

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Информационно-измерительная техника  
и технологии»

К.Л. Тявловский  
Т.Л. Владимирова  
Р.И. Воробей

# СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

## ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методическое пособие  
для студентов специальности  
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»

Минск  
БНТУ  
2012

УДК 621.397 (075.8)

ББК 32.94я7

Т 99

Рецензенты:

*А.Л. Жарин, В.С. Колбун*

**Тявловский, К.Л.**

Т 99 Системы видеонаблюдения. Основы проектирования: методическое пособие для студентов специальности 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности» / К.Л. Тявловский, Т.Л. Владимирова, Р.И. Воробей. – Минск: БНТУ, 2012. – 48 с.

ISBN 978-985-525-813-2.

В краткой форме изложены правила проектирования систем охранного телевизионного видеонаблюдения (СТВН) применительно к автоматизированным и неавтоматизированным методам проектирования. Материалы методического пособия базируются на руководящих документах и ГОСТ Республики Беларусь и Российской Федерации. Приведенные сведения в большинстве случаев позволяют использовать данное пособие самостоятельно.

УДК 621.397 (075.8)  
ББК 32.94я7

ISBN 978-985-525-813-2

© Тявловский К.Л.,  
Владимирова Т.Л.,  
Воробей Р.И., 2012  
© БНТУ, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Системы телевизионного охранного телевидения (СТВН или CCTV – англ.) являются надежным средством обеспечения безопасности людей и объектов охраны. В силу возможности регистрации и анализа не только события преступления или чрезвычайного происшествия, но также событий до и после него, применение СТВН способствует раскрытию преступлений или расследованию причин чрезвычайных происшествий, и, в ряде случаев и их предупреждению. Угроза жизни людей и сохранности ценностей уменьшаются благодаря применению видеотехники для защиты промышленных предприятий, для наблюдения в торговых помещениях, для защиты и гарантии перевозки денег, защиты от вандализма и обеспечение сохранности частной собственности.

Однако эффективность систем видеонаблюдения, построенных с применением даже самого совершенного оборудования, в значительной степени определяется квалификацией создателей этих систем. Качественно выполненный проект должен содержать информацию о том, что и с какой детализацией будет видеть каждая видеокамера, какие области на объекте контролировать. Проект, содержащий схему расстановки камер, требующий многократных перестановок и замен объективов после окончания монтажа не может считаться удовлетворительным. В настоящее время процесс профессионального проектирования систем охранного телевидения значительно облегчается при использовании компьютерных программ 2-D и 3-D моделирования. Например, программа VideoCAD<sup>1</sup> позволяет создавать проекты на качественно новом уровне, недоступном без её применения, причём за значительно меньший промежуток времени.

Трёхмерные модели видеоизображений не являются обязательной частью проекта CCTV, всю необходимую для инсталляции системы информацию можно уместить на двухмерном плане. На двухмерном плане удобно выбирать положения и параметры видеокамер, работать с проекциями зон обзора и т.п. Однако возможность трёхмерного компьютерного моделирования изображений является полезной именно на этапах проектирования и согласо-

---

<sup>1</sup> CCTVCAD Software <http://cctvcad.com/rus>

ния проекта. Используя трёхмерное моделирование можно решать возникающие в процессе проектирования задачи наилучшим образом, с учётом сложных влияющих факторов. Например, в двух измерениях сложно учесть препятствия, закрывающие часть зоны обзора и особенности отображения объёмных объектов. Однако для учета этих факторов необходимо использовать адекватные 3-D модели и соблюдать правила их расстановки на объекте. При этом задача упрощается использованием большинства моделей, объединённых в библиотеки. Трёхмерное моделирование позволяет уже в процессе проектирования увидеть конечную информацию системы – изображения на мониторах. Эта информация значительно уменьшает вероятность появления в проекте дорогостоящих ошибок и позволяет выбрать размещение и параметры оборудования с большей точностью, а также находить новые нестандартные решения поставленных задач. Трёхмерное моделирование может значительно упростить работу, если проектируется система CCTV для здания, которое само пока является проектом.

Трёхмерное моделирование изображений с мониторов системы охранного телевидения делает взаимодействие с заказчиком более продуктивным. Модели изображений более информативны для неспециалиста (заказчика), чем только план расположения видеокамер с проекциями зон обзора. Трёхмерные модели изображений позволяют общаться с заказчиком на понятном ему языке, демонстрировать преимущества предлагаемого проекта перед проектом конкурентов, а также избежать разочарований из-за ограничений в разрешении изображения. Упрощается обоснование проекта: от количества и размещения видеокамер и мониторов до качественных параметров оборудования. Проект, включающий модели изображений на мониторах имеет преимущество в тендере.

Моделирование изображений на мониторах в реальном масштабе и качестве позволяет сделать выбор необходимого количества и параметров мониторов, а также обеспечить высокое качество проектирования рабочего места оператора. В выходной информации системы видеонаблюдения при компьютерном моделировании присутствуют не менее двух видов изображения от каждой видеокамеры, имеющие в общем случае разную информативность. Изображение первого вида сохраняется в памяти и может быть использовано для последующего анализа. Изображение второго вида видит опе-

ратор на мониторе во время оперативной работы. На полиэкранном мониторе это изображение может иметь небольшой размер и информативность. Программа VideoCAD позволяет моделировать как сохраняемое изображение от каждой видеокамеры, так и полиэкранные мониторы целиком.

В пособии рассматриваются некоторые вопросы особенностей проектирования с использованием автоматизированных и не автоматизированных методов проектирования систем охранного телевидения без учета особенностей характеристик различных типовых объектов охраны. Дополнительные сведения, относящиеся к учёту особенностей различных объектов охраны, приведены в пособии [1]. Как и [1] настоящее пособие является учебным и распространяется на телевизионные системы видеонаблюдения (ТСВ) охранного телевидения, устанавливаемые на объектах различных форм собственности, охраняемых или подлежащих передаче под охрану подразделениям объединения "Охрана" при МВД Республики Беларусь на территории Республики Беларусь и используемых работниками этих подразделений для выполнения задач по охране объектов.

# 1 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Хотя общие принципы проектирования систем охранного телевидения (СОТ) при "ручном" и компьютерном моделировании одинаковы [1–3], но особенности человеческого восприятия графических изображений и моделирования объемных объектов средствами встроенных в программы конструирования систем охранного телевидения математических пакетов обуславливают различные подходы к средствам и объектам проектирования. Далее рассматриваются некоторые особенности проектирования систем охранного телевидения применительно к использованию программы VideoCAD [4]. Отметим, что указанные особенности характерны и при использовании других программных пакетов. При использовании многих программ проектирования систем охранного телевидения в меню выбора критериев и режимов СОТ приводятся ссылки на рекомендации различных ведомств. Также в меню настройки критериев можно выставить значения параметров по выбору. Однако, если точные требования к значениям параметров настраиваемого критерия неизвестны, то предпочтительно выбирать "Рекомендации Британского МВД" (рисунок 1.1).

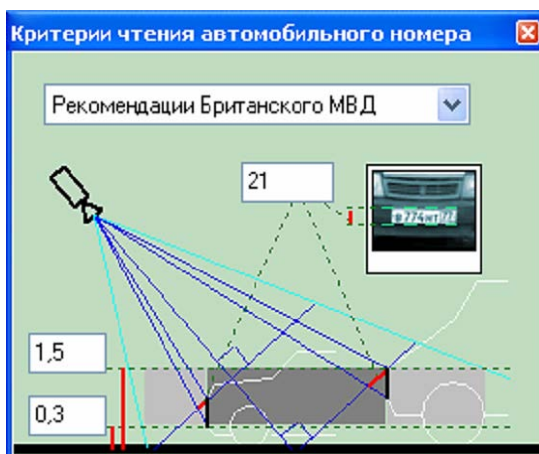


Рисунок 1.1 – Изображение на экране монитора зоны обзора

Это обусловлено тем, что СОТ впервые получили широкое распространение в Великобритании, в частности, в Лондоне. В настоящее время Лондон является самой "видеонаблюдаемой" столицей, а Британское МВД имеет самый большой опыт проектирования и эксплуатации СОТ. Параметры СОТ руководящих документов РФ и РБ основаны на рекомендациях Британского МВД.

### 1.1 Зона обзора видеокамеры

Зона обзора видеокамеры – это трёхмерная геометрическая фигура в виде пирамиды (рисунок 1.2) с вершиной, исходящей из объектива видеокамеры. Причём соотношение сторон основания пирамиды в сечении перпендикулярном оси направления камеры, в соответствии с телевизионным стандартом, равно 4 : 3.

