеквадратичному значению шума. Различия в форме записи отношения сигнал/шум связаны с использованием линейной либо логарифмической шкалы. В большинстве случаев данный параметр определяется соотношением:

$$\Delta = 20 \cdot \lg \frac{U_{\text{сигн.}}}{U_{\text{шум.}}},$$

где  $U_{\text{сигн.}}$  – амплитуда сигнала,  $U_{\text{шум.}}$  – среднеквадратичное значение шума. Именно отношение сигнала к среднеквадратичному значению шума при номинальной амплитуде видеосигнала 0,7В. и приводится в спецификациях на камеры наблюдения. На практике пиковое значение шума определяется осциллографическим методом по размаху «шумовой дорожки» на уровне чёрного.

Необходимо помнить, что в видеокамере с хорошей схемой усиления (APY) можно «раскачать» даже сигнал с амплитудой 0,07В. (10% от стандартного видеосигнала). Вопрос в том, какое качество изображения при этом обеспечивается.

**Пример:** Камера с заявленной чувствительностью 0,01лк при включенной APY может давать гораздо худшее качество изображения, чем камера с 0,1лк (если данный параметр заявлен для выключенной системы APY).

**Таблица 1.** Качество изображения в зависимости от уровня шума.

Уш, мВ	$\Delta$ , дБ	$\Delta$ , раз	Качество	Ухудшение
14.0	50	316	Отличное	Не заметно
17.5	40	100	Хорошее	Заметно, но не мешает
23.0	30	32	Удовлетворительное	Немного мешает
35.0	20	10	Неудовлетворительное	Мешает
70.0	10	3	Непригодное	Сильно мешает

Строго говоря, единица измерения Люкс нормируется при определенной длине волны (550нм, что соответствует максимуму чувствительности глаза). Для того, чтобы чувствительность видеокамер выражать в Лк, необходимо при измерении отсекал инфракрасную область специальным фильтром, в которую простирается спектральная чувствительность ПЗС-видеокамер.

Измерение минимальной освещенности видеокамеры можно было бы производить внутри светонепроницаемого кожуха, регулируя накал расположенной там лампы реостатом или автотрансформатором и контролируя освещенность люксметром, а выходной сигнал видеокамеры - по экрану видеомонитора или осциллографа. Однако вся неприятность заключается в том, что с изменением интенсивности свечения лампы изменяется и излучаемый ею спектр, а спектральная чувствительность у разных видеокамер, надо сказать, существенно разнится. Таким образом, используя подобный принцип нельзя получить точное значение минимальной освещенности. Однако его удобно использовать, например, для сравнительной оценки чувствительности видеокамер различных производителей (уменьшают накал лампы до тех пор, пока одна видеокамера перестает показывать, а вторая еще продолжает работать).



Чтобы исключить влияние спектральной чувствительности видеокамер на измерение минимальной освещенности, световой поток в видеокамеру регулируют, используя набор нейтральных серых фильтров различной плотности, устанавливаемых перед объективом (при этом сам источник света остается стабильным, однако следует помнить, что спектральные характеристики самих фильтров тоже не идеальны).

Например, одна из зарубежных компаний, продвигающая видеооборудование различных фирм, приводит данные производителей по чувствительности их видеокамер, а также свои, полученные следующим образом:

- видеокамеры тестируются с помощью объективов с относительным отверстием  $F1.2$ ,

- видеокамеры с встроенными объективами измеряются при минимальном значении их относительного отверстия (объектив максимально открыт); результат измерения пересчитывается к относительному отверстию  $F1.2$ ,

- в измерительном ящике, где определяется минимальная освещенность, перед объективом устанавливаются нейтрально серые фильтры до тех пор, пока размах выходного сигнала видеокамеры не станет равным 350мВ,

- в качестве тестовой таблицы используются вертикальные штрихи с пространственной частотой 0,5МГц и 2МГц.

### **3.4. Борьба с изменениями освещенности**

В составе каждой ПЗС-видеокамеры имеется так называемый *электронный затвор* - это устройство, предназначенное для ее адаптации к вариациям освещенности. Данное устройство опрашивает ПЗС-матрицу короткими импульсами, причем, период следования импульсов может меняться. Благодаря этому осуществляется регулировка времени накопления зарядов, а значит, и уровень сигнала на выходе ПЗС-матрицы. Следует отметить, что электронный затвор, автоматически изменяющий период следования опросных импульсов в пределах от 1/50с до 1/100000с, имеется у всех современных видеокамер (поэтому указание данного параметра в техническом паспорте едва ли актуально).

Другое дело, если имеется возможность *ручной установки электронного затвора* - такая функция может с успехом использоваться для наблюдения быстропротекающих процессов (например, при видеонаблюдении потока автомашин). Дело в том, что если автоматический электронный затвор работает на «малых скоростях» (1/50 сек) - а это бывает при низкой освещенности, то быстроизменяющиеся процессы будут отображаться на экране видеомонитора смазанными. Для исключения такого дефекта должна быть либо достаточно высокая освещенность объекта (что не всегда возможно), либо следует использовать видеокамеры с принудительно устанавливаемой скоростью работы электронного затвора.

Недостатком использования электронного затвора (и объективов с фиксированной или регулируемой вручную диафрагмой) является то, что объектив все время открыт, а значит, глубина резкости минимальна, в цветных видеокамерах уменьшается цветовая насыщенность. Но самое главное, динамического диапазона электронного затвора ( $100000/50 = 2000$ ) недостаточно для отработки изменений уличной освещенности при круглосуточной работе (от 105 до 109 раз). Кроме того, электронный затвор никак не изменяет световой поток, поступающий на ПЗС-матрицу. Проблема решается с помощью так называемых объективов с *автодиафрагмой* в которых величина относительного отверстия регулируется автоматически.

В качестве сигнала управления микродвигателями объектива может использоваться специальный видеосигнал (Video), вырабатываемый видеокамерой. В более совершенных видеокамерах для этой цели вырабатывается медленно изменяющееся управляющее напряжение, часто

называемое как сигнал управления постоянным током (обозначается DC - Direct Current или DD - Direct Drive), благодаря чему может использоваться более простой и экономичный объектив.

Электронная совместимость видеокамеры и объектива заключается в соответствии сигнала управления автодиафрагмой видеокамеры и объектива. Как правило, если видеокамера обеспечивает управление автодиафрагмой объектива сигналом постоянного тока, то в ней имеется микропереключатель для выбора либо DC, либо Video. Отметим, что при управлении Video используются только 3 из 4 контактов соответствующего разъема, в то время как при управлении DC задействованы все 4 контакта. Некоторые фирмы наладили выпуск адаптеров, позволяющих совместно использовать объективы и видеокамеры, имеющие различные сигналы управления диафрагмой.

Сама система управления автодиафрагмой, по сути, является классической системой автоматического регулирования, поэтому в некоторых случаях ей может быть присуща неустойчивость - объектив периодически открывается и закрывается. Нередко причиной этого является параллельная работа автодиафрагмы и электронного затвора, что, вообще говоря, нежелательно.

Отметим, что, несмотря на рекомендации использовать в уличных условиях, а также в помещениях с изменяющейся освещенностью исключительно видеокамеры с объективами с автодиафрагмой, для этих целей все же иногда используют видеокамеры с обычным объективом (с фиксированной или вручную устанавливаемой диафрагмой). Такие решения обычно диктуются желанием снизить затраты на видеосистему. В подземном переходе оно, конечно, работать будет. Или в темном дворе... Пока снег не выпадет, и на экране видеомонитора все станет несколько ярче, чем хотелось бы.

### **3.5. Параметры видеокамер**

Кроме рассмотренных, существует и другие параметры, характеризующие видеокамеру. Рассмотрим их.

*Отношение сигнал/шум* указывает на степень проявления «снега» на изображении (например, при отношении сигнал/шум 60дБ шум практически отсутствует, 50дБ - шум едва заметен или незаметен, 40дБ - шум заметен, 30дБ - сильные шумы, 20дБ - изображение теряется в шумах. Реальные измерения японских, корейских и тайваньских видеокамер показали значения этого параметра от 32дБ до 42дБ (против заявленных в паспортах 46...48дБ).

Система *автоматической регулировки усиления* служит для стабилизации выходного видеосигнала на уровне около 1В. Тем не менее, как уже говорилось, реально на выходе видеокамер размах видеосигнала 1В бывает крайне редко (он может быть равен 500мВ и даже меньше). В некоторых видеокамерах система АРУ отключаемая, что в ряде случаев оказывается весьма ценным (чтобы не ухудшалось соотношение сигнал/шум). Глубина АРУ у различных видеокамер может быть от 12дБ до 30дБ.

*Гамма коррекция* - параметр (обычно, равный 0,45), который указывает на то, что в видеокамере заведомо вводится нелинейная зависимость выходного видеосигнала от освещенности объекта (то есть, если освещенность объекта изменять ступенчато, через равные приращения, то ступеньки выходного сигнала будут неодинаковы по размаху). Это делается для компенсации нелинейной зависимости яркости свечения кинескопа в видеомониторе от модулирующего напряжения (иначе темные места имели бы меньше градаций, чем светлые). В некоторых видеокамерах имеется переключатель гаммы 0,45 или 1,0. Изменения на экране от такого переключения не столь заметны; чаще этот переключатель установщик начинает судорожно переключать, когда видеосигнал вообще пропадает.

*Компенсация встречной засветки* - обеспечивает более глубокую проработку в контровом свете. То есть обычная видеокамера, у которой нет такой функции, отрабатывает на усредненную освещенность в поле зрения. Если при этом на объекте имеются очень ярко освещенные участки, то за счет электронного затвора они, конечно, будут не столь яркими, но при этом яркость и темных участков уменьшится, может быть, до полной неразличимости. Классический пример: человек лицом к Вам, а солнце светит ему в спину - лица не рассмотреть, один силуэт. В сравнительно простых видеокамерах BLC отрабатывает по центральной части поля зрения видеокамеры, в видеокамерах с цифровой обработкой (DSP) имеется возможность программно устанавливать область, в которой отрабатывает BLC.

*Синхронизация видеокамер* нужна, когда количество видеокамер в видеосистеме больше одной и в основном в тех случаях, когда используются видеокмутаторы. Дело в том, что при переключении не синхронизированных между собой видеокамер может происходить временный срыв кадровой синхронизации видеомонитора («кадры ползут» несколько секунд после переключения видеокамер), что не может не утомлять оператора.

Напомним, что в России и в некоторых зарубежных странах действует стандарт CCIR:

- частота полей (полукадров): 50 Гц,
- частота кадров: 25 Гц,
- период следования строчных синхроимпульсов: 64 мкс,
- развертка чересстрочная, 625 строк.

Отсутствие влияния синхронизации видеокамер на качество изображения при использовании цифровых систем обработки видеосигналов нередко преподносится как одно из преимуществ цифровых устройств. И это правда, но не вся, так как умалчивается, что если несинхронизированные видеосигналы приходят на входы не одновременно, то в конечном итоге это приводит к замедлению обновления изображения и более заметному проявлению так называемого «строб-эффекта». То есть и здесь использование синхронизации является благом.

Отметим, что все производители в числе «дежурных» параметров (таких, как гамма коррекция, выходной сигнал 1В, чересстрочная развертка) указывают и внутреннюю синхронизацию, притом, что она есть у всех без исключения видеокамер (с использованием кварцевого резонатора).

Внешняя синхронизация - V-lock (кадровой развертки) или Gen lock (кадровой и строчной разверток) актуальна для видеокамер, питаемых от источника постоянного тока, причем для этой цели может использоваться либо видеосигнал от одной из видеокамер, либо синхросмесь, вырабатываемая специальным прибором - синхронизатором. Ясно, что для этого на видеокамере должен быть дополнительный разъем.

Для видеокамер с сетевым питанием удобна синхронизация от сети переменного тока (LL - Line-Lock). Отметим, что именно синхронизация от сети позволяет избавиться от следующего дефекта. Если там, где установлены видеокамеры, используются лампы дневного света, то на изображении может появляться яркостная модуляция (экран медленно заплывает светом, а затем также медленно изображение становится нормальным). Подобный дефект проявляется далеко не со всеми лампами дневного света и непосредственно глазом в помещении не ощущается. Видеокамеры с синхронизацией от сети допускают подстройку фазы - в качестве опорного сигнала проще всего взять видеосигнал от одной из видеокамер, а остальные видеокамеры следует подстроить по ней. Для этих целей можно использовать или двухлучевой осциллограф (контроль взаимного положения кадровых синхроимпульсов), или

экран видеомонитора, на разъемы сквозного прохода которого подаются видеосигналы от двух видеокамер (регулировкой частоты кадров добиваются появления темных горизонтальных полос, соответствующих кадровым гасящим импульсам, а затем подстройкой добиваются их совпадения). Нередко параметры синхроимпульсов в реальных видеокамерах выходят за пределы, оговоренные стандартами - отсюда возможные проблемы по совместимости с видеомониторами и устройствами, использующими оцифровку видеосигнала (разделителями экрана, платами ввода видео в компьютер и т.п.).

*Баланс белого* является специфическим параметром цветных видеокамер; он служит для правильной цветопередачи изображения на объекте при различных типах источника освещения, к которым, надо сказать, цветные видеокамеры весьма чувствительны (в особенности, к лампам дневного света). Указываемый при этом диапазон калориметрических температур (например, 2700K...10000K) соответствует диапазону регулировок.

В качестве *напряжения питания* в разных модификациях видеокамер используется низковольтное напряжение DC 12В или AC/DC 24В, а также сетевое напряжение AC 220В. При питании от 220В, удобно использовать синхронизацию от сети. Кроме того, напряжение 220В, как говорится, всегда под рукой, а если видеокамера должна быть установлена на улице в термокожухе, то это напряжение удобно использовать и для питания подогрева, и для питания видеокамеры. Во избежание искажений на экране видеомонитора рекомендуется запитывать всю систему охранного телевидения от одной фазы сети 220В. Если же видеокамеры установлены на значительном расстоянии и подключаются к ближайшим щиткам или розеткам, но при этом возникают искажения, то можно использовать разделительные трансформаторы.

Для видеокамер с питанием от источника постоянного напряжения можно использовать общий блок питания, однако при этом следует помнить, что:

- может потребоваться достаточно мощный блок питания и провода большого сечения,
- возможно появление связи между видеокамерами через общий источник питания (на экране видеомонитора появляются искажения за счет проникновения видеосигналов из канала в канал),
- при выходе из строя блока питания или повреждения общих проводов выходит из строя вся видеосистема.

Поэтому в ряде случаев удобнее использовать сетевой адаптер для каждой видеокамеры. Отметим, что видеокамеры с широким диапазоном допустимых питающих напряжений (например, 8-15В) имеют очевидное преимущество перед видеокамерами, критичными к этому параметру. На объектах, где вероятны отключения питающего напряжения, следует предусмотреть организацию бесперебойного питания (броски напряжения могут вызвать выход видеокамер из строя). Кроме того, если произошло отключение питания уличной видеокамеры, причем окружающая температура достаточно низкая, то после подачи напряжения она уже может не включиться.

*Диапазон рабочих температур* - чаще всего нас интересует нижняя его граница, а она обычно составляет -10°C, не более. Поэтому, если встречается обозначение Weather Proof Camera (всепогодная видеокамера), то надо понимать, что это ТАМ, у них, она Weather Proof, а у нас, в России, она в лучшем случае Water Proof (влагозащищенная).