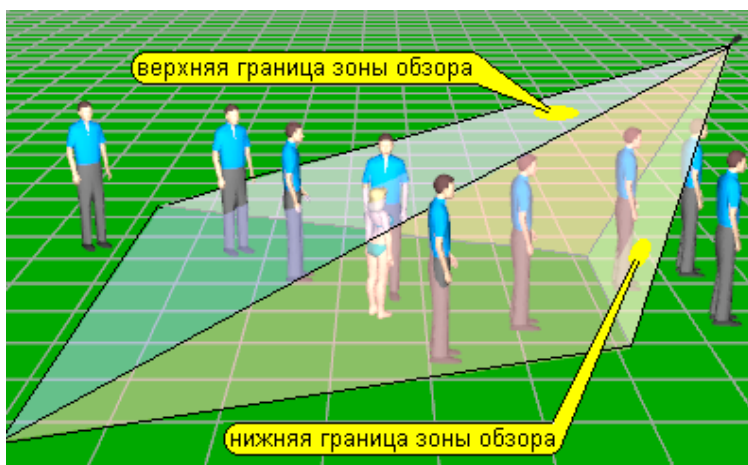


Рисунок 1.2 – Формирование зоны обзора видеокамеры

Все предметы (или части предметов), попадающие внутрь этой пирамиды будут видны на экране монитора (рисунок 1.3). Предметы, не попадающие внутрь пирамиды, видны не будут. Зона обзора может быть как бесконечной, так и ограниченной землёй и другими предметами. Кроме того, зона обзора ограничена двумя плоскостями, удалёнными от камеры на расстояния ближней и дальней границы резко отображаемого пространства (рисунок 1.4).

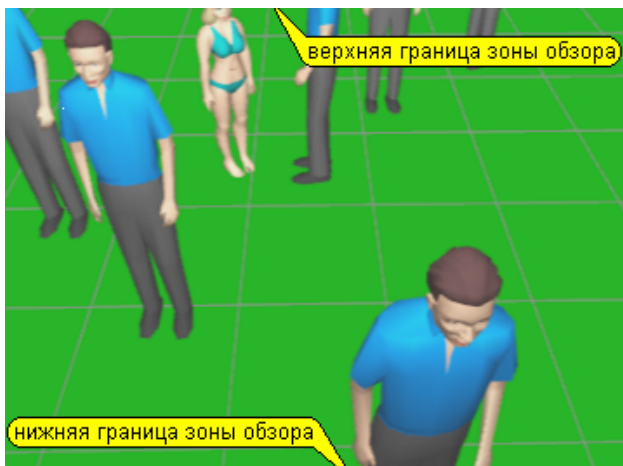


Рисунок 1.3 – Изображение на экране монитора зоны обзора

В системах автоматизированного проектирования (VideoCAD и др.) углы между гранями зоны обзора автоматически вычисляются исходя из фокусного расстояния объектива и формата видеосенсора камеры. В то же время, в режиме "ручного" проектирования эти вычисления производятся с применением специальных таблиц или калькуляторов [2, 3].

Таким образом, в системе компьютерного проектирования СОТ, задав фокусное расстояние объектива и формат видеосенсора, можно автоматически полностью определить форму и размер зоны обзора. Верхнюю грань этой пирамиды, соответствующую верхней границе изображения на мониторе, называют верхней границей зоны обзора. Нижнюю грань пирамиды, соответствующую нижней границе изображения на мониторе, – нижней границей зоны обзора (рисунки 1.2, 1.5).

Проектировать системы видеонаблюдения намного удобнее и быстрее в двухмерном, чем в трёхмерном пространстве. Этим также объясняется отсутствие широкого использования в практике проектирования систем видеонаблюдения видеонаблюдении программ трёхмерного моделирования, а также распространенное ранее представление зоны обзора в виде треугольника или прямоугольника. Таким образом, зону обзора целесообразно представлять в виде двухмерной фигуры.



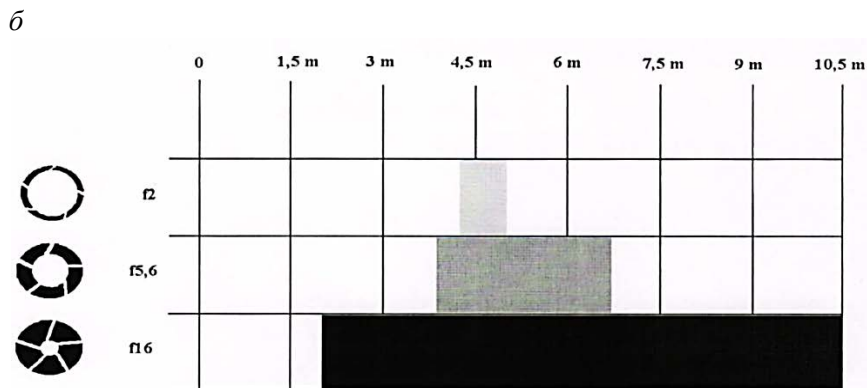
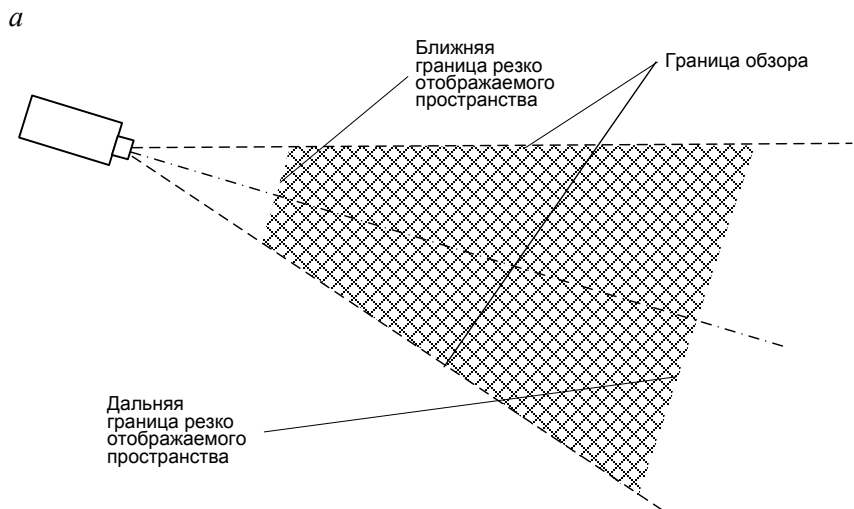


Рисунок 1.4 – Формирование зоны обзора видеокамеры с учетом глубины резкости:

*a* – формирование зоны обзора видеокамеры;

*б* – зависимость глубины резкости от апертуры объектива

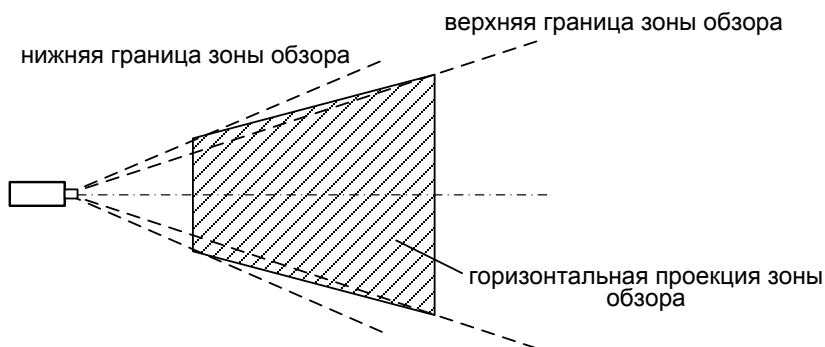


Рисунок 1.5 – Проекция зоны обзора на горизонтальную плоскость

При проектировании можно получить горизонтальную и вертикальную проекции зоны обзора, однако в процессе проектирования чаще используется горизонтальная проекция, то есть проекция на план местности. Необходимо помнить, что углы обзора в вертикальной и горизонтальной плоскостях различны, и для стандартного формата находятся в отношении 3:4. Обычно при разработке проекта представляет интерес не вся зона обзора, а только её часть в определённом диапазоне высот. Если спроецировать полученное сечение пирамиды в заданном диапазоне высот на горизонтальную плоскость, то мы получим горизонтальную проекцию зоны обзора (рисунок 1.4). Горизонтальная проекция зоны обзора определяется следующими основными параметрами:

- высота нижней границы зоны обзора;
- высота верхней границы зоны обзора;
- расстояние до верхней границы зоны обзора.

Из рисунков 1.2, 1.5 ясен смысл параметров "высота нижней границы зоны обзора" и "высота верхней границы зоны обзора". Изменяя значения этих высот, мы получим разные размеры проекции, причём любой предмет, находящийся по высоте между этими границами и на горизонтальной плоскости в пределах полученной в результате проекции зоны обзора будет виден на экране монитора СОТ (СТВН).

В программах автоматического проектирования удобнее пользоваться параметрами "высота нижней границы зоны обзора" и "высота верхней границы зоны обзора", а не ось направления, углы обзо-

ра в вертикальной и горизонтальной плоскостях, как при "ручном", не автоматическом, проектировании.