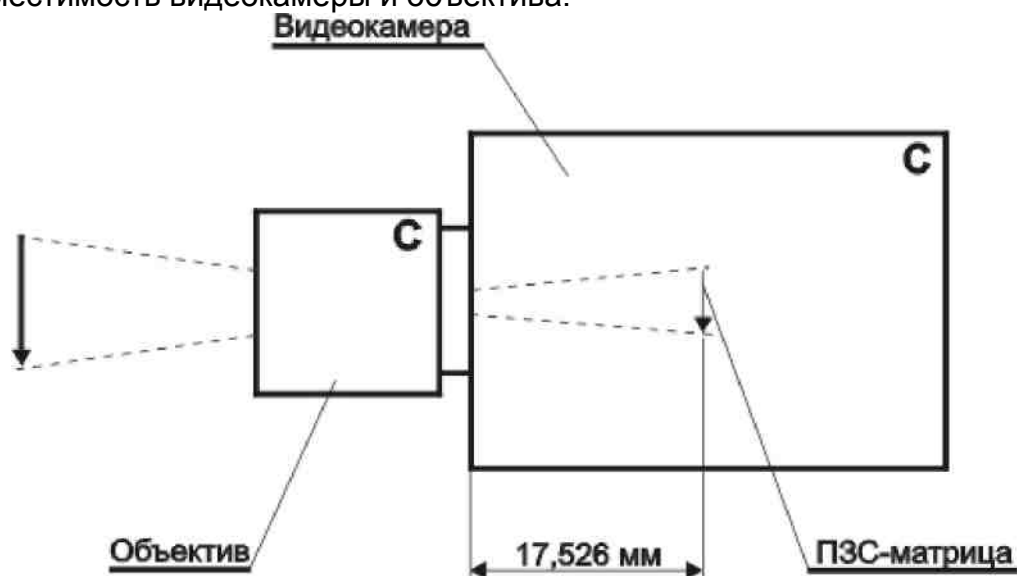
*Конструктивное исполнение* видеокамер предполагает следующие возможные варианты конструкции:

- видеокамеры в стандартном корпусе,
- видеокамеры миниатюрные («квадраты», цилиндрические, купольные, шары),

- видеокамеры уличные (как правило, вмонтированные в термокожухи, с кронштейном),
- видеокамеры бескорпусные,
- дверные видеоглазки (видеокамеры со сверхширокоугольным объективом без регулировки диафрагмы, устанавливаемые во входные двери),
- взрывобезопасные видеокамеры (конструкция которых исключает образование электрической искры, что позволяет использовать их в специальных помещениях),
- видеокамеры специального дизайна,
- IP-видеокамеры,
- скоростные поворотные видеокамеры,
- видеокамеры от мини-видеосистем (с инфракрасной подсветкой, микрофоном и громкоговорителем).

Особенность купольных (потолочных видеокамер) - возможность использования темного светофильтра (при этом посетитель не сможет определить, куда направлена видеокамера). Бескорпусные и миниатюрные видеокамеры, как правило, поставляются со встроенным микрообъективом (но существуют варианты поставки и без объектива, с CS-креплением под стандартный объектив).

*Вид крепления объектива:* С или CS - определяет конструктивную совместимость видеокамеры и объектива.



**Рис. 4**

Дело в том, что существует два варианта исполнения видеокамер по расстоянию от места расположения ПЗС-матрицы до устанавливаемого объектива. Варианты С и CS отличаются по этому расстоянию на 5 мм. В соответствии с этим выпускаются и объективы С и CS крепления.

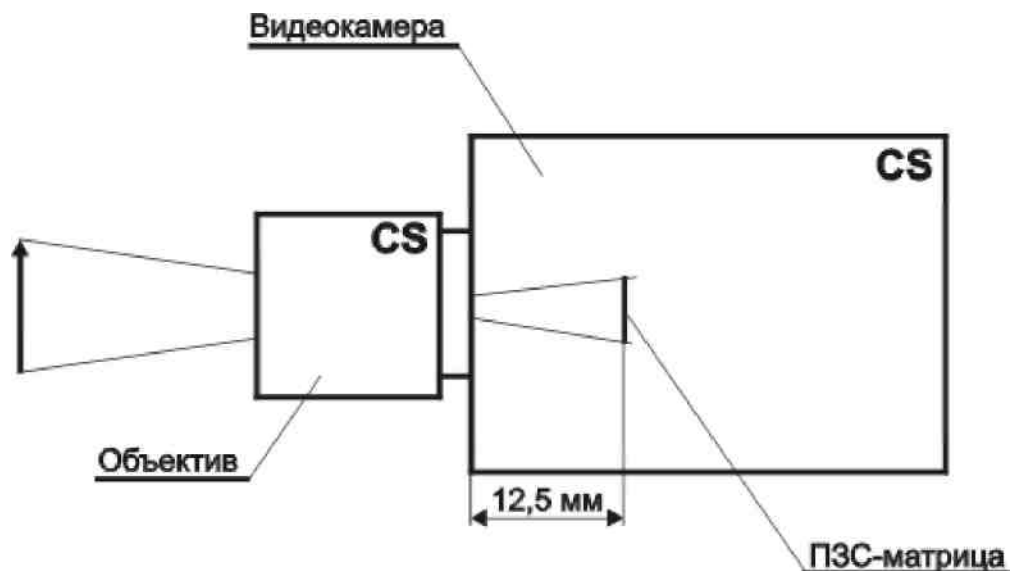


Рис. 5

Чтобы изображение было четко сфокусировано на ПЗС-матрице, необходимо, чтобы с видеокамерой С эксплуатировался объектив С, а с видеокамерой CS - объектив CS. Возможен единственный вариант смешанного соединения: с видеокамерой CS может использоваться объектив С, но при условии, что между объективом и видеокамерой установлено специальное переходное кольцо C/CS.

Смысл последнего условия заключается в следующем. При установке объектива с CS-креплением на видеокамеру, рассчитанную на С-крепление, изображение оказывается сфокусированным перед плоскостью ПЗС-матрицы, а на самой ПЗС-матрице будет расфокусировано, что, естественно, недопустимо.

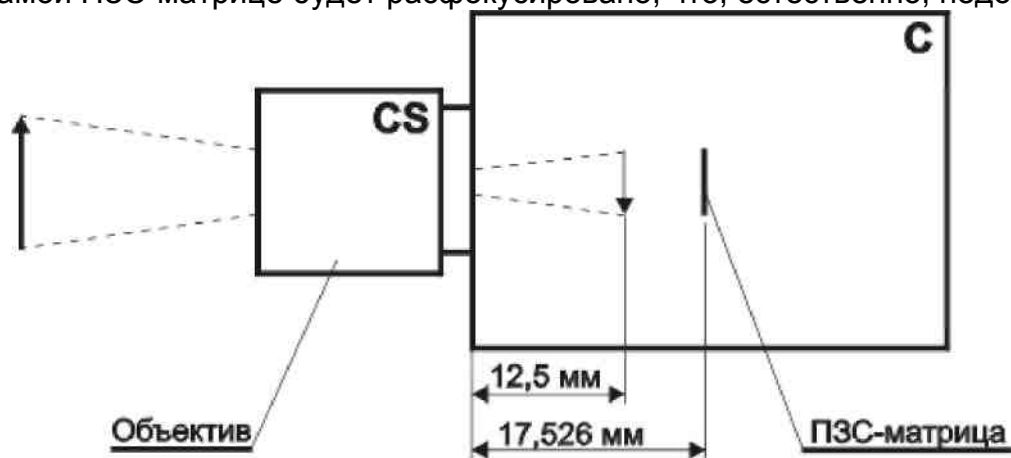


Рис. 6

При использовании объектива с С-креплением и видеокамеры с CS-креплением изображение оказывается сфокусированным за плоскостью ПЗС-матрицы, что также недопустимо.

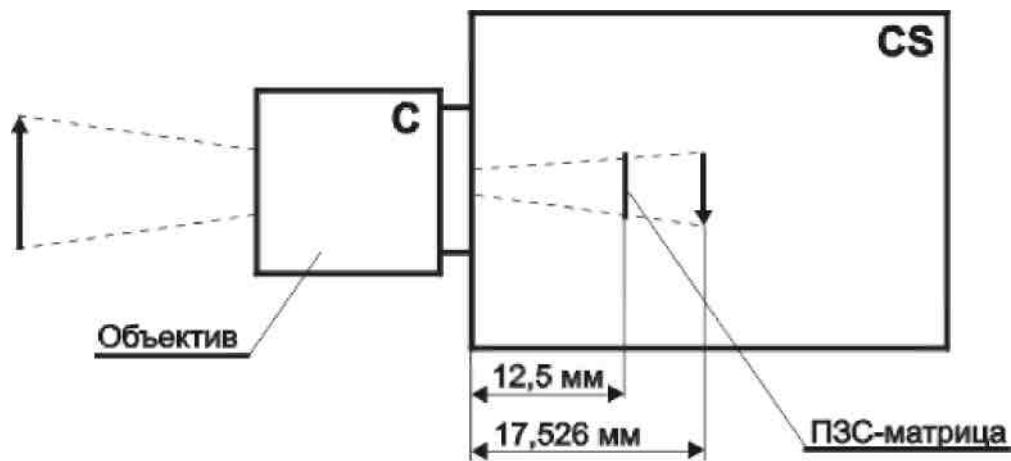


Рис. 7

Однако при установке C/CS-кольца между объективом и видеокамерой, изображение оказывается сфокусированным в плоскости ПЗС-матрицы.

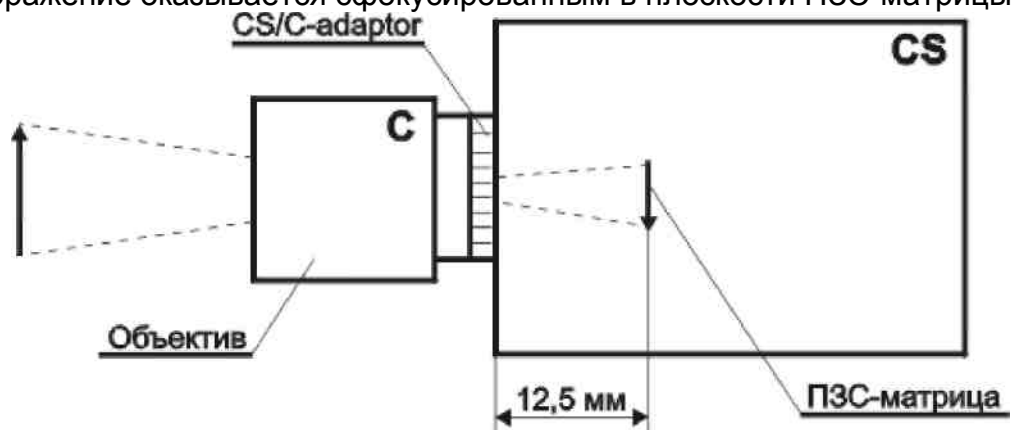


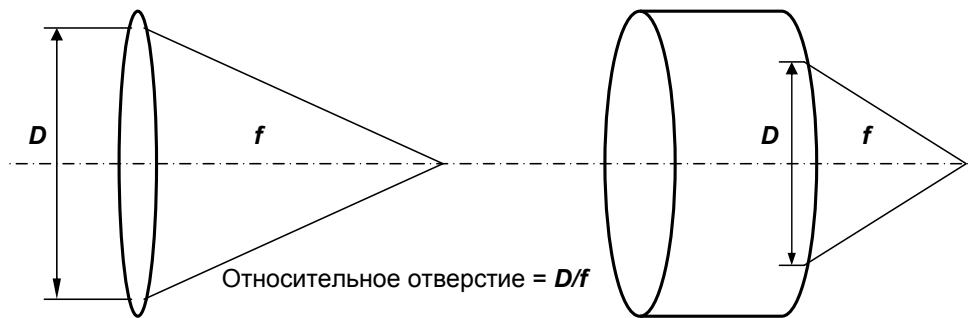
Рис. 8

Некоторые видеокамеры имеют встроенное резьбовое кольцо с большим ходом, что позволяет отказаться от использования CS-кольца и гарантирует хорошую фокусировку (функция Back Focus). В заключение отметим разнообразие функций существующих видеокамер:

- для работы в уличных условиях,
- для установки под водой (на глубине до нескольких метров),
- цветные видеокамеры с композитным видеосигналом и S-VHS,
- цветные видеокамеры День/Ночь (Day/Night) с переключением в черно-белый режим при пониженной освещенности,
- видеокамеры с питанием по коаксиальному кабелю,
- видеокамеры с возможностью зеркального отображения (для использования в качестве зеркала заднего вида автомобиля),
- видеокамеры с возможностью передачи видеосигналов по компьютерной сети, по телефонной линии, с записью на встроенный жесткий диск.

#### 4. Объективы

Относительное отверстие отражает собирательную способность объектива камеры и равно отношению диаметра входного зрачка объектива  $D$  к фокусному расстоянию  $f$ , см. рис. 9. Наибольшее относительное отверстие объектива (при полностью открытой диафрагме) называется светосилой и определяет угол зрения объектива (угол, который может быть воспроизведен объективом в виде резкого изображения).



**Рис. 9 Относительное отверстие объектива.**

Величина, обратная относительному отверстию, называется диафрагмой (или диафрагменным числом; так же здесь используется термин **Ф-число объектива**). Ф-число обычно указано на корпусе последнего в десятичных числах – 1.0; 1.4; 2.0; 2.8; 4.0; 5.6; 8; 11; 16; 22; 32 (с возможными вариантами) и показывает во сколько раз фокусное расстояние больше диаметра его входного зрачка. Соседние значения отличаются таким образом, что при переходе от одного числа к другому освещенность светочувствительного элемента изменяется в два раза. Для значений диафрагмы (или Ф-числа) существует следующая закономерность: чем меньше число, тем больше света пропускает объектив, тем более качественные изображения можно получать при наблюдении объектов с недостаточной освещенностью. Например, изменение диафрагмы от значения F2.0 до F2.8 (нанесенные на корпусе объектива) подразумевает двухкратное уменьшение светового потока.

При работе с чувствительной видеокамерой, использующей ИК подсветку, наиболее предпочтительны объективы с Ф-числами 1.0; 1.2; 1.4. Однако следует помнить, что уменьшение Ф-числа ведет, с одной стороны – к увеличению чувствительности (за счет пропускания большего количества света через объектив), но, с другой стороны, к уменьшению глубины резкости и снижению разрешающей способности объектива.

К наиболее распространенным форматам ПЗС матриц можно отнести: 2/3"; 1/2"; 1/3"; 1/4".

Значение диафрагмы объектива, его фокусное расстояние, а также размер ПЗС матрицы определяют суммарный угол обзора камеры наблюдения, который желательно (необходимо) подбирать с учетом диаграммы направленности осветителя.

**Таблица 2.** Оценка горизонтального угла обзора камер наблюдения (в градусах) при различных размерах ПЗС-матриц. Выбор фокусного расстояния.

Фокусное расстояние объектива	1/2"	1/3"	1/4"
2,0 мм	116	100	80
2,8 мм	98	81	62
3,6 мм	83	67	50
4,0 мм	77	62	46
4,9 мм	67	52	38
6,0 мм	56	44	32
8,0 мм	44	33	24
12 мм	30	23	16
16 мм	23	17	12
25 мм	15	11	8



36 мм	10	8	5,5
50 мм	7	5,5	4
72 мм	5	4	3

Обычно в системах видеонаблюдения используют объективы с фокусным расстоянием от 2,8 мм (угол поля зрения по горизонтали около 90°) до 12,0 мм (угол поля зрения по горизонтали около 20°). Как правило, короткофокусные (широкоугольные) объективы вносят нелинейные искажения в изображение, особенно заметные по краям, а длиннофокусные позволяют собрать значительно меньшее количество света. В современных системах видеонаблюдения в составе телекамер используются следующие основные типы объективов:

- объективы с фиксированной диафрагмой, которые используются для наблюдения внутри помещений в составе телекамер, оснащенных электронным затвором;
- объективы с автоматически регулируемой диафрагмой, используемые в составе уличных телекамер, работающих в условиях переменной освещенности;
- трансфокаторы (вариообъективы) – объективы с изменяемым фокусным расстоянием, применяемые обычно в составе уличных телекамер, размещенных на опорно-поворотном устройстве для контроля движущихся объектов;
- объективы pin-hole (игольное ушко) – объектив с вынесенным зрачком. Диаметр вынесенного зрачка обычно составляет 0,8 до 2,0 мм. Такие объективы используют в составе внутренних телекамер повышенной защищенности, для скрытого наблюдения.

К наиболее популярным типам трансфокаторов для систем охранного видео наблюдения можно отнести следующие:

- 6X – шестикратное увеличение, наиболее часто используются фокусные расстояния: 6-36 мм; 8-48 мм; 8,5-51 мм и 12,5-75 мм.
- 10X – десятикратное увеличение, наиболее часто используются фокусные расстояния: 6-60 мм; 8-80 мм; 10-100 мм; 11-110 мм; 16-160 мм.
- 15X – пятнадцатикратное увеличение, наиболее часто используются фокусные расстояния: 6-90 мм; 8-120 мм.

При выборе объектива зачастую необходимо определение вероятности распознавания объекта заданного размера на заданном расстоянии.

В специальных телевизионных следящих системах для определения вероятности распознавания объекта на телевизионном растре используется критерий Джонсона, который применительно к распознаванию изображения объекта выглядит следующим образом:

$$P(N) = 1 - e^{-0,15(N-1)^2}$$

где N – количество ТВЛ по горизонтали или вертикали (минимальное из них), P(N) – вероятность распознавания объекта.

Отсюда можно вывести обратную зависимость необходимого размера объекта (в ТВЛ) в зависимости от требуемой вероятности его распознавания:

$$N(P) = 1 + \left( -\frac{\ln(1-P)}{0,15} \right)^{\frac{1}{2}}$$

где P – заданная вероятность распознавания объекта на телевизионном растре.

Высота и ширина реально наблюдаемого участка местности (в картинной плоскости) зависит от расстояния до него (при условии перпендикулярности оптической оси объектива к наблюдаемой плоскости), фокусного расстояния

объектива и размеров преобразователя свет-сигнал (ПЗС матрицы). Эта зависимость выглядит следующим образом:

Для 1/3" ПЗС матрицы:

$$W = \frac{4,8 L}{f}$$

где W – ширина наблюдаемого участка местности (в картинной плоскости) в метрах, L – расстояние до наблюдаемого участка местности в метрах, f – фокусное расстояние объектива в миллиметрах.

$$H = \frac{3,6 L}{f}$$

где H – высота наблюдаемого участка местности (в картинной плоскости) в метрах, L – расстояние до наблюдаемого участка местности в метрах, f – фокусное расстояние объектива в миллиметрах.

Для 1/2" ПЗС матрицы:

$$W = \frac{6,4 L}{f}$$

$$H = \frac{4,8 L}{f}$$

Исходя из вышеописанных закономерностей, можно вывести зависимость требуемого фокусного расстояния объектива для распознавания объекта заданного размера на заданном расстоянии при требуемой вероятности распознавания.

Если размер объекта на ТВ растре N ТВЛ, а его линейный размер по горизонтали (в картинной плоскости) W<sub>о</sub> метров и разрешении ТВ камеры по горизонтали R ТВЛ, то ширина картинной плоскости W<sub>к</sub>:

$$W_k = W_o \frac{R}{N}$$

Отсюда следует

$$f = \frac{4,8L \left( 1 + \left( -\frac{\ln(1-P)}{0,15} \right)^{\frac{1}{2}} \right)}{WR}$$

где L – расстояние до объекта, метров, P – требуемая вероятность распознавания, W – ширина объекта, метров, R – разрешающая способность ТВ камеры, ТВЛ, f – фокусное расстояние объектива, миллиметров.

Ниже приведена зависимость фокусного расстояния объектива для монохромной ТВ камеры стандартного разрешения при распознавании объекта шириной 20см от расстояния до объекта при разных вероятностях распознавания.

Таблица 3

W (м)	L(м)	P=0,5	P=0,8	P=0,9	P=0,95	P=0,99	P=0,999	P=0,9999	P=0,99999
0,2	10	1,99	2,70	3,11	3,45	4,13	4,92	5,58	6,16
0,2	20	3,98	5,40	6,21	6,91	8,26	9,84	11,16	12,33
0,2	30	5,97	8,10	9,32	10,36	12,39	14,75	16,74	18,49
0,2	40	7,96	10,80	12,42	13,82	16,52	19,67	22,32	24,66
0,2	50	9,95	13,50	15,53	17,27	20,66	24,59	27,90	30,82
0,2	60	11,94	16,20	18,64	20,72	24,79	29,51	33,48	36,99
0,2	70	13,92	18,90	21,74	24,18	28,92	34,42	39,06	43,15
0,2	80	15,91	21,60	24,85	27,63	33,05	39,34	44,64	49,32
0,2	90	17,90	24,30	27,95	31,09	37,18	44,26	50,23	55,48
0,2	100	19,89	27,00	31,06	34,54	41,31	49,18	55,81	61,65

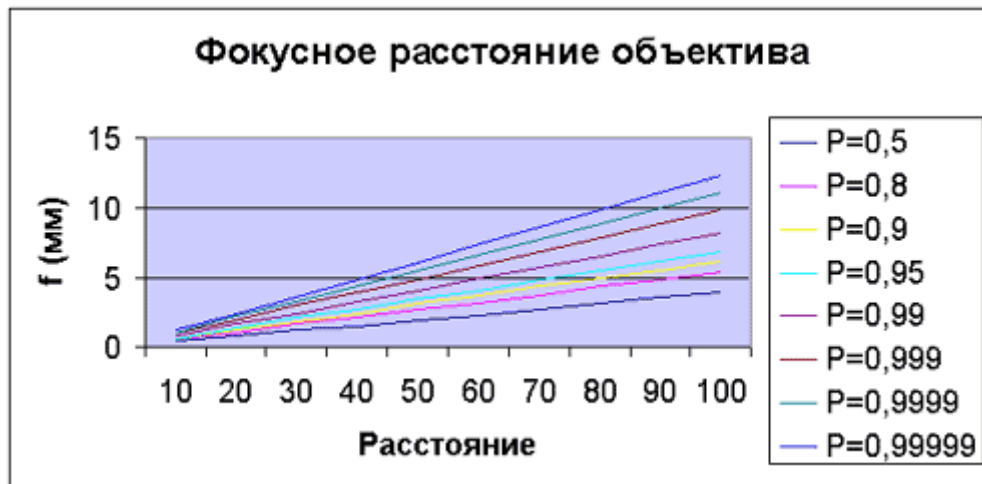


Рис. 10

Ниже приведена зависимость фокусного расстояния объектива от размера объекта и дальности распознавания при вероятности распознавания  $P=0,999$  (достоверное распознавание).

Таблица 4

L (м)	W=0,1 м	W=0,2 м	W=0,5 м	W=1 м	W=3 м	W=5 м	W=10 м
1	1,23	0,62	0,25	0,12	0,04	0,02	0,01
10	12,33	6,16	2,47	1,23	0,41	0,25	0,12
20	24,66	12,33	4,93	2,47	0,82	0,49	0,25
30	36,99	18,49	7,40	3,70	1,23	0,74	0,37
40	49,32	24,66	9,86	4,93	1,64	0,99	0,49
50	61,65	30,82	12,33	6,16	2,05	1,23	0,62
60	73,98	36,99	14,80	7,40	2,47	1,48	0,74
70	86,31	43,15	17,26	8,63	2,88	1,73	0,86
80	98,64	49,32	19,73	9,86	3,29	1,97	0,99
90	110,97	55,48	22,19	11,10	3,70	2,22	1,11
100	123,30	61,65	24,66	12,33	4,11	2,47	1,23

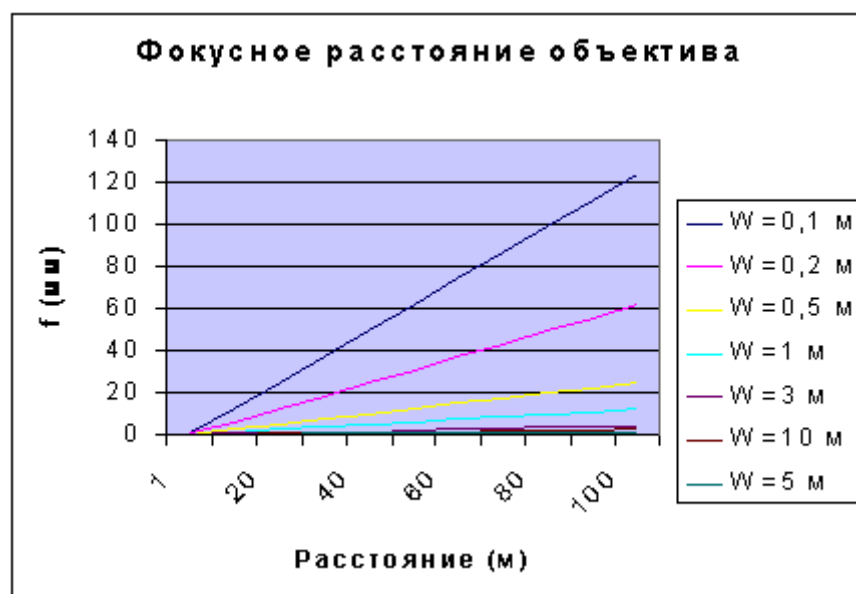


Рис. 11

Обычным объективам при установке их на чувствительные камеры черно-белого изображения свойственна потеря четкости при наблюдении в ИК диапазоне. Инфракрасная коррекция - технология применения специальных оптических материалов, позволяющая значительно снизить дисперсию света в объективе, а следовательно свести к минимуму уход и «расползание» плоскости наилучшего изображения во всем диапазоне длин волн света, включая инфракрасную область. При этом улучшается разрешающая способность, контраст получаемого изображения и, как следствие, передача мелких деталей наблюдаемого объекта. В обозначении этих объективов присутствует индекс «IR». Такие объективы еще называют «День-Ночь», т.к. они позволяют вести круглосуточное видеонаблюдение без дополнительной перефокусировки.

## 5. Термокожухи

*Термокожухи* (housings) в первую очередь предназначены для создания видеокамерам комфортных условий работы (как указывалось, видеокамеры могут работать при температуре не ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ ). *Термокожухи должны быть герметичными и содержать нагревательный элемент с термореле.* Благодаря этому видеокамера может работать нормально, даже если на улице  $-20^{\circ}\text{C}$  (некоторые изготовители обещают  $-40^{\circ}\text{C}$  и даже  $-52^{\circ}\text{C}$  «за бортом»). Вообще говоря, нагревательный элемент должен нагревать не столько весь объем внутри термокожуха, сколько переднее стекло. Да и сами видеокамеры боятся не только минусовых температур, но и влажности (а конденсат может выделяться, например, после временного отключения видеокамер зимой) - поэтому не следует жалеть силикагеля внутри термокожуха.

Удобно, когда *напряжение питания* нагревательного элемента такое же, как напряжение питания видеокамеры - не надо тянуть дополнительный кабель. Некоторые термокожухи поставляются со встроенным блоком питания для видеокамеры. Кроме термозащиты видеокамер, термокожухи защищают видеокамеру от атмосферных осадков, пыли, в ряде случаев, от падающего с крыш льда, от вандализма.

При выборе *типоразмера* термокожуха нужно учитывать полезный объем внутри него, чтобы быть уверенным, что видеокамера с объективом поместятся внутри. Это особенно важно при использовании вариобъективов с сервоуправлением (конструкция которых нередко бывает асимметричной, а потому габаритные размеры объектива еще не гарантируют того, что после установки на видеокамеру он разместится в термокожухе).

Для защиты видеокамеры от выхода из строя электрическими разрядами монтаж ее и объектива должен *исключать их контакт с металлом кожуха* (для чего в комплекте термокожуха должна быть специальная диэлектрическая пластина). Для защиты от посторонней засветки объектива служит выдвижной *козырек*.

Кожухи различаются способом открывания - вбок, назад, путем отвинчивания одной части. Предпочтение следует отдавать кожухам, имеющим отделенную от основного отсека герметичную клеммную коробку, что позволяет собирать содержимое кожуха не на ветру или под дождем, а в помещении; а на улице останется только подключить кабели к клеммной колодке. В любом случае кожух должен обеспечивать удобный и оперативный доступ монтажнику, стоящему на стремянке, к видеокамере и объективу при монтаже, ремонте или обслуживании.

В качестве аксессуаров могут использоваться дистанционно управляемые *омыватель и очиститель стекла, вентилятор*. Для защиты от злоумышленного повреждения кабелей, идущих к видеокамере, могут использоваться кожухи с *отверстием для проводки кабеля в полой кронштейне* (следует иметь в виду,

что с другим кронштейном подобный кожух использовать нельзя). Для дополнительной защиты от вандализма могут использоваться *крепежные болты с головками под специальный ключ*.

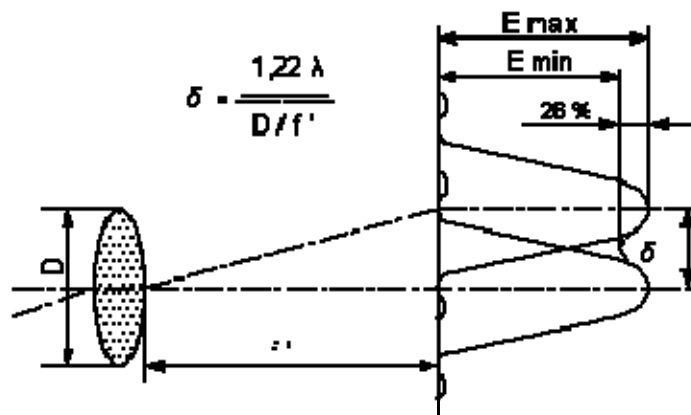
Существуют также бронированные термокожухи с пуленепробиваемым стеклом, термокожухи, предназначенные для работы при температурах до +350° С (с водяным охлаждением), в морских и агрессивных средах, во взрывоопасной обстановке. Кожухи для установки в помещениях используются в случае специальных требований по дизайну.

## **6. Причины, влияющие на снижение реальной разрешающей способности телевизионных систем.**

Проектируя охранную телевизионную систему, обычно принимают в расчет заявленную в паспорте разрешающую способность телевизионной камеры. Исходя из этого, определяют зоны наблюдения и места установки телевизионных камер, вычисляют углы поля зрения и выбирают объективы. Затем покупают мультиплексоры, видеорегистраторы и другие устройства. Монтажники прокладывают кабели, устанавливают телекамеры и аппаратуру, и, наконец, система включается. С первого взгляда, все работает нормально, на мониторах видны изображения помещений и территорий объекта. Но при первом же инциденте выясняется, что лицо нарушителя невозможно различить. Не виден номер въезжающего автомобиля, а иногда невозможно даже различить его марку. В темное время суток дела обстоят еще хуже: изображения деталей размыты, движущиеся объекты смазаны. В результате, телевизионная система, вместо полноценного наблюдения, предоставляет службе охраны функции, близкие к возможностям обычных охранных датчиков. Происходит это из-за того, что при проектировании системы не учитываются реальная разрешающая способность телевизионных камер, и ее зависимость от освещенности, глубина резкости, а также потери разрешающей способности в кабельной сети, мультиплексорах, видеорегистраторах и других устройствах. Рассмотрим факторы, влияющие на разрешающую способность телевизионной камеры, работающей в составе охранной телевизионной системы.

### **6.1. Разрешающая способность телевизионной камеры и число элементов фотоприемника.**

Параметр «разрешающая способность» пришел в телевидение из оптики. Первоначально, за предел разрешающей способности, согласно критерию Рэля, понималось расстояние между двумя точками, при котором центр одного пятна совпадает с серединой первого темного дифракционного кольца второго пятна (рис. 12)

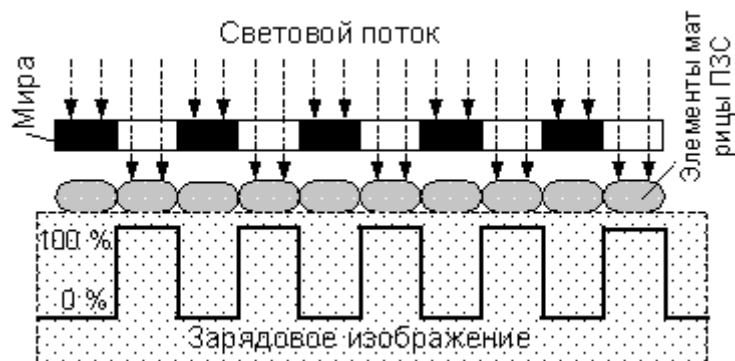


**Рис. 12 Разрешающая способность оптической системы.**

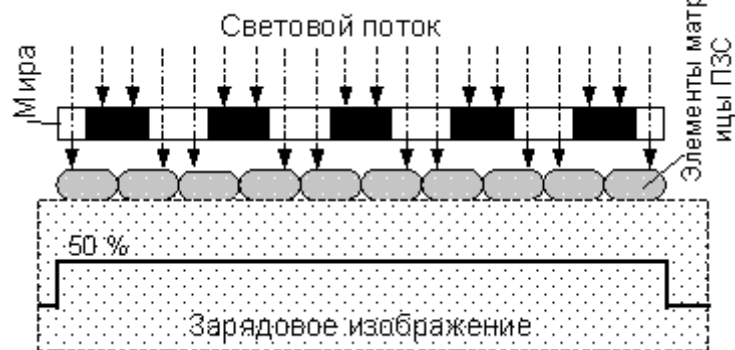
где  $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$  – освещенности светлого и темного дифракционных колец соответственно,  $D$  – диаметр входного зрачка,  $f'$  – заднее фокусное расстояние,  $d$  – линейный предел разрешения,  $\lambda$  – длина волны света.