Например, если нас интересует наблюдение за людьми, не пытающимися скрыться от наблюдения, достаточно установить высоту нижней границы зоны обзора = 1 м, высоту верхней границы – 2 м. Если возможно пересечение контролируемой области ползком, то нижняя граница должна быть опущена до нуля. Если необходимо наблюдение за грузовыми автомобилями, то высота верхней границы должна быть поднята до высоты автомобиля.

Последний параметр, который необходимо определить, это расстояние до верхней границы зоны обзора. Из рисунка 1.5 видно, что это проекция на горизонталь расстояния от камеры до точки пересечения верхней границы зоны обзора с высотой верхней границы зоны обзора, которую мы ранее задали. Хотя зона обзора может быть бесконечной, нас, как правило, интересует наблюдение не только в диапазоне высот от нижней до верхней границы зоны обзора, но и до определённого расстояния. Это расстояние и будет являться расстоянием до верхней границы зоны обзора в данном положении камеры.

При заданных значениях высоты верхней границы зоны обзора, расстояния до верхней границы зоны обзора и высоте видеокамеры, оптимальное для наблюдения до заданной высоты и заданного расстояния положение камеры полностью определено. Причем не требуется вводить никакие другие параметры, например угол наклона. Таким образом, для получения размеров и положения проекции зоны обзора относительно видеокамеры, в программе компьютерного моделирования СОТ необходимо задать следующие параметры:

- размер видеосенсора и фокусное расстояние объектива видеокамеры;
- высоту установки видеокамеры;
- высоты верхней и нижней границ зоны обзора;
- расстояние до верхней границы зоны обзора.

Все остальные параметры проекции зоны обзора программа компьютерного моделирования (VideoCAD) автоматически рассчитывает и представляет проекцию в графическом виде и, при необходимости, в виде 3D модели.

При этом в программе достаточно задать указанные начальные параметры, разместить видеокамеру с проекцией зоны обзора на плане объекта, и прямо на плане мы увидим область, находящиеся в которой предметы будут видны на мониторе. Задавая параметры зоны обзора, мы тем самым получаем и оптимальное положение камеры. Зоны обнаружения, опознавания и идентификации рассчитываются автоматически независимо для полученного положения камеры.

## **1.2 Параметры зон обзора видеокамеры**

Встроенные в VideoCAD, и другие программные продукты, алгоритмы могут применяться для расчёта зон обнаружения, опознавания или идентификации не обязательно человека, но и других объектов наблюдения, например, автомобильного номера. Принципы расчёта параметров зон для разных объектов универсальны.

Опознавание и обнаружение имеют вероятностный характер, то есть в большинстве случаев объект может быть реально опознан или обнаружен лишь с какой-то вероятностью, не равной 100%. Таким образом, можно говорить лишь о значительно большей вероятности обнаружения и опознавания в зонах, рассчитанных программой моделирования СОТ по отношению к остальной части зоны обзора камеры. Абсолютно точно рассчитать эту вероятность невозможно из-за многообразия и сложности моделирования влияющих факторов, включая человеческий фактор. Но, выбирая значения критериев опознавания и обнаружения, мы можем получить зоны разного размера с большей или меньшей вероятностью обнаружения и опознавания.

### *1.2.1 Зона опознавания человека*

Зона опознавания человека – часть зоны обзора камеры, в которой выполняются все критерии опознавания человека. Если лицо человека появляется в зоне опознавания человека, – человек может быть опознан с повышенной вероятностью. Используются следующие критерии опознавания человека:

- минимальная высота опознавания;
- максимальная высота опознавания;

- минимальный вертикальный размер изображения лица (пикселей);
- максимальный угол между направлением на камеру и горизонталью.

При моделировании все критерии можно изменять, тем самым адаптируя автоматический расчёт зоны опознавания человека к текущим требованиям. Высота лица человека при расчётах принимается равной 0,2 м.

Значения этих критериев зависят от роста опознаваемых, рельефа, особенностей пересечения зоны обзора и т.п. В обычных условиях достаточно установить значения 1,3 м для минимальной и 2 м для максимальной высоты опознавания, что соответствует опознаванию стоящих или идущих людей ростом от 1,5 до 2 метров.

Следующим условием опознавания является достаточная подробность отображения лица. Данный критерий устанавливает минимально допустимый размер изображения лица на экране, необходимый для опознавания. Существуют различные рекомендации, которые могут использоваться при выборе значения данного критерия.

Согласно рекомендациям Британского МВД (Guidelines for identification, <http://www.cctv-information.co.uk>), для опознавания известного оператору человека его изображение должно занимать не менее 50% вертикального размера экрана; для идентификации неизвестной личности размер изображения человека должен быть не менее 120% размера экрана (то есть человек целиком не помещается на экране). Если принять, что лицо человека занимает около 12% от его роста, и то, что рекомендации разрабатывались для аналогового видео с 576 строками по вертикали (принятый в РБ и РФ стандарт PAL), то получатся следующие значения критерия:

для опознавания знакомого человека –  $50/100\% * 12/100\% * 576 = 35$  пикселей;

для опознавания незнакомого человека –  $120/100\% * 12/100\% * 576 = 83$  пикселя.

Согласно рекомендациям Р 78.36.008–99, для идентификации объекта одна ТВ-линия на экране должна перекрывать не более 2 мм на реальном объекте. Для горизонтального разрешения кадра, равного 400 твл, это соответствует размеру поля зрения по вертикали:  $2 * 400 * (3/4) / 1000 = 0,6$  м. Вертикальный размер изображения

лица 0,2 м составляет 33% от вертикального размера поля зрения. Таким образом, для 576 строк, значение критерия согласно Р 78.36.008–99 равно  $33/100\% * 576 = 190$  пикселей.

Стандартные, типовые рекомендации являются усреднёнными, противоречивыми и многого не учитывают. Оптимальное для конкретной задачи значение этого критерия может значительно от них отличаться. Окончательный выбор значения критерия остаётся за проектировщиком и выбирается исходя из параметров системы и задач, стоящих перед ней.

Методика определения критериев опознавания человека по реальному изображению исходя из имеющегося образцового кадра от используемой видеосистемы позволяет учесть намного больше параметров видеоизображения, чем готовые рекомендации, а также получить модель изображения лица в граничных положениях зоны опознавания человека для согласования с заказчиком.

При выборе значения этого критерия необходимо учитывать как качество видеоизображения, так и требования к вероятности опознавания. Так как опознавание, как правило, осуществляется по записанному изображению, необходимо учитывать качество именно записанных кадров, после компрессии. Компрессия значительно ухудшает возможности опознавания, так как записанное изображение является интерполированным (параметры каждого пикселя вычисляются с учетом ближайших пикселей) и искажаются малые перепады яркости. Поэтому данный критерий нельзя свести лишь к количеству ТВ-линий, определённых по тестовой таблице, которые укладываются в размере лица.

Хотя данный критерий, также как и другие, очерчивает зону опознавания на плане чёткой линией, необходимо понимать, что вероятность опознавания снижается плавно, особенно в случае использования длиннофокусных объективов.

Опознавание значительно затрудняется в случае, когда лицо человека отображается на экране под большим углом, несмотря на то, что размер изображения лица на экране удовлетворяет требованиям предыдущего критерия. Если люди на экране появляются в головных уборах, или смотрят под ноги, например, на лестнице, то опознавание затрудняется дополнительно. Для людей без головных уборов рекомендуемое значение – 35–45 градусов.

### 1.2.2 Зона чтения автомобильного номера

Зона чтения автомобильного номера – часть зоны обзора, в которой выполняются все критерии чтения автомобильного номера. Если автомобильный номер появляется в зоне чтения автомобильного номера, – он может быть прочитан и распознан (рисунок 1.6)



Рисунок 1.6 – Чтение автомобильного номера

Расчёт зоны чтения автомобильного номера похож на расчёт зоны опознавания человека. Высота номера при расчётах принимается равной 0,1 м.

Критерий минимальный вертикальный размер изображения номера (пикселей) похож по смыслу на критерий "минимальный вертикальный размер изображения лица (пикселей)" при опознавании человека.

Согласно рекомендациям Британского МВД, для чтения номера легкового автомобиля, изображение автомобиля должно занимать не менее 50% вертикального размера экрана. Если принять, что средняя высота легкового автомобиля составляет около 1,4 м, а высота номера равна 0,1 м, то получим значение критерия –  $0,1 / (1,4 / 50) * 576 / 100\% = 21$  пиксель.

Кроме качества изображения, оптимальное значение для этого критерия зависит от размера знаков на номере, которые необходимо распознать.