При этом, относительная разность освещенностей в двух рядом расположенных точках (глубина модуляции сигнала на частоте максимального разрешения) примерно равна 26% от максимальной освещенности. С появлением дискретных фотоприемников (матрицы ПЗС) понятие оптической разрешающей способности стало неточным, из-за появления эффекта наложения пространственных частот штрихов миры и фоточувствительных элементов матрицы. Тем не менее, параметр **разрешающая способность** используется в рекламных проспектах на телевизионные камеры.

Нужно отметить, что разрешающая способность дискретного фотоприемника зависит от положения штрихов испытательной миры относительно сетки элементов фоточувствительной матрицы.



а) центры штрихов совпадают с центрами элементов изображения,

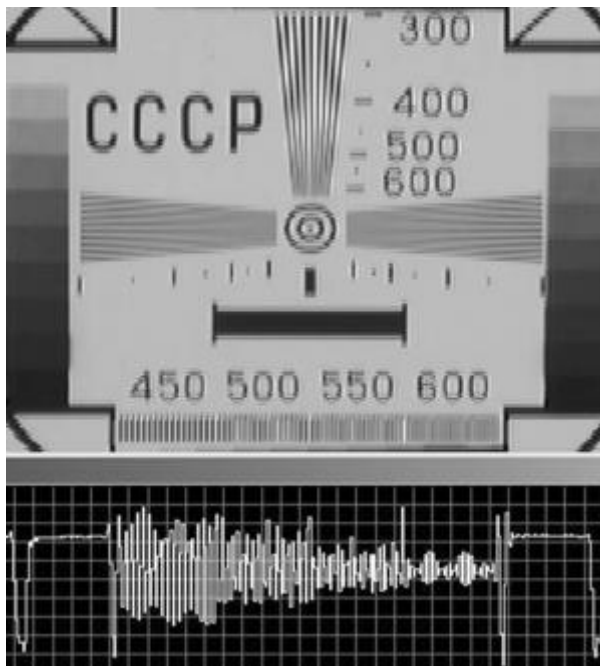


б) центры штрихов сдвинуты на половину размера элемента.

**Рис.13 Иллюстрация изменения максимальной разрешающей способности дискретного фотоприемника при сдвиге его относительно изображения миры на 1/2 размера элемента.**

Видно (рис. 13), что в случае, когда число штрихов миры равно числу элементов фотоприемника по измеряемой координате, может быть два крайних значения разрешающей способности. Если штрихи миры попадут точно по центру элементов матрицы ПЗС, то разрешение на выходе камеры будет максимальным, и на видеомониторе будет видно тонкую решетку. Если сместить миру на половину штриха, то максимумы и минимумы изображения штрихов попадут посередине между элементами ПЗС и в каждом элементе будет половинный сигнал (средний между черным и белым) и на экране монитора будет только ровный серый фон. При числе штрихов горизонтальной миры меньше или больше

числа элементов матрицы, также будет наблюдаться ровный серый фон при смещении положения миры, но уже не на всем изображении, а в виде отдельных вертикальных столбиков (муаров). При уменьшении числа штрихов миры, видимость муаров будет уменьшаться, однако, даже при половинном их числе, относительно числа элементов ПЗС, они будут еще достаточно хорошо видны (рис. 14).



**Рис.14** *Иллюстрация изображения муаров вертикального клина тест-таблицы, наблюдаемой телевизионной камерой на матрице ПЗС. Внизу – осциллограмма строки в центре горизонтальной миры 450 – 600 телевизионных линий. Муары выражаются в низкочастотной модуляции осциллограммы.*

Для того, чтобы согласовать параметр **разрешающая способность** с числом элементов матрицы ПЗС по данной координате, было предложено для определения разрешающей способности, умножать число элементов на коэффициент 0,75.

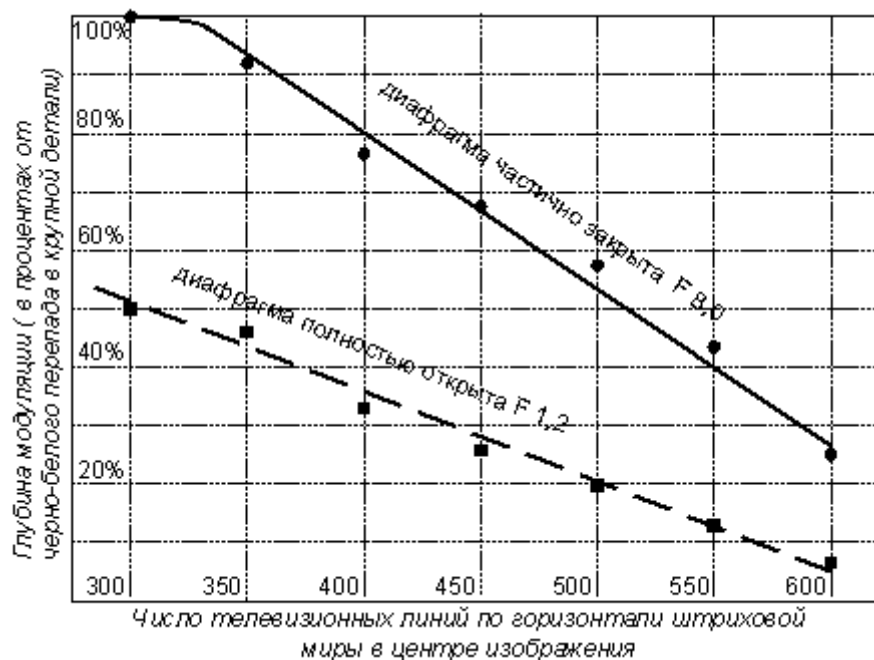
В аналоговых охранных телевизионных камерах наиболее распространены матрицы ПЗС двух типов: стандартного и высокого разрешения, с числом элементов в строке 500 и 750 соответственно. В новейших телевизионных камерах для охранных систем начинают использовать т.н. «мегапиксельные» матрицы ПЗС, аналогичные матрицам цифровых фотоаппаратов. Разрешающая способность таких камер с числом элементов в строке около 1600, что превышает 1000 телевизионных линий. Умножая на 0,75, мы получим примерно 380 и 560 телевизионных линий для телекамер стандартного и высокого разрешения. Первое время, производители телекамер указывали в паспортах именно эти значения. К сожалению, некоторые фирмы в рекламных целях пытаются увеличить общепринятый коэффициент и указывают разрешающие способности для своих камер 420 и 600 линий, хотя в них используются такие же матрицы ПЗС с числом элементов 500 и 750 соответственно.

## **6.2. Недокументированный параметр телекамер – глубина модуляции сигнала на частоте максимального разрешения.**

Сравнивая между собой камеры, выполненные на одних и тех же матрицах ПЗС можно видеть, что, несмотря на заявленные одинаковые разрешающие способности, четкость формируемых ими изображений различна. Некоторые

камеры, даже выполненные на матрицах высокого разрешения, имеют нечеткое, «мутное» изображение, другие камеры, наоборот, приятно удивляют филигранной прорисовкой мелких деталей. Тем не менее, формально, разрешающая способность камеры, формирующей нечеткое изображение, соответствует значению, указанному в паспорте. Если внимательно взглянуть на изображение вертикального клина тест-таблицы, формируемого этой камерой, то с трудом, но все-таки, можно увидеть, заявленные в паспорте 560 линий. В «четких» же камерах, эти линии видны без труда, они хорошо «прорисовываются» и имеют высокий контраст. Почему такая разница четкости в камерах на одних и тех же ПЗС-матрицах?

Дело в том, что изображение на матрицу ПЗС проецируется объективами, характеристики которых близки к предельным. Это обусловлено очень малыми размерами фоточувствительных ячеек современных матриц. Например, размер элемента матрицы ПЗС формата 1/4 дюйма, высокого разрешения ICX-209AL фирмы SONY составляет 4,85 x 4,65 мкм, что всего лишь в несколько раз превышает дифракционный предел на длинноволновой границе спектрального диапазона матрицы (рис. 12). В дополнении к этому, хроматические aberrации и неточности изготовления линз приводят к тому, что кружок рассеяния современных объективов нередко превышает геометрический размер элемента матрицы. Это означает, что частотно-контрастная характеристика телевизионной камеры будет иметь заметный спад, начиная с половинной разрешающей способности матрицы ПЗС, а на частоте предельного разрешения контраст нередко не превышает 10% по сравнению с контрастом изображения в крупной детали (рис. 15).



**Рис.15 Частотно-контрастная характеристика телевизионной камеры высокого разрешения при выключенном корректоре четкости.**

Если в телевизионной камере не принять мер к коррекции частотно-контрастной характеристики объектива, то в результате формируемое изображение будет нечетким, что нередко можно наблюдать в дешевых камерах восточной сборки. В камерах более высокого класса устанавливают специальные корректоры четкости, компенсирующие потери в объективе. Корректоры бывают разные. В простом случае (например, камера WAT-902H фирмы WATEC) устанавливают асимметричный корректор, подчеркивающий первую производную



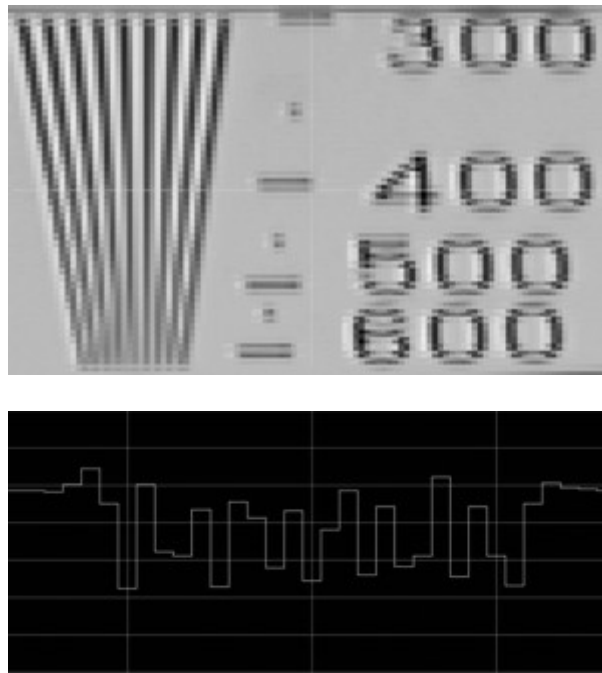
сигнала. Лучшие результаты дают симметричные адаптивные корректоры четкости, учитывающие вторую производную сигнала, степень коррекции, которых зависит от освещенности изображения (камера VNC-742 фирмы ЭВС). Для оценки реальной четкости изображения используется параметр «глубина модуляции сигнала на частоте максимального разрешения», равный отношению размахов сигналов от мир с числом штрихов, равным максимальному разрешению, и с минимальным числом штрихов (крупная деталь изображения). Видно (рис. 16), что амплитуда сигнала на частоте 550 линий в камере с симметричным корректором четкости заметно превосходит эти значения в камерах с корректором по первой производной и тем более, в камере без корректора четкости.



**a) – телевизионная камера без корректора четкости CV-300**



**b) – телевизионная камера с несимметричным корректором четкости WAT-902H**



*с) – телевизионная камера с адаптивным, симметричным корректором четкости VNC-742.*

**Рис.16** Изображения (вверху) и осциллограммы строки 550 телевизионных линий (внизу) вертикального клина, полученные с помощью трех различных телевизионных камер высокого разрешения, при установленных в них одинаковых объективах TO412FICS при значении диафрагмы F8,0.

К сожалению, параметр глубина модуляции (в некоторых источниках называемый «амплитуда частотно-контрастной характеристики на частоте максимального разрешения») не приводится в рекламных проспектах и паспортах на телевизионные камеры. Поэтому, реальную разрешающую способность телевизионной камеры можно оценить, только наблюдая формируемое камерой изображение в процессе ее испытания.

### **6.3. Потери разрешающей способности и глубины резкости в объективах с автоматической диафрагмой.**

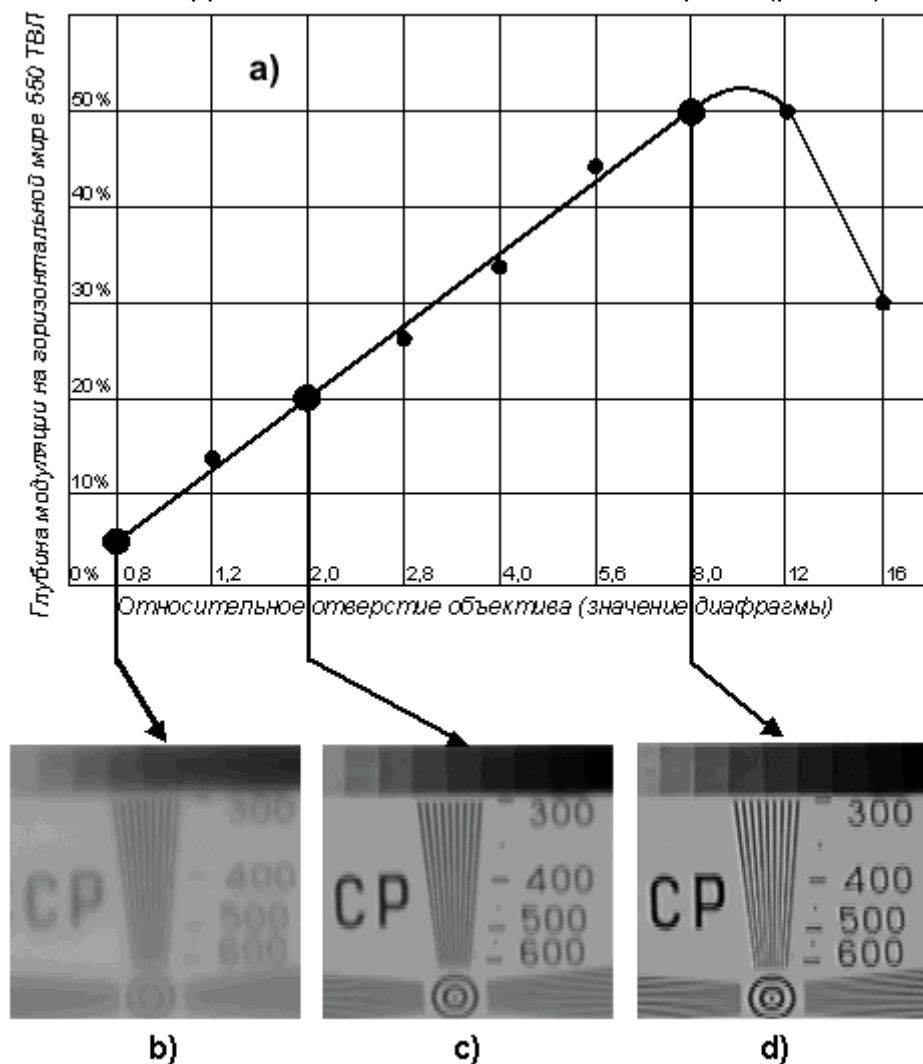
Для расширения диапазона рабочих освещенностей телевизионных камер в них устанавливают объективы с автоматической регулировкой диафрагмы (АРД). При использовании таких объективов, можно получить диапазон рабочих освещенностей от 0,01лк до 100000лк и даже шире, то есть, обеспечить работу камеры и днем и ночью. Особенно популярны в настоящее время, так называемые «асферические» объективы с минимальным относительным отверстием, достигающим 0,75. Однако, с точки зрения разрешающей способности, при использовании АРД объективов возникает ряд неприятных моментов:

- Глубина модуляции сигнала на высоких пространственных частотах в АРД объективах зависит от значения диафрагмы, и при полностью открытой диафрагме может уменьшаться в 10 и более раз.

- Глубина резкости (диапазон расстояний, в пределах которых обеспечивается заданная четкость изображения) еще в большей степени зависит от величины диафрагмы, и при полностью открытой диафрагме минимальна.

- Светорассеяние в объективе также зависит от значения диафрагмы и становится максимальным при полностью открытой диафрагме.

Следовательно, разрешающая способность и контраст изображения телекамеры с АРД объективом значительно ухудшаются в вечернее, и особенно ночное время, когда диафрагма объектива полностью открыта (рис.17).



**Рис. 17. Зависимость глубины модуляции сигнала (амплитуды частотно-контрастной характеристики) на горизонтальной мише 550 ТВЛ от относительного отверстия объектива (значения диафрагмы) в телевизионной камере высокого разрешения, при установленном объективе TO412FICS фирмы Computar.**

а) Значение при F0,8 получено при установленном асферическом объективе HG0608AFCS-HSP этой же фирмы.

Изображения центральной части тест-таблицы, формируемые телевизионной камерой высокого разрешения при установленном объективе с относительными отверстиями: b) F0,8, c) F2,0, d) F8,0

Помимо общего ухудшения четкости, ночью происходит и дополнительная расфокусировка разноудаленных объектов, изображения, которые днем были четко сфокусированными. Расфокусировка происходит не только из-за уменьшения глубины резкости при полностью открытой диафрагме, но и из-за изменения спектрального состава источника освещения (Солнце или искусственное освещение). Особенно сильная расфокусировка происходит ночью при использовании ИК прожекторов. Из этого следуют два правила, которые нужно соблюдать при установке камер с АРД объективами:

- Фокусировать камеры с АРД объективами нужно обязательно в темное время суток, когда диафрагма объектива полностью открыта (глубина резкости минимальна), и включено соответствующее искусственное освещение.

- В камерах с АРД объективами обязательно нужно отключать встроенную систему электронного затвора, иначе, диафрагма объектива будет полностью открыта не только ночью, но и днем с вытекающими из этого потерями разрешающей способности и глубины резкости.

В ночное время, при недостаточном искусственном освещении, основной причиной потери разрешающей способности камеры будет влияние собственного флуктуационного шума телевизионной камеры. Разрешающая способность камеры начинает резко ухудшаться при уменьшении отношения сигнал/шум. При уменьшении отношения сигнал/шум с 40 дБ (100 раз) до значения 20 дБ (10 раз), при котором обычно указывается пороговая чувствительность телекамеры, разрешающая способность снижается с 500 до 100 телевизионных линий (рис.18).



**a) при отношении сигнал/шум 40 дБ**



**b) при отношении сигнал/шум 20 дБ.**

**Рис. 18. Иллюстрация уменьшения разрешающей способности при наблюдении телекамерой текста с различными величинами шрифта**

Особый случай потери разрешающей способности происходит в телекамерах с длиннофокусными объективами (25мм и более), предназначенными для наблюдения удаленных или протяженных объектов. Эти потери обусловлены действием нескольких факторов. Во-первых, кружок рассеяния реального объектива возрастает с увеличением фокусного расстояния, начиная примерно с 16 мм (для камер с форматом матриц ПЗС 1/3" и менее). Во-вторых, при наблюдении на больших расстояниях, оказывает заметное влияние турбулентность воздуха, особенно если недалеко от камеры вдоль оси ее зрения имеются открытые окна теплых помещений, трубы отопительной системы, работающие моторы механизмов или другие теплые объекты. В результате возникновения сильных потоков воздуха, происходит размывание и дрожание мелких деталей изображения, что приводит к дополнительной потере разрешающей способности. Кроме того, при наблюдении на дальних дистанциях, даже незначительные атмосферные осадки и туман вызывают заметное светорассеяние и потерю четкости и контраста изображения.

Еще одной причиной ухудшения разрешающей способности становится естественное загрязнение стекол объективов и иллюминаторов наружных телекамер в процессе работы. Одновременно с потерей разрешающей способности, в этом случае возможно появление пятен и полос на изображении.

#### **6.4. Потери разрешающей способности в кабельной сети.**

Расстояния от камер до пультовых, особенно на больших объектах, могут достигать многих сотен метров и даже километров. В качестве соединительных кабелей обычно используют коаксиальные кабели с волновым сопротивлением 75 Ом, либо витые пары. Помимо общего уменьшения уровня сигнала в кабелях происходит и дополнительное снижение уровня высокочастотных составляющих. В результате, разрешающая способность системы камера-кабель дополнительно уменьшается. Величина потерь разрешающей способности зависит от погонной емкости коаксиального кабеля, которая в первом приближении обратно-пропорционально его диаметру. В кабелях диаметром 8 мм потери разрешающей способности уже заметны при длинах более 100 метров и становятся недопустимыми при длинах выше 300 метров. Для компенсации потерь необходимо устанавливать специальные усилители-корректоры сигнала, степень коррекции высокочастотных составляющих сигнала в которых должна подстраиваться под длину кабеля. При длинах кабеля до 600 метров, возможно использование одного усилителя корректора на приемном конце кабеля. При длинах 600 – 1200 метров, для компенсации потери разрешающей способности необходимы два усилителя корректора на приемном и передающем концах. При более длинных линиях необходимо устанавливать дополнительные усилители корректоров через определенные интервалы. Указанные ориентировочные расстояния сильно зависят от типа и в первую очередь диаметра кабеля. Например, при использовании магистральных кабелей, диаметром около 20 мм, можно устанавливать корректоры через интервалы более 2 километров.

#### **6.5. Потери разрешающей способности в мультиплексорах, видеоманитофонах, платах ввода изображения в компьютер и видеомониторах.**

В реальных телевизионных системах заметные потери разрешающей способности происходят из-за неправильного согласования и ограничения полосы частот в различных устройствах телевизионной системы. Особенно большие потери происходят в устройствах записи изображений (видеоманитофоны и цифровые видеорегистраторы), и видеомультиплексорах. Сегодня аналоговые системы вытесняются цифровыми. Как правило, разрешающая способность цифровых систем записи превосходит этот параметр у аналоговых видеоманитофонов, особенно устаревшего формата VHS. Но, и здесь, нередко, рекламные заявления далеки от действительности. Иногда, в рекламных материалах замалчиваются некоторые недостаточно хорошие характеристики, в других случаях заявляются высокие параметры, но без указания, что они достигаются не во всех режимах. Например, проверка ряда мультиплексоров (табл.1) показала, что большинство из них производит запись мультиплексированного сигнала «полями», а не «кадрами», то есть, без черезстрочной развертки. Но, в паспортах на них не указывается, что разрешающая способность по вертикали при этом ухудшается в 2 раза! В ряде изделий указывается разрешение в аналого-цифровом преобразователе до 1024 выборок на строку. Это соответствует горизонтальной разрешающей способности по видеосигналу более 700 телевизионных линий. Однако, после включения приборов выясняется, что столь высокое разрешение получается лишь на дополнительных аналоговых входах, в то время как на основных входах (ради которых и покупается мультиплексор) разрешающая способность не превышает 400 - 500 линий. В развивающемся сегменте мультиплексоров и цифровых видеорегистраторов много «узких» мест, которые приводят к потере разрешающей способности. Например, нередко, в черно-белом режиме работы не предусматривается отключение режекторного фильтра подавления цветоразностных поднесущих (около 4 МГц для системы PAL). Из-за этого

фильтра, глубина модуляции сигнала, начиная с 350 линий, снижается в 10 и более раз. В паспортах на эти устройства заявлено разрешение 500 телевизионных линий, но изображения линий в области 350 - 450 имеют столь слабый контраст, что их почти не видно, даже при установленной на максимум ручке контрастности видеомонитора.

**Таблица 5** Разрешающая способность некоторых мультиплексоров

Фирма изготовитель	Тип мультиплексора	Число выборок АЦП в строке	Разрешающая способность на магнитофонном выходе (ТВЛ)	Режекторный фильтр (в диапазоне 350 – 450 ТВЛ)	Способ записи сигнала
BAXALL	ZMXS/16MD	720	500	Не отключается	полями
ROBOT	MV16i	640	320	Не отключается	полями
Dedicated Micros	Sprite DX16	1024	530	Выключен	полями
GYJR	DSP16x	750	550	Отключается	полями
HITRON	HBX16C	640	320	Не отключается	полями
KALATEL	CALIBUR CBR16MDx	750	550	Отключается	полями
ATV (цветной)	DPX16	720	540	Не отключается	кадрами

При определении разрешающей способности мультиплексоров в первую очередь нужно учитывать число выборок АЦП, приходящееся на строку изображения. Из-за того, что частота дискретизации в мультиплексоре не совпадает с частотой следования элементов, в ПЗС камере, происходит дополнительное наложение частот дискретизации (возникают муары аналогичные рис.14). В результате, разрешающая способность системы с мультиплексором получается переменной. Появляются биения разрешающей способности по строке. При вычислении среднестатистической разрешающей способности мультиплексоров также как и в ПЗС камерах необходимо дополнительное умножение числа выборок по строке на 0,75.

Все приведенные выше замечания справедливы не только для мультиплексоров, но и для систем цифровой записи изображений (платы ввода телевизионного сигнала в компьютер, системы типа Digieye, VidGuard и т.п.). При использовании алгоритмов компрессированной записи видеосигнала (JPEG, Wavelet, MPEG-2, MPEG-4) в этих устройствах происходит дополнительная, необратимая потеря не только разрешающей способности, но и ряда малоконтрастных, мелких объектов, которые игнорируются при кодировании изображения, особенно при больших коэффициентах сжатия.

Отдельно следует сказать о разрешающей способности видеомониторов, которая в первую очередь ограничивается размерами зерен люминофора в кинескопе. Известно, что чем больше размер диагонали кинескопа – тем выше разрешающая способность. Тем не менее, и в этой области активно работает реклама, выдавая желаемое за действительность. Часто можно встретить заявления о разрешающей способности 600 и даже 700 телевизионных линий в малогабаритных видеомониторах с диагональю размерами 12 дюймов. И

действительно, можно увидеть эти линии. Но какой ценой они достигаются. Во-первых, контраст изображения мира в 600 или 700 линий не превышает 10%, то есть они едва видны. Во-вторых, 30% изображения (левый и правый края) отсутствуют, так как выходят за пределы экрана. В таких мониторах изображение специально увеличено, чтобы ценой потери его части, достигнуть заявленную в паспорте разрешающую способность. Реально, мониторы с размерами диагонали 12 – 14 дюймов обеспечивают надежное разрешение не более 400 - 450 линий, то есть их можно использовать только с камерами стандартного разрешения. Для полноценного просмотра камер высокого разрешения, следует использовать мониторы с размерами диагонали экрана не менее 17 дюймов. Нужно отметить, что цветные видеомониторы обеспечивают возможность наблюдения изображений с разрешающей способностью не более 350 - 400 линий, поэтому их нельзя применять с камерами высокого разрешения. Лишь специальные цветные видеомониторы, в основном большого размера, с возможностями компьютерного SVGA режима, позволяют работать при разрешениях до 500 телевизионных линий.

В настоящее время все шире используют для наблюдения компьютерные мониторы, при этом сигнал с камеры поступает на плату ввода телевизионного изображения в компьютере. К сожалению, компьютерные мониторы, обладая высокой разрешающей способностью, имеют в 5 – 10 раз меньший контраст изображения по сравнению с обычными мониторами, что ограничивает их возможности при наблюдении днем, а также вызывает повышенную утомляемость у операторов.

#### **Выводы.**

1. Разрешающую способность телевизионных ПЗС камер принято определять числом элементов фотоприемника по соответствующим координатам, умноженным на коэффициент 0,75.

2. Реальная разрешающая способность камеры в телевизионной системе меньше расчетной по следующим причинам:

а. Из-за потери разрешающей способности в объективах. Особенно заметна потеря четкости в “асферических” АРД объективах при полностью открытой диафрагме, когда глубина модуляции сигнала на частоте разрешения и глубина резкости уменьшаются в 10 и более раз. Максимальные потери возникают на краях изображения. Потери четкости возникают также из-за дрожания воздушных потоков перед камерой и от естественного загрязнения стекол объективов.

б. Из-за маскирующего влияния шума в темное время суток, а также из-за изменение фокусировки объектива при использовании искусственного освещения со спектральной характеристикой, отличающейся от естественного.

с. Из-за завала высоких частот видеосигнала в соединительных кабелях.

д. Из-за потери разрешающей способности в других блоках телевизионной системы, в первую очередь в мультиплексорах, видеоманитофонах и цифровых видеорегистраторах.

е. Из-за потери разрешающей способности в малогабаритных видеомониторах, обусловленной конечными размерами зерен люминофора кинескопов.

3. Суммарное ухудшение разрешающей способности телевизионных камер в охранных телевизионных системах может уменьшаться по сравнению с расчетным до 2-х раз днем и до 3 – 5 раз и более, ночью.

При построении охранных систем необходимо учитывать возможные потери разрешающей способности телевизионных камер и принимать дополнительные

меры по усилению охраны объекта. Способ повышения надежности системы состоит в установке дополнительных телевизионных камер и охранных датчиков в наиболее сложных местах наблюдения, а также в обеспечении более интенсивного, а главное более распределенного и равномерного искусственного освещения в ночное время.

## **7. Методики определения параметров систем ик-подсветки.**

### **7.1. Введение.**

Необходимость разработки нормативно-технических документов для задания (определения) светотехнических параметров систем ИК подсветки и видеонаблюдения связана в первую очередь с тем, что:

- приводимые в рекламных проспектах различных компаний светотехнические параметры компонентов систем видеонаблюдения зачастую оказываются существенно завышенными, а методики измерения параметров для их проверки зарубежные или отечественные производители, как правило, не включают, или приводят свои внутренние приближенные оценки, использующие самые разнообразные справочные данные, нередко отличающиеся в несколько раз.

- зачастую при выборе устройств систем наблюдения не принимается во внимание соответствие параметров видеокамеры и используемого прожектора ИК подсветки, что приводит к существенному ограничению дальности наблюдения, которая не всегда напрямую связана с максимальной дальностью подсветки прожектора.

В качестве основных светотехнических параметров прожекторов ИК подсветки можно выделить следующие:

- потребляемая мощность, Вт;
- мощность излучения, Вт;
- угол излучения (диаграмма направленности), град.;
- длина волны излучения, нм;
- максимальная дальность подсветки (расстояние до освещаемого объекта), м;
- освещенность в плоскости объекта, Вт/м<sup>2</sup>.

**Примечание:** Освещенность в плоскости объекта является определяющим (объединяющим) параметром, как для прожекторов подсветки, так и для камер наблюдения. Эквивалентная освещенность характеризует освещенность объекта, пересчитанную с учетом параметров фотоприемника (спектральной чувствительности, относительного отверстия объектива, его пропускания и пр.).

## **7.2. Основные фотометрические соотношения, используемые для проведения теоретических оценок.**

### **7.2.1. Таблица 6. Основные обозначения.**

$\Omega$	– телесный угол (ср)
$\theta$	– полный плоский угол подсветки (диаграмма направленности, град.)
$L$	– расстояние до освещаемого объекта (м)
$S$	– площадь светового пятна на объекте (м <sup>2</sup> )
$\Phi$	– световой поток (лм)
$E_{\text{объект}}$	– освещенность в плоскости объекта (лк, Вт/м <sup>2</sup> )
$E_{\text{экв}}$	– эквивалентная освещенность ПЗС матрицы камеры наблюдения (лк)
$P_{\text{оптич}}$	– мощность, излучаемая светодиодом или прожектором (Вт)



<b>P</b>	– мощность, потребляемая светодиодом или прожектором (Вт)
<b>η</b>	– КПД или эффективность преобразования (для ИК светодиодов реальное среднее значение – 0,05-0,15, т.е. 5-15%)
<b>J</b>	– сила света (кд, Вт/ср)
<b>K<sub>λ</sub></b>	– спектральная чувствительность камеры наблюдения
<b>ζ</b>	– интегральная чувствительность камеры наблюдения
<b>K<sub>a</sub></b>	– пропускание объектива (обычно принимается 0,8-0,85)
<b>ρ</b>	– коэффициент отражения от объекта (обычно 0,75)
<b>f</b>	– фокусное расстояние объектива (м)
<b>1/f</b>	– светосила объектива
<b>D/f</b>	– относительное отверстие объектива
<b>f/D</b>	– F-число объектива (указывается на корпусе!)
<b>D</b>	– диаметр объектива (м)

### 7.2.2. Телесный угол (конус вращения, с плоским углом $\theta$ при вершине)

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos(\theta/2)) = 4\pi \sin^2(\frac{\theta}{2})$$

Для несимметричной диаграммы направленности:

$$\Omega = 2\pi(1 - \sqrt{\cos(\theta_1/2)\cos(\theta_2/2)}) \quad (1)$$

Выражение для площади светового пятна (круглой формы), образованного световым пучком с диаграммой направленности  $\theta$  на расстоянии  $L$  (до объекта), имеет вид:

$$S = \pi(L \cdot \tan(\theta/2))^2 \quad (2)$$

Соответственно линейный размер (диаметр) светового пятна на объекте определяется как:  $2 \cdot L \cdot \tan(\theta/2)$ .