### 1.2.3 Зона обнаружения человека

Зона обнаружения человека – часть зоны обзора, в которой выполняются все критерии обнаружения человека. Если человек появляется в зоне обнаружения человека, – он может быть обнаружен с повышенной вероятностью. Предполагается, что для обнаружения человека достаточно, чтобы на экране появилась любая часть его тела. Таким образом, если человек попадёт в пределы проекции зоны обнаружения человека, то какая-либо часть его тела появится на экране (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Решение задачи обнаружения человека

При расчёте зоны обнаружения человека обнаруженным считается человек, любая часть тела которого попадёт в диапазон высот, заданный критериями диапазона высот. Оптимальные значения для этих критериев мало зависят от качества изображения, но могут зависеть от роста опознаваемых, рельефа, особенностей пересечения зоны обзора и т. п. Рекомендуемый для обычных условий диапазон 0,3–1,5 м. Ограничение снизу связано с тем, что ноги человека движутся относительно быстро и занимают небольшую площадь на экране.

Согласно рекомендациям Британского МВД, для обнаружения человека его изображение должно занимать не менее 10% вертикального размера экрана. Учитывая используемый в рекомендациях рост человека – 1,6 м, и то, что рекомендации разрабатывались для аналогового видео с 576 строками по вертикали, получаем предель-



ный вертикальный размер поля зрения – 16 м и предельное вертикальное разрешение  $576/16=36$  пикселей/метр.

При самостоятельном выборе значения критерия необходимо учитывать следующие факторы, влияющих на вероятность обнаружения:

- разность контраста между человеком и фоном, которая может меняться в значительных пределах в течение суток, зависит от времени года, цвета одежды человека, освещения;

- реальные условия наблюдения: размер экрана, а также количество экранов, контролируемых одним оператором, так как обнаружение производится в режиме живого наблюдения оператором;

- возможности детектора движения, используемого в СОТ.

### **1.3 Преимущества трёхмерного моделирования**

Трёхмерные модели видеоизображений не являются обязательной частью проекта СОТ при компьютерном моделировании, так как всю необходимую для инсталляции системы охранного телевидения информацию можно разместить на двухмерном плане. На двухмерном плане удобно выбирать положения и параметры видеокамер, работать с проекциями зон обзора и т.п. Однако возможность трёхмерного моделирования изображений является особенно полезной именно на этапах проектирования, общения с заказчиком и согласования проекта.

Используя трёхмерное моделирование можно решать возникающие в процессе проектирования задачи с учётом сложных влияющих факторов. Например, в двух измерениях сложно учесть препятствия, закрывающие часть зоны обзора и особенности отображения объёмных объектов.

Трёхмерное моделирование позволяет уже в процессе проектирования увидеть конечную информацию системы – изображения на мониторах. Эта информация позволяет избежать дорогостоящих ошибок и позволяет оптимально выбрать размещение и параметры оборудования, а также найти новые нестандартные решения поставленных задач. Моделирование изображений на мониторах в реальном масштабе и качестве обеспечивает выбор необходимого количества и параметров мониторов, а также помогает в проектировании рабочего места оператора. Программы компьютерного

проектирования СОТ (VideoCAD) позволяют моделировать как сохраняемое изображение от каждой видеокамеры, так и полиэкранные мониторы целиком.

Трёхмерное моделирование значительно упрощает работу, если проектируется система СОТ для здания, которое само пока является проектом. Упрощается обоснование проекта: от количества и размещения видеокамер и мониторов до качественных параметров оборудования.

Моделирование изображений делает взаимодействие с заказчиком намного более продуктивным. Модели изображений информативнее для неспециалиста, чем только план расположения видеокамер с проекциями зон обзора. Трёхмерные модели изображений позволяют общаться с заказчиком на понятном ему языке, продемонстрировать преимущества предлагаемого проекта перед проектом конкурентов, а также избежать разочарований из-за ограничений в разрешении изображения.

Использование автоматизированных средств проектирования, готовых библиотек оборудования, объектов, критериев, и т.п. позволяет переложить рутинную работу на программу моделирования, оставляя проектировщику лишь творческую часть. При этом программы 2D/3D моделирования систем охранного телевидения не требуют от проектировщика специальных знаний в области трёхмерного моделирования. Фактически, проектировщику вообще не приходится работать в трёхмерном пространстве, все построения выполняются на привычной плоскости. В тоже время, автоматически программой создаётся трёхмерная модель обстановки.

Обычно в программах 2D/3D моделирования систем охранного телевидения отсутствуют сложные инструменты моделирования оптических свойств материалов, различных трёхмерных визуальных эффектов и т. п. В тоже время глубоко проработано все, что касается видеокамер и моделирования их изображений с учётом разрешения, чувствительности и типичных искажений изображения в СОТ.

Для того, чтобы видеть как будет выглядеть в кадре на мониторе СОТ человек, автомобиль или другой сложный предмет в программе имеется библиотека готовых 3D моделей, которую можно пополнять самостоятельно. Так как непосредственно для проектирования используются двухмерные планировки, имеются инструменты для быстрого перехода от двухмерной планировки к трёхмерной модели.

Возможно моделирование глубины резкости и ограниченной видимости при известной метеорологической дальности видимости, которую можно узнать из сводки погоды. Имеются инструменты моделирования полномасштабных полиэкранных мониторов с изображениями от нескольких видеокамер. Загружая разные видеокамеры можно получить модели изображения от них с учётом параметров конкретного оборудования. Если настройка на вкладке "Обработка" производилась по параметрам записанного изображения, то данные модели имеют именно качество записанных кадров (рисунок 1.8). На рисунке 1.8 приведен не кадр целиком, а около четверти кадра. Качество левого фрагмента соответствует качеству записи среднего цифрового регистратора, который вводит видеосигнал полукадрами (полями) при среднем уровне компрессии или аналогового видеомагнитофона с мультиплексором



Рисунок 1.8 – Фрагмент модели изображения в реальном масштабе с учётом реального качества записанных кадров (слева) и фрагмент модели изображения без учёта реального качества (справа)

Возможно моделирование изображений при недостаточном освещении с учётом параметров камеры и объектива, а также параметров освещения и светильников, включая разрядные лампы и инфракрасные осветители.

## **2 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ ОБЪЕКТА**

Большинство наружных систем видеонаблюдения призвано выполнять поставленные задачи круглосуточно. Однако изображения от камер в ночное время могут значительно отличаться от изображений, получаемых днём. Качество изображения в ночное время определяется в первую очередь освещением сцены и чувствительностью камер. Необходимость использования дополнительного освещения и требования к чувствительности существенно влияют как на начальную стоимость системы видеонаблюдения, так и на стоимость её эксплуатации. Кроме того, требования к чувствительности для ночного времени могут вступать в противоречие с требованиями к цветности и разрешению камер для дневного времени. Таким образом, расчёт работы системы видеонаблюдения в ночное время является необходимым.

Программы компьютерного моделирования СОТ предлагают инструменты, позволяющие решать многие задачи проектирования освещения в системах телевизионного наблюдения. Программные инструменты основаны на светотехнических и радиометрических закономерностях, а также на параметрической модели камеры, включающей модель ПЗС матрицы и большинства систем реальных видеокамер. Входной информацией для моделирования освещения являются условия сцены и параметры оборудования, приведённые в спецификациях производителей. На случай завышения чувствительности камер в спецификации, предлагаются инструменты и методики её практического измерения. На выходе моделирования формируются модели изображений от камер.

### **2.1 Основные параметры светотехники**

Для грамотного расчёта и моделирования освещения в СОТ необходимы начальные знания из светотехники и понимание смысла параметров, которыми определяется чувствительность камеры. На рисунке 2.1 приведен простой пример формирования освещенности сцены наблюдения. В поле зрения камеры, освещённом светильником, находится объект. Электрическая энергия в лампе пре-

образуется в свет. Свет лампы переотражается внутри светильника и излучается наружу. Излучённый свет падает на объект. Часть света отражается от объекта в сторону камеры. Часть отражённого света попадает через объектив на видеосенсор камеры и формирует на нём изображение. Полученное изображение обрабатывается схемой камеры, преобразуется в видеосигнал и передаётся далее по каналу связи.

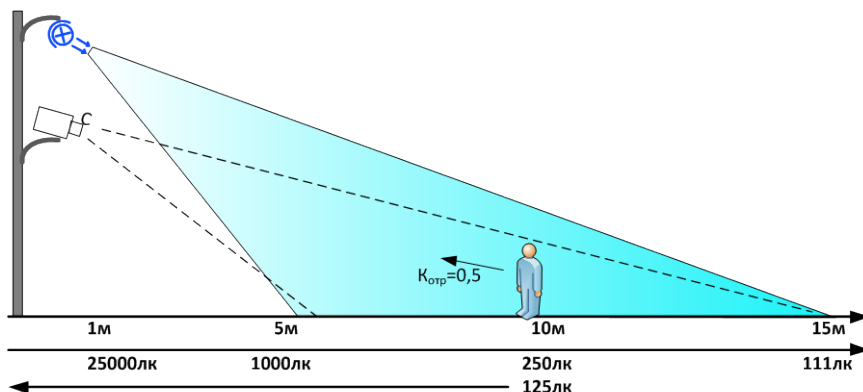


Рисунок 2.1 – Связь между удаленностью, освещенностью и силой отраженного света

Лампа служит для преобразования электрической мощности (измеряется в ваттах) в световой поток (измеряется в люменах (лм)). Световой поток можно рассматривать как мощность света. Световой поток и электрическую мощность лампы можно узнать из справочника. Эффективность лампы как источника света определяется её световой отдачей. Световая отдача  $\eta = \Phi_{л}/P_{л}$  представляет собой отношение излучаемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности.