### 7.2.3. Оптическая мощность, КПД [%], эффективность [лм/Вт]

Оптическая мощность:  $P_{\text{опт}} = P_{\text{ном}} \eta$ , (3)

Эффективность:  $\eta_V = \Phi / P_{\text{ном}}$  (4)

КПД светодиода [%] через эффективность [лм/Вт]:  $\eta [\%] = \frac{\eta_V}{683} \cdot 100\%$  (5)

### 7.2.4. Световой поток [лм], освещенность [лк], сила света [кд]

Световой поток:  $\Phi = 683 \cdot P_{\text{опт}}$ , освещенность  $E = \Phi / S$ , (6)

с другой стороны:  $\Phi = J \cdot \Omega$  и  $E = J / L^2$ , (7)

где  $J$  – сила света источника,  $L$  – расстояние до источника.

Выражение для освещенности в плоскости объекта имеет вид:

$$E_{\text{объекта}} = \frac{\Phi}{S} = \frac{683 \cdot P_{\text{опт}}}{\pi(L \cdot \tan(\theta/2))^2} \quad (8)$$

Поправка на коэффициент 683 [лм/Вт] (принятый в 1979 г. комиссией ГКМВ единым для всех длин волн), нормированный на максимум кривой видности глаза,

будет учитываться при определении освещенности на ПЗС матрице (с учетом ее спектральной чувствительности).

$$\text{Пересчет [кд] в [Вт/ср] и [лк] в [Вт/м}^2\text{]: } \left[ \frac{1}{683} \cdot \kappa \partial \right] = \left[ \frac{Bm}{ср} \right] \cdot \left[ \frac{1}{683} \cdot лк \right] = \left[ \frac{Bm}{м^2} \right].$$

**Таблица 7.** Освещенность (лк) для некоторых типичных случаев.

Освещенность	под прямыми солнечными лучами в полдень (средние широты)	100000
>>	при киносъемке в ателье	10000
>>	на открытой местности в пасмурный день	1000
>>	в светлой комнате	200-300
>>	на рабочем столе при освещении	100-200
>>	необходимая для чтения	30-50
>>	в зале кинотеатра	20-80
>>	в сумерках (или при уличном освещении ночью)	2
>>	от полной Луны	0,2
>>	от ночного неба в безлунную ночь	0,0003

### 7.2.5. Оценка дальности подсветки прожектора.

Преобразуя выражение (8) можно оценить дальность подсветки прожектора (т.е. расстояние до объекта, на котором ИК прожектор обеспечивает уровень освещенности  $E_{\text{объекта}}$ , необходимый для работы обычной и чувствительной камер наблюдения):

$$L = \frac{1}{\operatorname{tg}(\theta / 2)} \cdot \sqrt{\frac{683 \cdot P_{\text{опт}}}{\pi \cdot E_{\text{объекта}}}} \quad (9)$$

Для обычных камер наблюдения освещенность объекта  $E_{\text{объекта}}$  можно определять в диапазоне 2-5лк, достаточном для получения приемлемого изображения; тогда как для чувствительных камер освещенность объекта выбирается в пределах 0,4-0,6лк.

### 7.2.6. Эквивалентная освещенность для камер наблюдения.

Эквивалентная освещенность показывает степень уменьшения реальной освещенности объекта при прохождении света (излучения) через объектив камеры (пропускание  $K_a$ ), с учетом ее интегральной спектральной характеристики ( $K_\lambda$ ), а также с учетом светосилы объектива и коэффициента отражения объекта  $\rho$ :

$$E_{\text{экв}} = E_{\text{объект}} \cdot K_\lambda \cdot K_a \cdot \rho \quad (10)$$

При выборе камеры необходимо также учитывать тот факт, что эквивалентная освещенность пропорциональна квадрату относительного отверстия объектива, т.е.  $\sim (D/f)^2$ , или обратно пропорциональна квадрату F-числа объектива, указанному на его корпусе, т.е.  $\sim (1/F^2)$ .

Как правило, при использовании обычных камер наблюдения (без ИК коррекции) освещенность в плоскости ПЗС матрицы падает примерно в 20 раз по сравнению с освещенностью объекта.

**Примечание по разделу:** Традиционно единицами измерения основных светотехнических характеристик в видимом диапазоне длин волн являются – люмены (лм), канделы (кд), люксы (лк) и пр. Вне этого диапазона рассматриваются их энергетические эквиваленты – ватты (Вт), ватты на квадратный метр (Вт/м<sup>2</sup>) и пр. Тем не менее, для определения освещенности в ближнем ИК диапазоне (850 - 940 нм) возможно использование люкс-эквивалента

вместо единицы измерения Вт/м<sup>2</sup> (энергетическая освещенность). Это связано с тем, что практически для всех видеокамер в качестве заявляемого параметра интегральной чувствительности используется единица измерения – люкс (лк).

### **7.3. Методики (рекомендации) измерения основных светотехнических параметров ИК прожекторов.**

#### **7.3.1. Общие положения.**

7.3.1.1. Методики измерения предназначены для определения параметров и характеристик устройств ИК подсветки, проверки соответствия их требованиям ТЗ. В рамках программы испытаний определены следующие параметры ИК прожекторов:

- угол излучения (диаграмма направленности), град.;
- мощность излучения ИК прожектора, Вт, (в пределах угла подсветки).
- дальность подсветки, т.е. расстояние до объекта, на котором ИК прожектор обеспечивает уровень освещенности, необходимый для работы обычной и/или чувствительной камеры наблюдения, м;

**Примечание:** Традиционно, определение дальности подсветки прожектора подразумевает использование видеокамеры, монитора и прочей аппаратуры видеонаблюдения. Тем не менее, предлагаемые рекомендации позволяют оценить дальность подсветки ИК прожектора в лабораторных условиях без использования каких-либо дополнительных устройств наблюдения.

7.3.1.2. Перед проведением измерений должна быть обеспечена подготовка аппаратуры ИК подсветки и средств измерения в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Для измерения светотехнических параметров, таких как мощность излучения (плотность мощности), угол излучения, освещенность и т.д., используются приборы:

- люксметр-радиометр Аргус-01 (с коррекцией на необходимый диапазон длин волн), имеющий действующий аттестат поверки;
- фотоприемник на базе кремниевого фотодиода (например ФД-24К) с калиброванной характеристикой спектральной чувствительности.

Люксметр предназначен для измерения освещенности (энергетической освещенности). Минимальная измеряемая освещенность – не более 0,5 лк ( $7 \times 10^{-4}$  Вт/м<sup>2</sup>).

#### **7.3.2. Методы измерения**

##### **7.3.2.1. Диаграмма направленности ИК прожектора.**

Измерение осуществляется путем определения углового распределения плотности мощности в пятне излучения.

Для измерения диаграммы направленности используется кремниевый фотоприемник (на базе фотодиода, работающего в фотовольтаическом режиме), расположенный в дальней зоне, чувствительный элемент которого закрыт диафрагмой с отверстием малого диаметра. Перемещая фотоэлемент по дуге окружности с фиксированным радиусом  $r$ , регистрируется угловое распределение плотности мощности излучения (в относительных единицах по регистрируемым значениям фототока фотодиода).

Расстояние до фотоприемника подбирается таким образом, чтобы максимальное значение фототока не превышало 50% от значения тока насыщения для данного фотодиода.

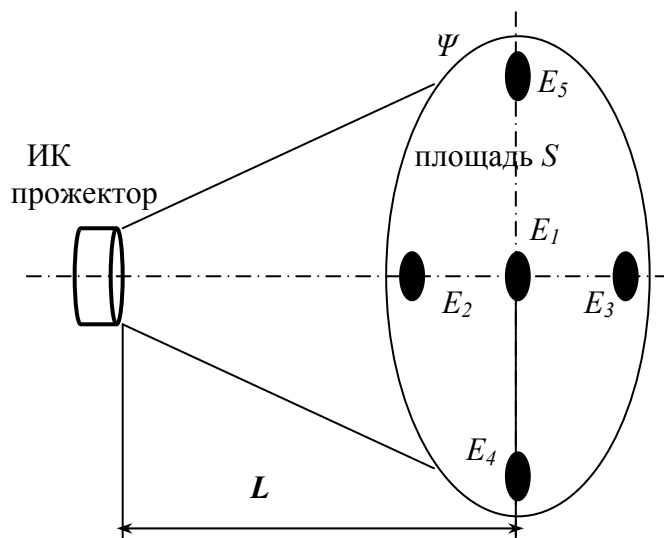
Диаграмма направленности определяется по уровню 0,5 интенсивности излучения (что соответствует заявляемому углу подсветки, град.).

Измерения проводятся в затемненном помещении, при отсутствии бликов от потолка, стен и пола. Внешняя освещенность должна быть обеспечена на уровне не более 0,5лк.

### 7.3.2.2. Мощность излучения (в пределах диаграммы направленности)

Определение мощности излучения ИК прожектора осуществляется по схеме, приведенной на Рис.19.

С помощью люксметра-радиометра (скорректированного на спектральный диапазон ИК прожектора) в пяти точках на плоскости  $\Psi$ , расположенной на расстоянии  $L$  от прожектора, закрепленного на столе или на штативе, измеряются значения освещенности  $E_1, \dots, E_5$  (в центре пятна засветки и в точках, где освещенность падает в два раза, что соответствует средней освещенности на расстоянии  $L$  в пределах диаграммы направленности). Расстояние  $L$  выбирается исходя из размеров помещения, в котором проводятся измерения, и должно быть намного больше размеров излучающей поверхности ИК прожектора (не менее чем в 10 раз). Как правило, для обычных помещений расстояние  $L$  может выбираться в пределах 1-3 м.



**Рис. 19.** Схема измерения мощности излучения ИК прожектора.

Площадь  $S$  светового пятна (пятна засветки) определяется визуально (с помощью видеокамеры, монитора и линейки, расположенной в плоскости измерения), либо исходя из известного значения полного угла подсветки прожектора, при котором площадь  $S$ ,  $\text{м}^2$ , рассчитывается по формуле:

$$S = \pi(L \cdot \operatorname{tg}(\theta / 2))^2, \quad (11)$$

где  $\theta$  полный плоский угол подсветки (диаграмма направленности, град. °).

Средняя освещенность  $E_{\text{ср.}}$ , лк, рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{ср.}} = \frac{E_1 + \dots + E_5}{5}. \quad (12)$$

При удалении от центра светового пятна уровень освещенности можно рассчитать по формуле:

$$E_w = E_l \cos^4 w, \quad (13)$$

где  $E_l$  – освещенность по оптической оси,  $w$  – отклонение текущего плоского угла от оптической оси.

Мощность излучения ИК прожектора рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{опт.}} = \frac{E_{\text{ср.}} \cdot S}{683}. \quad (14)$$

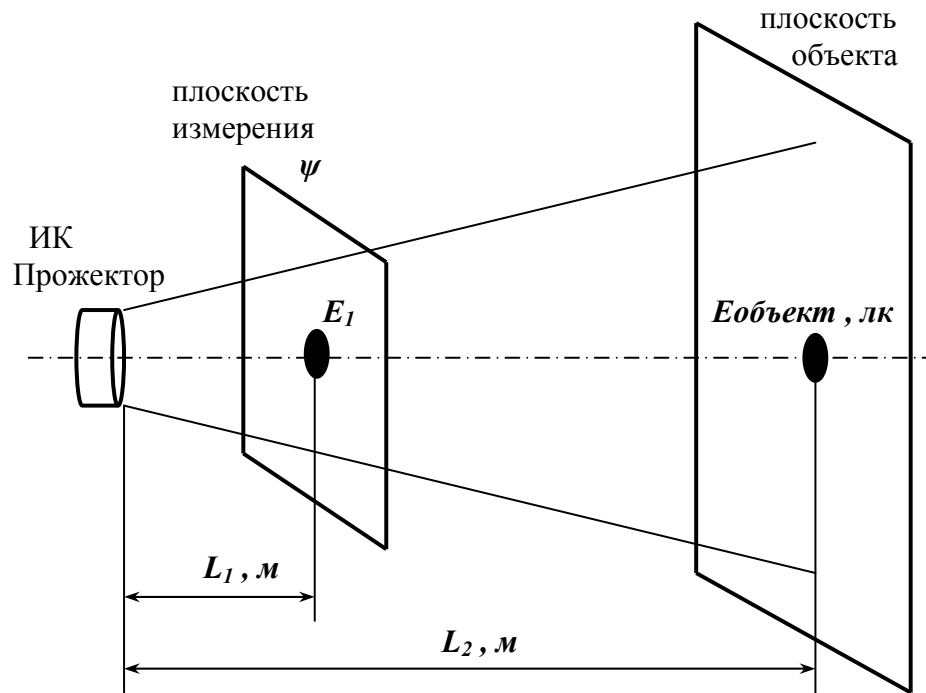
Измерения освещенности проводятся в затемненном помещении, при отсутствии бликов от потолка, стен и пола. Внешняя освещенность должна быть обеспечена на уровне не более 0,5лк.

**Примечание:** Мощность излучения можно измерить по значению фототока, протекающего в цепи фотодиода с известной спектральной характеристикой (например ФД-7К, ФД-24К, нормированная интегральная чувствительность  $K_{850 \text{ нм}} = 0,42 \text{ А/Вт}$ , расстояние до прожектора –  $L$  [см], площадь светочувствительной площадки –  $1 \text{ см}^2$ ) и миллиамперметра (при этом измеряемое в пяти точках, рис.19, значение фототока не должно превышать 50% от значения тока насыщения фотодиода). Линейные размеры необходимо измерять в сантиметрах (нормировка на площадь светочувствительной площадки светодиода,  $1 \text{ см}^2$ ). Значение мощности излучения, [Вт], определяется как произведение измеренного среднего значения фототока  $I_\phi$  [А] на площадь  $S$  [см<sup>2</sup>] (выражение (11) для площади пятна засветки на расстоянии  $L$ ) и деленного на значение  $K_{850 \text{ нм}}$ . Данный подход был одобрен институтом ВНИИОФИ и считается вполне корректным.

### 7.3.2.3. Дальность подсветки ИК прожектора.

Определение дальности подсветки осуществляется по схеме, приведенной на Рис. 20. В основу измерений берется *закон обратных квадратов*, согласно которому освещенность в плоскости наблюдения меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до источника излучения. Кроме этого, учитывается постоянство силы света исследуемого источника излучения в пределах выбранных расстояний  $L_1$  и  $L_2$ .

С помощью люксметра-радиометра (скорректированного на спектральный диапазон ИК прожектора) в плоскости  $\Psi$ , расположенной на расстоянии  $L_1$  от прожектора, закрепленного на столе или на штативе, измеряется уровень освещенности  $E_l$  (в центре пятна засветки) Расстояние  $L_1$  выбирается исходя из размеров помещения, в котором проводятся измерения, и должно быть намного больше размеров излучающей поверхности ИК прожектора (не менее чем в 10 раз). Как правило, для обычных помещений расстояние  $L_1$  может выбираться в пределах 1-3м.



**Рис. 20.** Схема измерения дальности подсветки ИК прожектора.

Освещенность  $E_{\text{объекта}}$  в плоскости объекта выбирается исходя из требований, накладываемых при выборе камеры наблюдения:

$E_{\text{объекта}} = 2 \text{ лк}$  (для камер без ИК коррекции с чувствительностью не хуже 0,1лк).

Уровень освещенности 2лк выбирается исходя из потерь излучения при формировании изображения объекта на ПЗС матрице (в 20 раз для камер без ИК коррекции), см. раздел 3.

Дальность подсветки ИК прожектора (в метрах) рассчитывается по формуле:

$$L_2 = \sqrt{\frac{E_1 \cdot L_1^2}{E_{\text{объекта}}}} \quad (15)$$

Измерения проводятся в затемненном помещении, при отсутствии бликов от потолка, стен и пола. Внешняя освещенность должна быть обеспечена на уровне не более 0,5лк.

#### **7.4. Эквивалентная освещенность. Спектральная чувствительность.**

Для камер наблюдения эквивалентная освещенность в плоскости ПЗС матрицы характеризует освещенность объекта, пересчитанную с учетом параметров фотоприемника (пропускания, спектральной чувствительности, относительного отверстия объектива, коэффициента отражения и пр.).

С учетом соотношений, рассмотренных в разделе 1.2, полное выражение для эквивалентной освещенности матрицы камеры наблюдения имеет вид:

$$E_{\text{экв}} = E_{\text{объекта}} \cdot K_{\lambda} \cdot K_a \cdot \rho \cdot \left( \frac{1}{4F^2} \right), \quad (16)$$

или

$$E_{\text{экв}} = \frac{683 \cdot P_{\text{оптич}}}{\pi(L \cdot \lg(\theta/2))^2} \cdot K_{\lambda} \cdot K_a \cdot \rho \cdot \left( \frac{1}{4F^2} \right), \quad (17)$$

где:

- $L$  – расстояние до освещаемого (наблюдаемого) объекта (м)
- $\theta$  – полный плоский угол подсветки (диаграмма направленности, град. °)
- $P_{\text{оптич}}$  – мощность, излучаемая прожектором (Вт), равная (КПД ×  $P_{\text{потреб.}}$ )
- $K_{\lambda}$  – спектральная чувствительность камеры наблюдения (0,5-0,7) для 880 нм
- $K_a$  – пропускание объектива (обычно принимается 0,8-0,85)
- $\rho$  – коэффициент отражения от объекта (обычно 0,75)
- $F$  – F-число объектива (указывается на корпусе, например F1.2; F1.4 и т.д.).

**Примечание:** Выражение (16) можно считать определяющим при выборе камеры наблюдения под ту или иную модель прожектора ИК подсветки. Исходя из оценки эквивалентной освещенности и сопоставляя ее с указанной в паспорте камеры интегральной чувствительностью (1; 0,1; 0,01лк и пр.) выбирается та или иная камера наблюдения.

В последнее время для наблюдения в условиях недостаточной освещенности наибольшее распространение получили камеры с заявленными значениями интегральной чувствительности в пределах 0,1лк; 0,01лк и 0,003лк.

С другой стороны, используя выражение (9), раздела 1.2.4, можно определить дальность подсветки ИК прожектора, т.е. расстояние до объекта на котором ИК прожектор (с заданными параметрами угла подсветки и мощности излучения) обеспечивает уровень освещенности  $E_{\text{объекта}}$ , необходимый для работы обычной или чувствительной камер наблюдения. Для обычных видеокамер освещенность объекта наблюдения можно определять в диапазоне 2-5лк, достаточном для получения приемлемого изображения; для чувствительных камер освещенность объекта выбирается в пределах 0,4-0,6лк.

В выражении (16) коэффициент отражения  $\rho$  определяет способность реальных объектов отражать падающее на них излучение. Наиболее распространенные примеры: снег (90%), белая краска (75-90%), бетон (25-30%), трава (20%), лицо человека (15-25%) и пр.

Эквивалентная освещенность (16) показывает степень уменьшения реальной освещенности объекта (обеспечиваемой системой ИК подсветки) при прохождении света (излучения) через объектив камеры, с учетом ее интегральной характеристики, а также с учетом характеристик объектива и отражающей способности объекта.

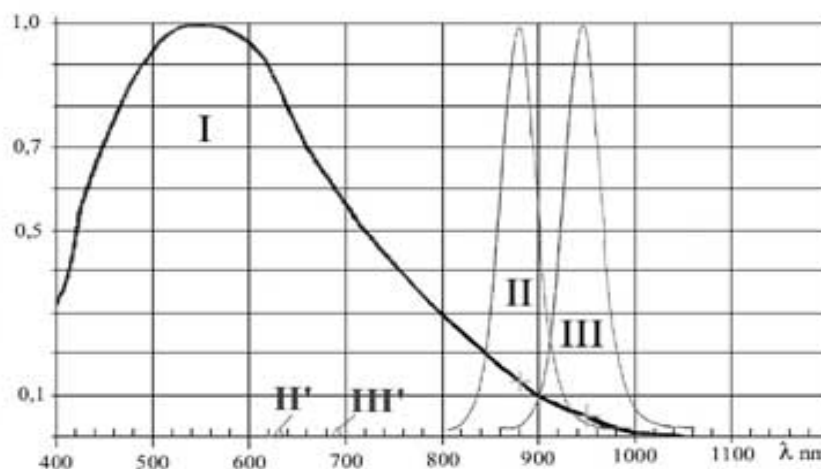
Для удобства определения эквивалентной освещенности при выборе камеры наблюдения можно использовать приблизительную оценку:

**Пример:** Для стандартного объектива F1.4 с пропусканием  $K_a=0,9$  и коэффициентом отражения  $\rho=0.89$  эквивалентная освещенность в плоскости ПЗС матрицы (без учета спектральной чувствительности последней) будет примерно **в 10 раз меньше**, чем освещенность на объекте. Если принимать во внимание спектральный состав прожектора подсветки и спектральную чувствительность ПЗС матрицы, то значение эквивалентной освещенности оказывается меньше еще в 1,5-2 раза.

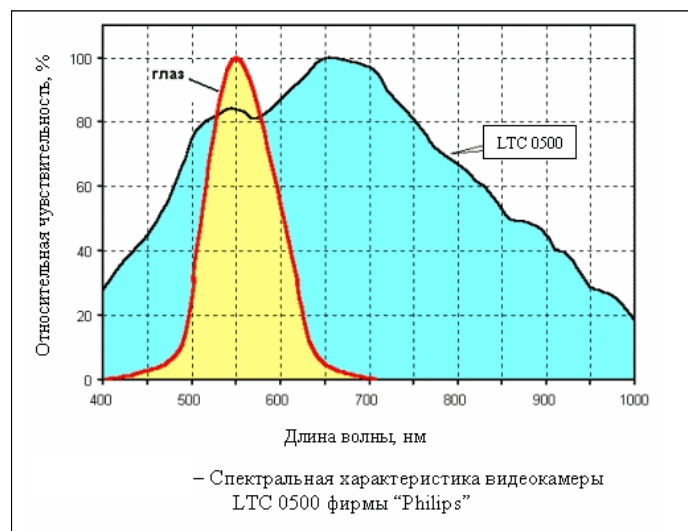
Таким образом, освещенность, получаемая в плоскости ПЗС матрицы (для камеры без ИК коррекции) будет приблизительно в 20 раз меньше освещенности, которую обеспечивает ИК прожектор в плоскости объекта.

**Примечание.** Спектральная чувствительность  $K_\lambda$  для большинства камер ночного наблюдения лежит в пределах: 0,6-0,8 для длины волны 850 нм, 0,5-0,7 для длины волны излучения 880 нм и 0,3-0,5 для длины волны излучения 940 нм. Тем не менее, данный вопрос требует более детального рассмотрения, в связи с неоднозначностью приводимых в различных источниках литературы данных параметров или с использованием камер наблюдения с ИК коррекцией под кривую видности человеческого глаза, когда ИК диапазон отсекается светофильтрами. На Рис. 21 приведены спектральные характеристики ПЗС-матрицы обычных телевизионных камер (I) и спектры излучения ИК светодиодов с длинами волн 880 нм (II) и 940 нм (III). Из графика видно, что чувствительность телекамер с ИК коррекцией для линий излучения 850 нм, 880 нм и 940 нм составляет около 20%, 14% и 5% от максимальной, соответственно.

На рис. 22 и 23 приведены спектральные характеристики для различных камер наблюдения и ПЗС матриц (без ИК коррекции).



**Рис. 21.** Кривая спектральной чувствительности телевизионной (дневной) камеры (I) с ИК коррекцией и спектры излучения светодиодов (II, III).



**Рис. 22.** Кривая спектральной чувствительности камеры наблюдения без ИК коррекции.



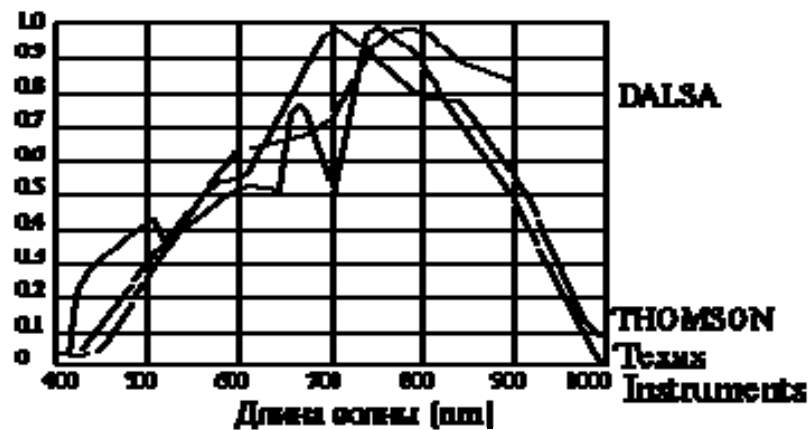


Рис. 23. Спектральные характеристики различных камер наблюдения.

## 8. Особенности применения ИК подсветки.

При видеонаблюдении в полной темноте с использованием ИК-подсветки необходимо учитывать некоторые особенности, обусловленные работой телекамеры в достаточно узкой спектральной области ближнего ИК-диапазона, практически определяемой спектральной полосой осветителя. Отражательные характеристики различных материалов в ближней ИК-области и в видимом диапазоне весьма близки, поэтому общий характер изображения практически повторяет изображение видимого диапазона. Тем более, нет никаких оснований ожидать особого «проникающего видения» через среды и материалы. С другой стороны наблюдается общее снижение контраста изображения как при любой монохромной подсветке. ИК-осветители для данного случая можно считать весьма монохромными источниками, особенно на полупроводниковых излучателях. Подобный эффект снижения контрастности при монохромном освещении характерен и для глаза. С ним знаком любой зритель, бывавший на шоу-мероприятиях с использованием цветного освещения.

Другая причина ухудшения четкости изображения в ИК-диапазоне, даже при ИК-освещении в ночных условиях, обусловлена сравнимостью геометрических размеров элемента разрешения матрицы с дифракционным пределом применяемой оптики для этой длины волны. Основным форматом матриц, применяемых в настоящее время является 1/3". Размеры одного чувствительного элемента (пикселя) в черно-белых матрицах производства SONY составляют 9,8х6,3 мкм у матриц типового разрешения (500 х 582) и 6,5х6,25 мкм у матриц высокого разрешения (752 х 582). Типовые объективы, используемые для телекамер наблюдения, имеют относительно небольшие входные апертуры. Особенно это относится к встроенным объективам миниатюрных телекамер. В этом случае даже теоретические размеры фокального пятна по первому дифракционному минимуму (кружка Эри) оказываются сравнимы с размерами пикселя, а для длиннофокусных объективов могут и превышать их. При этом необходимо учитывать, что реальные размеры фокального пятна, в зависимости от качества оптики, могут в 2 – 3 раза превышать расчетные значения. Например, для встроенного объектива с фокусным расстоянием 16мм расчетное значение фокального пятна в видимом диапазоне (0,5мкм) составит около 4мкм. При использовании ИК-осветителя с длиной волны 940нм для минимальной его заметности глазом расчетное значение фокального пятна составит уже около 7,4мкм, т.е. сравнимо с размерами пикселя даже для телекамеры нормального разрешения. Еще хуже будет положение при применении телекамер с матрицами формата 1/4", где размеры пикселя составляют уже 4,85х4,65мкм. В этой связи для скрытого видеонаблюдения в ближнем ИК-диапазоне целесообразно

использовать максимально светосильную оптику. Это позволит не только добиться максимальной чувствительности, но и обеспечит минимальные размеры фокального пятна, не ограничивающие разрешения телекамеры даже для работы в ближней ИК-области спектра.

В вопросах применения ИК подсветки существует ряд практических нюансов, без учета которых трудно будет достичь требуемых результатов от проектируемой системы видеонаблюдения:

- Т.к. ик-подсветка осуществляется в невидимой глазом области излучения, применяемая черно-белая видеокамера не должна иметь ик-коррекции, или цветная видеокамера с функцией «День/Ночь» должна иметь отключаемый механическим способом ик-фильтр при переходе в более чувствительный черно-белый режим работы. В этом случае камеры становятся чувствительными к ближнему ик-диапазону, в котором работают прожекторы.

- Некоторые цветные видеокамеры с функцией «День/Ночь» могут нестабильно работать в режиме «Ночь» с периодическим переключением в режим «День» и обратно при совместной работе с ик-подсветкой в сумеречное и рассветное время суток. Это связано с некорректной работой встроенного в камеру фотодатчика с низким уровнем петлей гистерезиса переключения или неправильным алгоритмом анализа освещенности ПЗС-матрицы. Хорошим решением данной проблемы является принудительное переключение такой видеокамеры в режим «Ночь» с помощью внешнего управляющего сигнала, например от встроенного в ик-прожектор фотодатчика, который регистрирует только общий фоновый уровень освещенности.

- При проектировании системы видеонаблюдения с ик-подсветкой необходимо четко знать ответ на самый главный вопрос: **Что Вы хотите видеть?** Дело в том, что все производители ик-прожекторов в качестве параметра дальности подсветки указывают максимальную дистанцию обнаружения некоего довольно крупного идеализированного предмета, хорошо контрастирующего с окружающей обстановкой. В охранном видеонаблюдении практически всегда ставится задача не только обнаруживать, но и с некоторой вероятностью распознавать объекты, к которым привлекается внимание наблюдателя. Поэтому второй параметр – дистанция распознавания – оказывается хуже на 30-50% и к тому же сильно зависит от совместной работы всех компонентов системы видеонаблюдения. Как же не вдаваясь в сложные натурные эксперименты подобрать модель прожектора, с большой вероятностью подходящей к условиям объекта? Ответ на этот вопрос не так сложен, вот его упрощенная методика: из каталога выбирается прожектор, соответствующий требуемым условиям, а заказывается у поставщика следующая по мощности модель с тем же углом излучения. Здесь важно помнить, что разумным критерием окончания срока эксплуатации прожектора является снижение его мощности излучения до уровня 70% от первоначальной, обусловленной процессами деградации излучающих кристаллов светодиодов, соответственно необходимо изначально учитывать некоторый резерв по мощности прожектора, чтобы общий срок эксплуатации прожекторов был максимально долгим.

- Для наблюдения в условиях недостаточной освещенности на объекте или при использовании систем ИК подсветки необходимо использовать камеры с значениями чувствительности в пределах 0,1-0,01лк (реже 0,003лк) и объективы с значениями F-числа – 1.0; 1.2; 1.3; 1.4. Следует осторожно относиться к заявляемым значениям чувствительности камер ниже **0,003лк**, поскольку достижение такого уровня чувствительности требует дополнительной электронной обработки сигнала (увеличение времени накопления, автоматическое усиление сигнала и пр.), что может значительно ухудшить качество изображения (контраст,

разрешение, отношение сигнал/шум, видеорежим, смазывание быстро движущихся объектов и пр.). Как правило, завышение параметров чувствительности является маркетинговой уловкой производителя и не имеет ничего общего с реальной чувствительностью камеры.

- Чтобы сохранить резкость изображения во время работы с ИК-подсветкой, необходимо применять специальные объективы. Обычным объективам при установке их на видеокамеры, свойственна потеря четкости при наблюдении в ИК области. Инфракрасная коррекция - технология применения специальных оптических материалов, позволяющая значительно снизить дисперсию света в объективе, а следовательно свести к минимуму уход и «расползание» плоскости наилучшего изображения во всем диапазоне длин волн света, включая инфракрасную область. При этом улучшается разрешающая способность, контраст получаемого изображения и, как следствие, передача мелких деталей наблюдаемого объекта. В обозначении этих объективов присутствует индекс «IR». Такие объективы также называют «День-Ночь», т.к. они позволяют вести круглосуточное видеонаблюдение без дополнительной фокусировки.

- Если с помощью видеокамер нужно контролировать динамичные процессы (например, автомобильные потоки), то для сохранения резкости изображения необходимо применять объективы с более высоким значением F-числа, а также принудительно ограничивать диапазон скоростей срабатывания электронного затвора, фактически – переключать его вручную. Такие ограничения значительно снижают чувствительность видеокамеры и вынуждают проектировщика применять более мощные прожекторы. Альтернативой является хорошая идея использовать прожекторы в импульсном режиме, когда импульс излучения повышенной мощности синхронизируется с временем экспозиции полукадра, чем достигается более рациональное использование энергетических возможностей прожектора (вплоть до применения в некоторых случаях более младшего в модельном ряду и, соответственно, более дешевого прожектора), а также экономится электроэнергия.

- Освещенность в плоскости ПЗС матрицы (для камеры без ИК коррекции) будет приблизительно в 15-20 раз меньше освещенности, которую обеспечивает ИК прожектор в плоскости объекта. Например: при выборе камеры наблюдения с заявленной чувствительностью 0,1лк с объективом F1,4, необходимо обеспечить освещенность в плоскости объекта не менее 2лк.

- Угол подсветки прожектора необходимо тщательно согласовывать с углом обзора видеокамеры. Если угол обзора видеокамеры будет больше угла излучения прожектора, то в поле зрения могут попасть посторонние источники света или хорошо освещенные предметы, что заставит электронный затвор отработать по усредненной освещенности кадра и уменьшить время экспозиции, - это будет эквивалентно принудительному снижению чувствительности камеры. Такое согласование особенно важно для систем видеонаблюдения на дальних дистанциях, когда камера работает на пределе своей чувствительности.