Разные типы ламп имеют различную световую отдачу. Например, обычная лампа накаливания мощностью 60 Вт излучает световой поток 750 люмен. Световая отдача лампы равна  $750/60 = 12,5$  люмен/ватт. Световая отдача ламп накаливания в диапазоне от 25 до 1000 Вт составляет примерно от 9 до 19 лм/Вт. Как правило, чем выше мощность лампы накаливания, тем выше её световая отдача. Намного большей световой отдачей обладают газоразряд-

ные лампы. Например, световая отдача натриевой лампы SOX 180 составляет 170 люмен на ватт.

Однако, при выборе лампы нельзя ориентироваться лишь на световую отдачу. Имеют значение стоимость лампы, стоимость пуско-регулирующего оборудования, индекс цветопередачи, срок службы, параметры светильников которые допускают установку лампы данного типа и др. Для систем охранного телевидения необходимо учитывать также спектральную эффективность излучения для разных типов видеосенсоров. Учёт спектральной эффективности необходим также и для чёрно-белых камер и камер день-ночь, так как спектральная чувствительность видеосенсоров таких камер значительно отличается от спектральной чувствительности глаза человека и люксомера. Свет газоразрядных ламп с большой световой отдачей обладает меньшей спектральной эффективностью, чем свет ламп накаливания.

Типичный осветитель состоит из лампы (или нескольких ламп) и световой арматуры из отражателей, специальных стёкол и т.п. (рисунок 2.2). Излучаемый лампой световой поток переотражается внутри светильника и излучается наружу. Большая часть светового потока излучается в пределах ограниченного угла. Угол излучения осветителя определяется по падению силы света на 50% относительно силы света по оси излучения. Часть светового потока поглощается внутри светильника, часть излучается за пределами угла излучения. Отношение излучаемого светового потока осветителя к полному световому потоку ламп, установленных в светильнике, представляет собой КПД осветителя. КПД уличных осветителей с углом излучения 60–180 градусов составляет 50–90 %. Как правило, чем меньше угол излучения, тем меньше КПД. Проектора с углом излучения менее 20 градусов имеют КПД около 20% и менее. КПД иногда приводится в справочных данных осветителей, но больше информации можно получить из кривых распределения силы света КСС.

Сила света измеряется в канделах (кд). Одна кандела соответствует световому потоку в один люмен, излучаемому в пределах телесного угла равного одному стерadianу. Стерadian (ср.) – единица измерения телесного (объёмного) угла. Телесный угол в один стерadian вырезает на сфере поверхность, площадь которой равна квадрату радиуса этой сферы (рисунок 2.3). Полная сфера занимает  $4\pi$  стерadian.

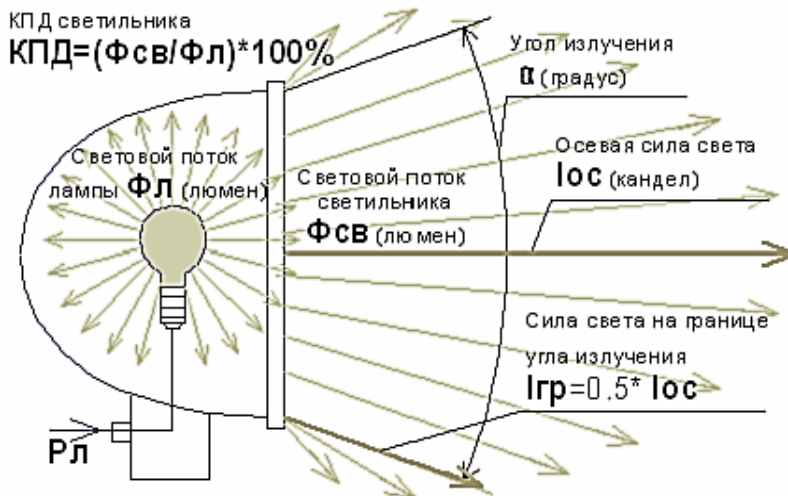


Рисунок 2.2 – Формирование основных параметров осветителя

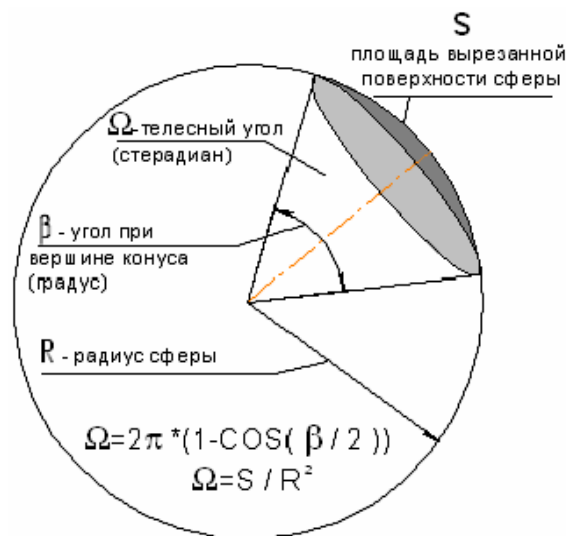


Рисунок 2.3 – Формирование геометрических параметров светотехники.  
 Телесный угол

Например: Световой поток лампы равен 1000 лм. Если лампа излучает с одинаковой силой во всех направлениях, то средняя сила света лампы будет равна  $1000/(4 \cdot 3,14) = 80$  кандел. Но если лампа установлена в светильник (КПД светильника 60%) и весь световой поток будет сконцентрирован светильником в телесном угле 1,5 стерadians, то средняя сила света в пределах этого угла будет  $1000/1,5 \cdot 0,6 = 400$  кандел.

Распределение силы света в пределах угла излучения, как правило, неравномерно. Для светильников в спецификации обычно приводится осевая сила света, то есть сила света по оси конуса излучения. Распределение светового потока реальных светильников в разных направлениях неравномерно.

Плотность светового потока в определённом направлении называется силой света. Реальные светильники имеют сложное пространственное распределение силы света, которое нельзя характеризовать лишь углом излучения и осевой силой света. В справочных данных светильников приводятся кривые силы света (КСС), отображающие распределение силы света в зависимости от угла в одной или нескольких плоскостях (рисунок 2.4). КСС некоторых светильников имеет довольно сложную форму, но в практическом моделировании допустимы упрощения. Многие светильники допускают установку ламп разного типа. Поэтому КСС обычно приводятся для условной лампы, излучающей полный световой поток 1000 люмен.

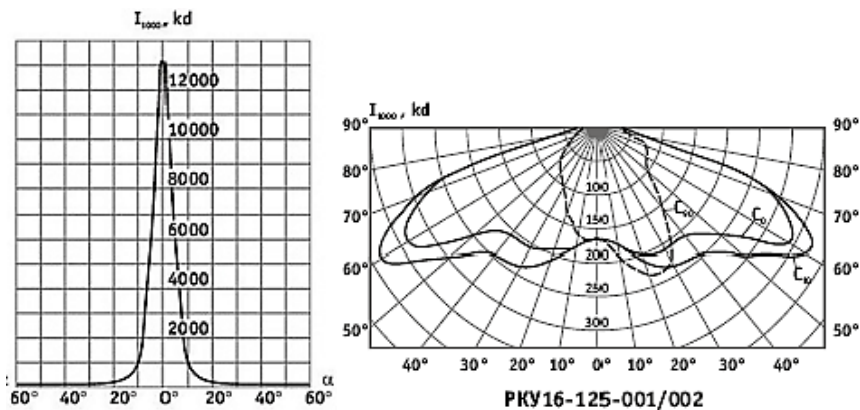


Рисунок 2.4 – Кривые силы света осветителя



Чтобы узнать реальную силу света в некотором направлении, необходимо разделить силу света в этом направлении, полученную из КСС на 1000, и умножить на полный световой поток установленных в светильник ламп.

Например: Суммарный световой поток ламп в светильнике  $\Phi_l = 3000$  лм. В этом случае значение силы света, полученное из КСС (с лампой 1000 лм) надо умножать на 3.

Из реальных КСС следует, что распределение силы света не круглосимметрично. Горизонтальный угол обычно больше вертикального. Это усложняет задачу, т.к. программы моделирования СОТ позволяют точно моделировать одной моделью лишь круглосимметричные распределения силы света. Сложные распределения можно смоделировать несколькими моделями либо принять упрощения, в зависимости от условий задачи. В большинстве случаев упрощения вполне допустимы.