- Угол обзора видеокамеры также должен соответствовать размеру наблюдаемого объекта и не захватывать слишком больших зон вокруг него. Особенно важно это требование при работе в замкнутых пространствах, когда переотражение подсветки прожектора от стен, попадающее в слишком широкоугольный объектив, также способно в итоге уменьшить чувствительность видеокамеры. Типичным примером такой ошибки является применение широкоугольных объективов совместно с такой же широкоугольной подсветкой в длинных узких коридорах: с, казалось бы, очень мощным прожектором, рассчитанным на дальность 30-40м., человек в таком коридоре как-то неожиданно

быстро теряется из вида уже на удалении 6-8 метров. Почему это произошло? На таком удалении до  $\frac{2}{3}$  площади экрана будут занимать ярко освещенные широкоугольным прожектором стены, соответственно электронный затвор резко уменьшит чувствительность и необходимый нам объект наблюдения окажется потерянным. Путем решения данной проблемы будет приведение в соответствие с необходимым сектором обзора (например, входной дверью на противоположной стороне коридора) фокусного расстояния объектива, а также станет возможным применение менее мощного прожектора с диаграммой направленности, соответствующей углу обзора объектива.

- Применение прожектора с длиной волны излучения 940нм актуально, когда необходимо обеспечить полностью скрытую от глаз подсветку объекта наблюдения. Недостатком такого прожектора является практически вдвое меньшая мощность излучения (светодиоды имеют на этой длине волны более низкий КПД), а также ПЗС-матрица видеокамеры имеет значительно более низкую чувствительность, поэтому необходимо применять более мощные серии прожекторов. В этом случае применение подсветки с длиной волны 940нм имеет практический смысл только на ближних дистанциях. На средних и дальних дистанциях подсветка с длиной волны 850нм также становится практически незаметной с расстояния более  $\frac{1}{3}$  от максимального из-за очень маленькой мощности излучения второго побочного пика в видимой (красной) области. На этих дистанциях применение прожекторов с длиной волны 850нм становится экономически более оправданным. Применение прожекторов с длиной волны 880нм становится оправданным с точки зрения заметности излучения на средних и более малых дистанциях. КПД применяемых в них светодиодов такой же низкий, как и на 940нм, но чувствительность видеокамеры в этом диапазоне несколько выше, что дает некоторый выигрыш в дистанции подсветки перед излучением 940нм. Уровень заметности излучения на 880нм практически на  $\frac{1}{3}$  меньше, чем на 850нм. Если проблема заметности излучения не является самой важной, то наиболее оптимальным со всех точек зрения будет применение прожекторов на 850нм.

- Сегодня получают распространение видеокамеры со встроенной в кожух ик-подсветкой. Наиболее дешевые варианты имеют общее защитное стекло для объектива и светодиодной матрицы. В этом случае через некоторое время на стекло с внешней стороны оседает пыль, которую светодиоды начинают интенсивно подсвечивать. В результате снижается чувствительность камеры и контрастность изображения. В более продвинутых вариантах под объектив в стекле вырезается отверстие, устанавливается бленда и такого влияния на качество изображения встроенная подсветка уже не оказывает. Однако остается еще один серьезный недостаток: тепло от работающей светодиодной матрицы отводится во внутреннее пространство дешевого гермокожуха и добавляет теплового шума ПЗС-матрице, и без того работающей на границе чувствительности. Довольно большая поверхность гермокожуха не столько отводит тепло в окружающее пространство, сколько является тепловым экраном. Зимой это очень хорошо, а вот теплыми летними ночами... К тому же практически вся подсветка организована на светодиодах с длиной волны излучения 850нм и речи о полной скрытности подсветки быть не может. И даже если проблема отвода тепла от излучающей матрицы в последних моделях гермокожухов некоторых производителей уже решается, летними ночами проявляется последняя неприятность: вокруг такой камеры собирается приличный рой насекомых, привлекаемых хорошо видимым для них светом включенной подсветки. Эти насекомые сильно мешают наблюдению, создавая на экране постоянное фоновое мельтешение. В случае выпадения обильных осадков – снега, дождя –

объект наблюдения фактически закрывается от видеокамеры стоящей перед ней хорошо подсвеченной «стеной» из этих осадков. Решением такой проблемы является только использование прожекторов, отдаленных от видеокамеры не менее, чем на несколько метров. Кстати, аналогичные проблемы появляются и при модном сегодня способе креплении прожекторов к гермокожуху с целью быстроты и удобства монтажа всей системы на объекте.

- Прожекторы являются низковольтными приборами и при питании от общей осветительной сети требуют применения AC/DC преобразователей. В зависимости от мощности, потребляемые ими токи могут достигать 10-15 Ампер при 12В входного напряжения. Если используется объединенная матрица из 2-х или 3-х прожекторов, ток потребления также пропорционально возрастает. Суммарная потребляемая мощность прожектора и камеры не должна превышать 80% значения, на который рассчитан источник питания. Также очень важен расчет длины питающего кабеля и сечения токопроводящих жил по суммарному падению напряжения. Минимальное напряжение на входе прожектора не должно быть меньше указанной в паспорте нижней границы по питанию. В противном случае может резко снизиться мощность излучения прожектора. Хорошим решением для использования мощных прожекторов является применение модификации на 24В. При этом потребляемый ток уменьшается вдвое, соответственно вдвое уменьшается и падение напряжения на питающем кабеле. Современные импульсные блоки питания имеют регулировку выходного напряжения в пределах  $\pm 10\%$ , что также помогает установить напряжение питания прожектора в требуемых пределах.

В заключение можно отметить, что для обычного видеонаблюдения, как при естественном, так и при искусственном освещении ближний ИК-диапазон не имеет никаких преимуществ по сравнению с видимой областью спектра. Более того, достижимые чувствительность, четкость и контрастность значительно уступают аналогичным характеристикам в видимом диапазоне. Видеонаблюдение в ИК-диапазоне неизбежно только для скрытого наблюдения в ночных условиях и других случаях нежелательности применения видимого освещения. При этом, разумеется, необходимо использовать ик-осветители, одним из главных требований к которым является невидимость для глаза как излучения, так и самого излучателя.

## 9. Особенности конструкции и возможности применения прожекторов серии «Dominant InfraRed™»

Достоинствами наших прожекторов являются:

- Тщательно продуманная унифицированная конструкция допускает производить в нескольких базовых типоразмерах корпусов более пятисот типовых исполнений прожекторов, что позволяет наиболее оперативно реагировать на запросы потребителей и полностью оборудовать объекты прожекторами различной мощности в едином дизайне.

- В каком же стиле выпускаются прожекторы **Dominant White Light™** - белые и **Dominant Color Light™** – цветные для работы в составе систем архитектурной и ландшафтной подсветки.

- Дистанция освещения варьируется от 4 до 1600 метров с углами подсветки от 270° до 6°.

- Самая совершенная энергосберегающая технология получения направленного инфракрасного излучения. Применяются самые современные светодиоды с наивысшей единичной мощностью излучения, что позволяет

улучшить КПД прожектора, увеличить ресурс работы изделия и снизить тепловую нагрузку на радиатор охлаждения.

- Встроенный в корпус прожектора стабилизатор тока со сверхнизким проходным напряжением позволяет применять без ухудшения рабочих характеристик блоки питания с нестабилизированным выходными напряжениями DC12/24V. При этом возможно применение менее дорогих блоков питания, не предназначенных для эксплуатации при отрицательных температурах окружающей среды, размещенных в помещениях, находящихся на значительном удалении от прожекторов, либо использовать единый мощный источник питания для всей системы освещения объекта (лучше всего – с технологией ИБП (UPS)).

- Стабилизатор имеет встроенную защиту от несоблюдения полярности питающего напряжения и импульсных бросков напряжения до 50В. Точность стабилизации тока -  $\pm 1\%$ .

- Работа прожектора автоматизирована с помощью фотодатчика, включающего прожектор при уменьшении наружной освещенности менее установленного порога в 10 Люкс и выключающего прожектор при увеличении освещенности выше этого порога на 2-5 Люкс с задержкой в 20 секунд для защиты от влияния близко расположенной светодинамической рекламы или кратковременной засветки от фар автомобилей.

- Опционально порог срабатывания фотодатчика может быть перенастроен на другое значение освещенности в соответствии с требованиями заказчика.

- Кабель питания в двойной изоляции (ПВС 2х0,75), выходящий из прожектора через гермоввод, имеет длину 1,2м.

- При офисном (люминесцентном) освещении чувствительность фотодатчика не ухудшается.

- Опционально возможна установка термодатчика, снижающего мощность прожектора на 30% при аварийном перегреве радиатора выше  $+80^{\circ}\text{C}$  с переключением на полную мощность при снижении его температуры до  $+70^{\circ}\text{C}$ ,

- Опциональное наличие вывода от фотодатчика стандартного гальванически развязанного сигнала для принудительного переключения цветной видеокамеры в ночной черно-белый режим при включении прожектора.

- Опциональное наличие стандартного гальванически развязанного входа стробирования для возможности работы прожектора в импульсном режиме. Возможна поставка в комплекте блока выделения кадрового синхросигнала с регулятором длительности импульса и мощности самого импульса. Синхронизация происходит от видеосигнала видеокамеры или любого другого внешнего источника; также возможна синхронизация по встроенному задающему генератору, с параметрами, определяемыми Заказчиком.

- Опциональный вывод на корпус прожектора ручки ручной регулировки мощности.

- Применение внешнего или внутреннего AC/DC адаптора при питании от сети переменного тока 24В.

- Отсутствие радиочастотного шума позволяет без ограничений применять прожектор совместно с другой высокотехнологичной аппаратурой с максимально жесткими требованиями по электромагнитной совместимости.

- Низкая чувствительность электронных компонентов прожектора к электромагнитным излучениям позволяет ему работать в местах с высокой концентрацией электромагнитных полей – высоковольтных ЛЭП и подстанций.

- Типовой универсальный крепежный кронштейн-скоба - уже в комплекте.

- Применение специального крепежного кронштейна с адаптивным механизмом регулировки при инсталляции позволяет сдвигать и страивать

прожекторы одной модели в единую, значительно более мощную излучающую систему. Он помогает более гибко настраивать схему освещения объекта: радикально увеличивать секторы освещенности или многократно удлинять дистанцию подсветки при сохранении первоначальных углов, а также комбинировать параметр «угол-дальность» в зависимости от конкретной потребности.

- Примененный способ отвода тепла от светодиодов и герметизация корпуса позволяют использовать прожекторы при температуре окружающей среды от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

- Назначенный ресурс работы инфракрасных прожекторов при снижении мощности излучения до 70% от номинальной при коэффициенте использования 0.5 – не менее 8 лет, а прожекторов видимого диапазона – не менее 10 лет.

- Важным достоинством светодиодных прожекторов является отсутствие необходимости технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации.

- Применение высококачественных комплектующих и 100%-й входной контроль позволил увеличить гарантийный срок эксплуатации прожекторов до 3-х лет.

**Назначение.** Инфракрасный прожектор предназначен для всепогодной работы в составе системы видеонаблюдения для скрытой подсветки объектов в условиях, когда естественного освещения недостаточно для нормальной работы видеокамеры. Совместная работа прожектора возможна только с черно-белой или цветной видеокамерой, имеющей режим работы «день-ночь» без ИК коррекции. Для сохранения резкости изображения при работе с ИК подсветкой, видеокамера должна быть оборудована специальным объективом, приспособленным для работы в ближнем ИК диапазоне.

Заявленная дальность обнаружения обеспечивается при использовании черно-белой видеокамеры с чувствительностью ПЗС-матрицы не менее  $1,51^{-5}$  Вт/м<sup>2</sup> в ИК диапазоне 800 – 1000нм (что эквивалентно чувствительности 0,01Лк без ИК коррекции), при уровне выходного видеосигнала не менее 40 IRE, с объективом F1,2.

**Конструкция и принцип работы.** Инфракрасный прожектор содержит излучающую матрицу из мощных светодиодов со встроенной (**серия L**) или комбинированной (**серия P**) формирующей оптикой. Прожектор выполнен в корпусе из алюминиевого сплава. Задняя часть корпуса имеет развитую поверхность охлаждения в виде ребер. Расположенная на лицевой стороне светодиодная матрица закрыта инфракрасным светофильтром из специального пластика. Степень защиты прожектора - IP66.

**Соответствие стандартам безопасности и электромагнитной совместимости.** Изделия соответствуют ГОСТ Р 50009-2000 «Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства охранной сигнализации. Требования и методы испытаний.», ГОСТ Р МЭК 60065-2002 «Аудио-, видео- и аналогичная электронная аппаратура. Требования безопасности», стандарту EN60065:2001+Amd1 «Аудио-, видеоаппаратура и аналогичная электронная аппаратура: Требования безопасности и максимально допустимые пределы воздействия по IEC60825-1», а также директиве по электромагнитной совместимости 89/336/ЕЕС с изменениями 92/31/ЕЕС и 93/68/ЕЕС.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## П.1. Размеры светового пятна на объекте при различных углах подсветки



## П.2. Выбор ИК прожектора под необходимый тип объектива (для наиболее распространенного формата ПЗС матриц 1/3”).

Фокусное расстояние объектива, мм	Угол обзора, градусы	Модель прожектора	Макс. дальность обнаружения, м, для камер с чувствительностью 0,01лк	Ширина освещаемой зоны, м
1,8	120-140	P6-940-140	5	5
		P6-850-120	7	7
		P18-940-140	7	7
		P18-850-120	12	12
		P36-940-140	15	15
		P36-850-120	20	20
3,6	70	L56-850-70	12	12



		L126-850-70	20	20
		L252-850-70	40	40
		L420-850-70	60	60
4,9	50	L56-940-50	10	8,5
		L56-850-50	20	17
		L126-940-50	25	21
		L126-850-50	40	34
		L252-940-50	45	38
		L252-850-50	60	51
		L420-940-50	60	51
		L420-850-50	90	76
8	30	L56-940-30	20	11
		L56-850-30	30	16
		L126-940-30	35	19
		L126-850-30	60	32
		L252-940-30	55	30
		L252-850-30	80	43
		L420-940-30	90	48
		L420-850-30	150	80
16	15	L56-940-15	30	8
		L56-850-15	40	10,5
		L126-940-15	50	13
		L126-850-15	80	21
		L252-940-15	70	18,5
		L252-850-15	110	29
		L420-940-15	140	37
		L420-850-15	230	60
25	10	P6-940-10	80	14
		P6-850-10	120	21
		P18-940-10	200	35
		P18-850-10	350	61
		P36-940-10	300	52,5
		P36-850-10	500	87
50	6	P6-940-6	100	10,5
		P6-850-6	180	19
		P18-940-6	300	31,5
		P18-850-6	500	52
		P36-940-6	500	52
		P36-850-6	800	42

**Примечание:** Дальность подсветки указана в соответствии с заявленными паспортными данными на прожекторы серии IR.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гедзберг Ю.М. «Охранное телевидение»
2. Гуревич М.М. «Фотометрия. Теория, методы и приборы», 2-е изд. -Л.: Энергоатомиздат, 1983. -272 с.
3. Владо Дамьяновски «CCTV. Библия охранного телевидения», Пер. с англ. -М.: ООО «ИСС», 2002, -352 с.
4. Чертов А.Г. «Физические величины. Справочное пособие», -М.: Высш. шк., 1990. -335 с.
5. Аксененко М.Д., Бараночников М.Л. «Приемники оптического излучения. Справочник», - М.: Радио и связь, 1987. -296 с.
6. Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. "Телевидение", Изд-во "Связь" 1975.
7. Ткаченко А.П., Кириллов В.И., "Техника телевизионных измерений", изд-во "Вышэйшая школа", Минск, 1976, с. 46.

8. Уваров Н.Е. «Секреты высокой чувствительности ТВ камер». Журнал Алгоритм безопасности, №6, 2002.
9. Чура Н.И. «Инфракрасная подсветка при теленаблюдении», Журнал Специальная техника, №1, 2000.
10. Чура Н.И. «Мифы и реальность ночного видеонаблюдения», Журнал Специальная техника.
11. Куликов А.Н. «Реальная разрешающая способность телевизионной камеры», Журнал Специальная техника.
12. Олейник И.В. «Об особенностях применения ИК-прожекторов. Тест», Журнал Системы безопасности, Февраль-Март, 2005.