Таким образом, зная тип лампы, можно узнать световой поток лампы и учесть спектральную эффективность излучения для разных видеосенсоров. Имея КСС светильника, можно узнать, с какой силой света в каком направлении будет излучать этот светильник. Из силы света можно вычислить освещённость, создаваемую светильником на любом расстоянии.

**Яркость** источника или отражающей поверхности – это отношение силы света  $I$  к площади  $S$  светящейся поверхности

$$B = I / S \text{ [кд/м}^2\text{]}.$$

В таблице 2.1 приведены оценки яркости различных первичных источников света.

**Световым потоком** называется произведение силы света  $I$  на величину  $\Omega$  телесного угла:

$$\Phi = I \cdot \Omega \text{ [лм]}.$$

**Освещенность** (*illuminance*) определяется световым потоком  $\Phi$ , падающим на единицу площади освещаемой поверхности:

$$E = \Phi / S \text{ [лк]}.$$

Освещенность в 1 люкс достигается, когда световой поток в 1 люмен (лм) облучает площадь в 1 кв. м., то есть освещенность убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника (рисунок 2.5).

Таблица 2.1 – Яркость первичных источников света

Источник	Яркость, кд/см <sup>2</sup>
Ночное небо	$10^{-7}$
Облачное небо	до 0,3
Голубое небо	до 1
Луна	0,25
Солнце у горизонта	600
Солнце в полдень	до 150 000
Люминесцентная лампа	0,4
Пламя свечи	до 0,1
Вольфрамовая лампа накаливания матовая	5...40
Вольфрамовая лампа прозрачная	200...3 000
Электрическая дуга	до 18 000
Ртутная лампа высокого давления	25 000...150 000
Ксеноновая лампа высокого давления	50 000...1 000 000



Рисунок 2.5 – Убывание освещенности сцены с увеличением расстояния от источника света

Различные источники будут создавать разную освещенность объектов, находящихся в поле зрения телекамеры (таблица 2.2). Освещенность в помещении составляет обычно от единиц до сотен и тысяч люкс.

Таблица 2.2 – Типичные уровни освещенности в помещении

Объект	Диапазон освещенности, лк
Жилые помещения	40...150
Общее освещение производственных помещений	20...300
Местное освещение производственных помещений	100...5 000
Переходы, лестницы	15...30
Улицы и площади	3...30
Дворы	3...15

## 2.2 Использование осветителей в СОТ

Спектральную чувствительность цветных камер с помощью фильтров согласуют с спектром чувствительности человеческого глаза. Однако черно-белые камеры чувствительны и в ближнем ИК-диапазоне, не видимом для человека. Человеческим глазом воспринимается электромагнитное излучение с длиной волны от 380 до 760 нм, причем в условиях низкой освещенности (ночное зрение) максимум спектра чувствительности человеческого глаза несколько смещается в коротковолновую область. Существенно изменяются условия зрительного восприятия с изменением силы света:



$> 10^5$  кд/м<sup>2</sup>

ослепление



от  $10^2$  до  $10^5$  кд/м<sup>2</sup>

"дневное" зрение  
(оптимальное цветовое восприятие)



от  $10^{-2}$  до  $10^2$  кд/м<sup>2</sup>

переход с "дневного" на "ночное" зрение, адаптация спектральной чувствительности глаза к изменяющемуся спектру источника света при изменении его интенсивности



$< 10^{-2}$  кд/м<sup>2</sup>  
восприятие теряется

"ночное" зрение, цветковое



$< 10^{-6}$  кд/м<sup>2</sup>  
возможна ориентация, теряется различение формы предметов

возможна ориентация, теряется различение формы предметов

При наружном видеонаблюдении прожекторы обычно устанавливают в направлении зоны обзора камеры. Создаваемая прожектором освещенность снижается квадратично увеличению дальности (рисунок 2.1, 2.6). Причем объект наблюдения отражает в направлении камеры только часть светового потока. При проектировании следует стремиться к равномерному освещению в зоне обзора видеокамеры (рисунок 2.6). Следует также учитывать угловое распределение силы света в зоне излучения (КСС осветителя).

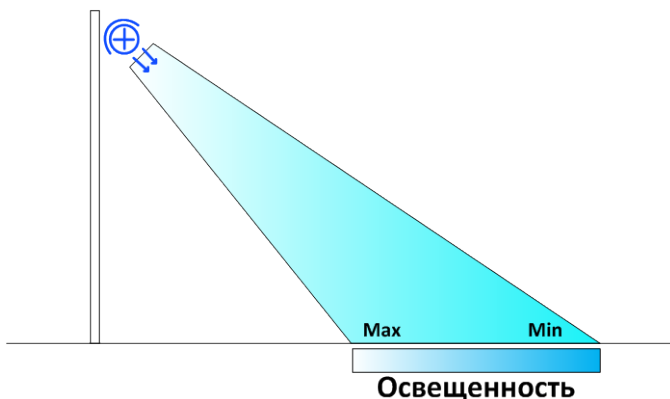


Рисунок 2.6 – В зависимости от угла монтажа и угла излучения прожектора изменяется освещенность в зоне контроля

По спектральным характеристикам различают видимое, дискретное и квазидискретное освещение. Цветные камеры могут использоваться только с видимым освещением. Квазидискретное освещение, в частности ИК-осветители, используется совместно с высокочувствительными черно-белыми камерами. Дискретные прожекторы используются вместе с камерами с соответствующей спектральной характеристикой чувствительности (черно-белая камера с соответствующим фильтром).

Тип и световой поток лампы, а также КСС осветителя – это самое главное, что необходимо знать. Требуемая чувствительность камеры определяется через минимальную освещённость сцены. Чтобы связать параметры осветителя с чувствительностью камеры, нужно определить, какую освещённость светильник создаёт на сцене.

Средняя освещённость площадки, создаваемая падающим на неё световым потоком  $\Phi$

$$E = (\Phi / S) \cdot \cos(\gamma),$$

где  $E$  – освещённость площадки (люкс);

$\Phi$  – падающий на площадку световой поток (люмен);

$S$  – площадь площадки (кв. метр);

$\gamma$  – угол между нормалью к площадке и направлением падения светового потока (градус).

На практике прямую освещённость, создаваемую светильником удобно вычислять из силы света осветителя

$$E = (I / L^2) \cdot \cos(\gamma),$$

где  $E$  – освещённость площадки (люкс);

$I$  – сила света осветителя в направлении площадки (кандел);

$L$  – расстояние от светильника до площадки (метр);

$\gamma$  – угол между нормалью к площадке и направлением на светильник (градус).

Угол освещения, безусловно, влияет на получаемое изображение, но большинство целей в системах охранного телевидения представляет собой объёмные объекты, и имеют поверхности расположенные под разными углами. Прямая освещённость объекта, создаваемая осветителем, пропорциональна силе света светильника в направлении объекта и обратно пропорциональна квадрату расстояния от светильника до объекта (рисунок 2.7).

Если сцена освещена несколькими источниками, то результирующая освещённость равна сумме освещённостей, создаваемых каждым осветителем. В реальности освещённость сцены, создаваемая осветителем может превышать расчётное значение прямой освещённости, так как часть светового потока многократно переотражается, образуя рассеянную (диффузную) освещённость. Доля рассе-

янного света зависит от окружающей обстановки, отражения предметов на сцене, их расположения и т.п. Внутри помещений доля рассеянного света велика, в наружных установках доля рассеянного света меньше и зависит от времени года и погоды. Вычисление рассеянной составляющей освещённости представляет собой сложную задачу и требует большого количества точных исходных данных, часто не известных на этапе проектирования.

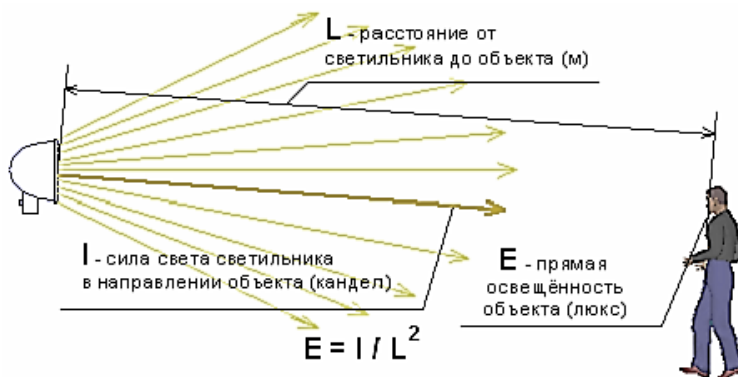


Рисунок 2.7 – Прямая освещённость, создаваемая светильником

Реальные сцены имеют также некоторую фоновую освещённость, создаваемую небом, уличным освещением или другими источниками света с неизвестными параметрами. Параметры этих источников неизвестны, поэтому вычислить эту освещённость невозможно. Можно лишь измерить её с помощью измерителя освещённости (люксметра), а затем учесть в расчётах и моделях.

Однако необходимо отметить, что стандартные люксметры пригодны для измерения освещенности только в видимой области спектра, т.к. их спектральная чувствительность оптимизирована и согласована с возможностями человеческого зрения.

Фоновая освещённость складывается с освещённостью, создаваемой известными источниками света. Для наружных зон наблюдения фоновая освещённость также зависит от времени года и погоды. Результирующая освещённость сцены, как правило, распределяется неравномерно. В зоне наблюдения присутствуют как ярко освещённые области, так и слабо освещённые. Автоматика камеры подстра-

ивается по среднему уровню освещённости. Если контраст между разными областями на сцене приближается к динамическому диапазону камеры, то ярко освещённые и (или) слабо освещённые области будут ограничиваться.

Разные объекты обладают разными коэффициентами отражения, именно поэтому одни объекты кажутся темнее, другие светлее. При этом коэффициенты отражения для ряда объектов существенно отличаются для видимой области спектра и ИК-излучения. Поэтому изображения, полученные в условиях ИК-освещения могут существенно отличаться от изображений, формируемых СОТ в дневное время. В инфракрасном освещении тёмные и светлые объекты могут даже могут поменяться местами.

Чаще всего в природе встречается отражение от матовых поверхностей, так называемое диффузное отражение. В результате диффузного отражения, падающий свет отражается с одинаковой силой во всех направлениях. Существует также зеркальное отражение от гладких поверхностей. Из-за зеркального отражения на гладких поверхностях присутствуют блики от источников света. Однако такие блики (от стекол, металлических поверхностей, водных поверхностей) могут быть устранены применением поляризационных фильтров. Необходимо учитывать, что действие поляризационных фильтров проявляется не просто при их введении в оптический тракт – влияние полярофильтра настраивается путем его поворота вокруг оси.

### *2.2.1 Влияние объектива на чувствительность видеокамеры*

Часть отражённого от объектов сцены света попадает в объектив камеры. Количество света, проходящего через объектив, определяется его апертурой (светосилой, диафрагмой, относительным отверстием). Апертура обозначается F-числом. Например, F1.2, F1.4, F2.0. Чем больше F число, тем меньше света пропускает объектив. Как правило, чем больше входной зрачок объектива (диаметр первой линзы), тем больше света он пропускает. Наихудшей апертурой (большее значение F-числа) обладают объективы с узким входным зрачком (pin-hole), используемые в камерах скрытого наблюдения.

У объективов с автодиафрагмой при недостатке освещения апертура максимально увеличивается (значение F-числа уменьшается).

Для таких объективов вместо апертуры, указывается максимальная и минимальная апертура, например F1,2-F16.

Светопропускание объектива изменяется обратно пропорционально квадрату F числа. Например, объектив F1,0 пропускает в 4 раза больше света, чем F2,0.

Чувствительность камеры (минимальная освещённость сцены) – это значение освещённости сцены (люкс) с известным коэффициентом отражения, при которой мы получим изображение с заданным минимально допустимым качеством. При определении чувствительности для камер со сменными объективами должна быть указана апертура (F-число) объектива с которым обеспечивается указанная чувствительность. Если камера используется с другим объективом, то её чувствительность изменится пропорционально квадрату отношения F числа объектива, установленного на камеру к F числу объектива, для которого указана чувствительность.

Например, чувствительность камеры равна 0,1 люкс с объективом F1,2. Чувствительность той же камеры с объективом F2,0 составит  $0,1 \cdot (2/1,2)^2 = 0,28$  лк.

Чувствительность зависит от времени экспозиции (выдержки). Для обычных камер максимальное время экспозиции составляет 1/50 сек (ограничено частотой смены кадров). Для камер, допускающих большее время экспозиции, обязательно должно быть указано время экспозиции, при котором получается указанная чувствительность. С практически допустимой точностью можно считать, что чувствительность обратно пропорциональна времени экспозиции.

Например, если чувствительность камеры равна 0,1 люкс при времени экспозиции 1/5 сек, то при времени экспозиции 1/50 сек чувствительность этой камеры будет  $0,1 \cdot (1/5)/(1/50) = 1$  люкс. Для корректного сравнения современных камер необходимо пересчитывать чувствительность к одинаковому времени экспозиции - 1/50 сек.

Увеличенное время экспозиции, хотя и повышает чувствительность, ведёт к потере разрешения движущихся объектов. Одновременно, отметим, что, также влияющее на чувствительность камеры F-число одновременно влияет на глубину резкости.

Коэффициент отражения сцены при определении чувствительности, как правило, подразумевается равным 0,75. Измерение чувствительности обычно осуществляется по тестовой таблице, напечатанной на белой бумаге, обладающей примерно таким коэффициентом отра-



жения. Большинство реальных предметов имеют коэффициент отражения меньше чем 0,75 [4], поэтому качество отображения реальных сцен при низкой освещённости будет хуже, чем тестовой таблицы.

### *2.2.2 Параметры, ограничивающие качество изображения при определении чувствительности*

Спектральная чувствительность видеосенсоров чёрно-белых камер и камер день-ночь отличается от спектральной чувствительности глаза человека и люксметра. Для таких камер имеет значение спектральная эффективность света от источника освещения сцены. Спектральная чувствительность цветных видеосенсоров близка к спектральной чувствительности глаза, поэтому влияние спектральной эффективности для цветных камер невелико.

Параметрами, ограничивающими качество изображения при снижении освещённости, для большинства камер являются IRE и отношение сигнал/шум. Чтобы определить влияние этих параметров рассмотрим упрощенную схему работы камеры в случае недостатка освещения.

При низкой освещённости электронный затвор устанавливает максимальное время экспозиции, диафрагма также полностью открывается, поэтому электронный затвор и диафрагму можно не рассматривать. Сигнал с видеосенсора, пропорциональный его освещённости поступает на схему автоматической регулировки усиления (АРУ). Усиление АРУ автоматически устанавливается таким, чтобы получить на выходе оптимальный контраст изображения.

Видеосенсор всегда имеет на выходе некоторый шум. Если освещённости достаточно, то уровень полезного сигнала значительно превышает уровень шума, усиление АРУ небольшое и шум на изображении не заметен (рисунок 2.8). Изображения и временные диаграммы видеосигнала получены с помощью утилиты "Анализатор кадров" в VideoCAD.

Отношение сигнал/шум изображения – это отношение максимального контраста на изображении к среднеквадратическому значению шума. С достаточным для практики приближением можно считать, что работа АРУ не изменяет отношение сигнал/шум изображения. Отношение сигнал/шум зависит лишь от освещённости видеосенсора и его свойств.



Рисунок 2.8 – Изображение и видеосигнал при высокой освещенности сцены

При снижении освещённости уровень сигнала с видеосенсора уменьшается и становится сравним с уровнем шума. АРУ усиливает полезный сигнал вместе с шумами, стремясь сохранить оптимальный контраст изображения (рисунок 2.9). Таким образом, при снижении освещённости возрастает усиление АРУ. В результате контраст изображения не меняется, но возрастают шумы. Однако, усиление АРУ имеет предел. При дальнейшем снижении освещённости усиление АРУ достигает максимума, после чего начинает снижаться контраст изображения – изображение темнеет (рисунок 2.10).

При дальнейшем снижении освещённости, уровень шума практически не изменяется. Но отношение сигнал/шум продолжает снижаться, так как уменьшается сигнал изображения. Максимальный коэффициент усиления АРУ имеет разные значения у разных моделей камер. У некоторых камер контраст изображения падает ещё до того момента, когда шумы становятся заметны (рисунок 2.10). У других камер АРУ вытягивает контраст даже

очень шумного сигнала. Для большинства задач охранного видеонаблюдения, контрастные изображения предпочтительней, несмотря на отчётливо видимые шумы. Однако шумные изображения имеют в несколько раз больший размер после компрессии, что уменьшает глубину архива и скорость передачи по цифровым каналам связи. Ещё одной проблемой являются частые ложные срабатывания детекторов движения на шумы. У некоторых моделей камер имеются переключатели, позволяющие менять максимальное усиление АРУ в зависимости от условий применения. Для уменьшения вредного влияния шумов полезно цифровое шумоподавление.

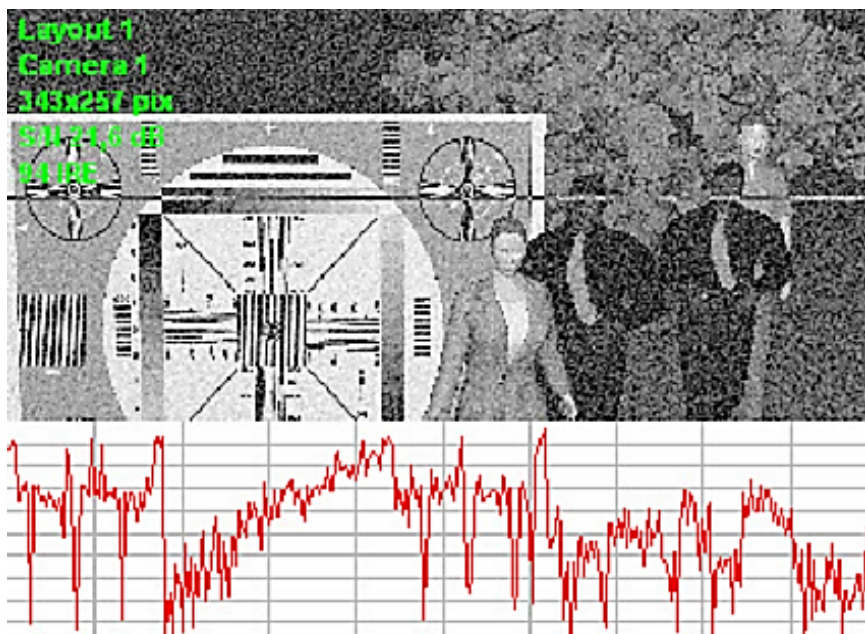


Рисунок 2.9 – Изображение и видеосигнал при низкой, но достаточной освещенности сцены. Возрастание шумов при сохранении контраста при работе АРУ в линейной части диапазона регулирования

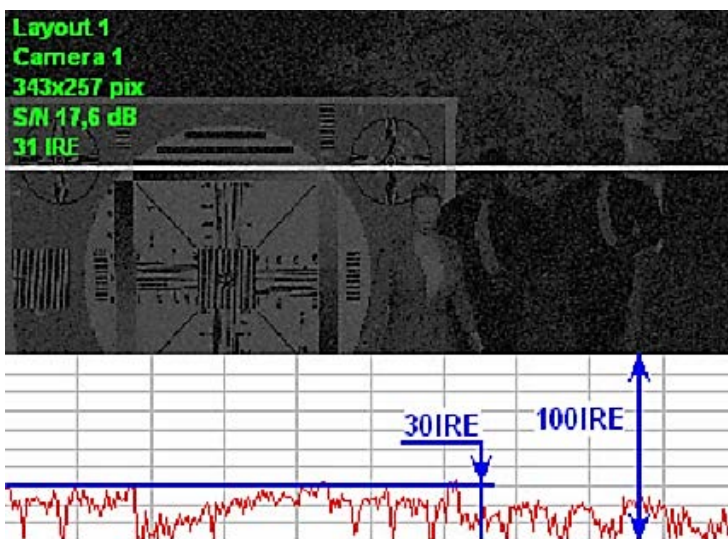


Рисунок 2.10 – Изображение и видеосигнал при низкой освещенности сцены. Перерегулировка глубины АРУ. Существенное снижение контраста при меньшей степени увеличения шума. Чувствительность камеры 0,1 лк при 30IRE и сигнал/шум 17 дБ. Освещённость 0,1 лк

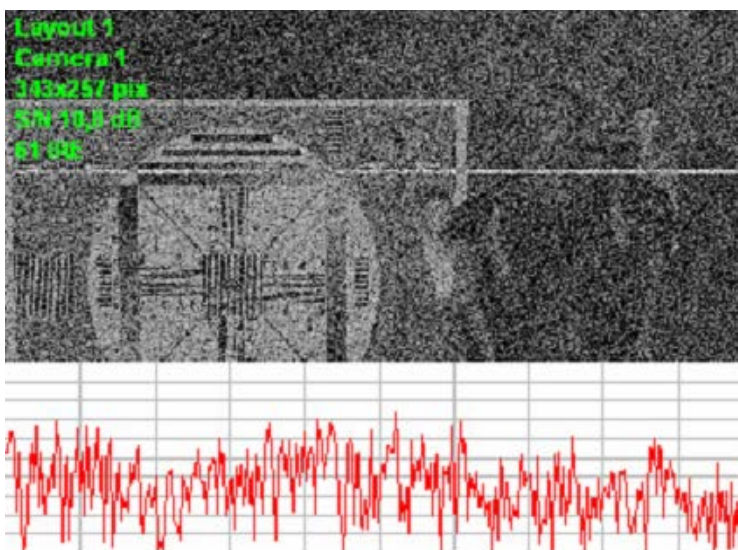


Рисунок 2.11 – Усиления АРУ не хватает для поддержания контраста изображения

**Параметр IRE** пришёл из аналогового телевидения, но в настоящее время применяется и для цифровых изображений. IRE определяет, какую часть максимального возможного диапазона яркости занимает изображение. Весь возможный диапазон яркости изображения принимается за 100 IRE. Половина диапазона яркости соответствует 50 IRE, четверть диапазона яркости – 25 IRE и т.д.

Чувствительность камеры обычно указывается как освещённость, при которой изображение имеет 30–50 IRE, но бывают исключения. Чем большее значение IRE указано в определении чувствительности камеры при одном и том же отношении сигнал/шум, тем больше максимальное усиление АРУ этой камеры, тем более контрастное (но шумное) изображение выдаёт камера при низкой освещённости (рисунок 2.12).

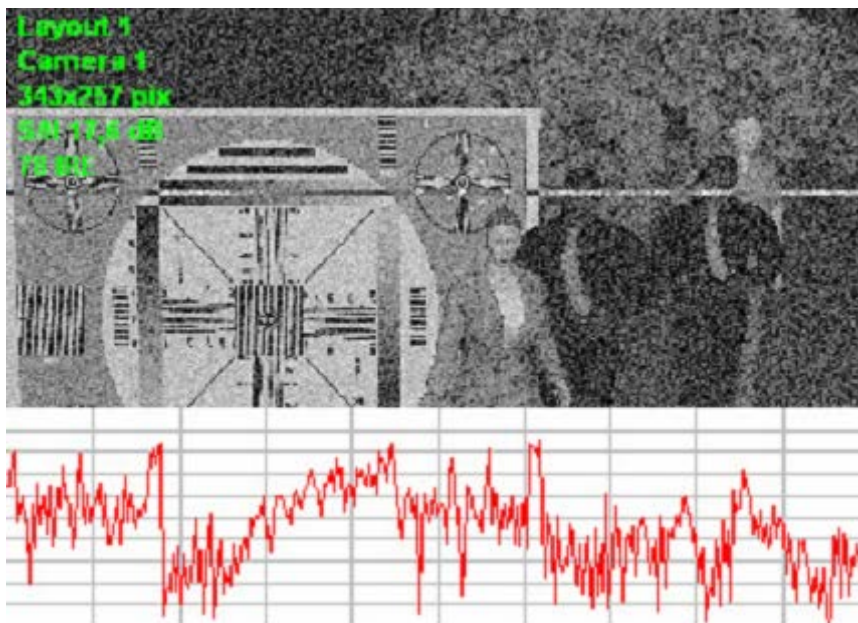


Рисунок 2.12 – Чувствительность камеры 0,1 лк при 80 IRE и сигнал/шум 17 дБ.  
Освещённость 0,1 лк

У ответственных производителей чувствительность камеры обычно указывается как освещенность, при которой изображение имеет отношение сигнал/шум равное 17 дБ (7 раз), 20 дБ (10 раз) или 24 дБ (16 раз).

К сожалению, из-за конъюнктурных соображений, многие производители камер не указывают значения отношения сигнал/шум, которое будет иметь изображение при указанной минимальной освещенности сцены. Зачастую в результате практического измерения параметров камеры становится ясно, что при указанной в спецификации освещенности, изображение имеет отношение сигнал/шум 0 Дб и менее.

Использовать в проектных расчётах значения чувствительности камеры (люкс) можно, только если известны:

- значения параметров камеры, при которых получается указанное значение чувствительности:
  - апертура объектива (F- число);
  - время экспозиции;
- параметры получаемого изображения:
  - отношение сигнал/шум (дБ);
  - IRE.

Зная чувствительность и другие параметры камеры, возможно моделировать изображение различных сцен с различными освещенностями с помощью имеющейся параметрической модели камеры. Модель камеры должна учитывать динамический диапазон, основные составляющие шума и спектральную чувствительность видеосенсора, квантовый шум, АРУ, яркость, контраст, работу электронного затвора, гамма-коррекцию, работу компенсации встречной засветки (BLC), апертуру объектива, работу автодиафрагмы.

Шумоподавление полезно, так как уменьшает размер шумных кадров после компрессии и ложные срабатывания детектора движения, однако честное значение чувствительности должно быть указано при отключенном шумоподавлении.

Параметры отношения сигнал/шум и IRE могут быть одинаковы для "хорошей" и "плохой" камер. Но при отключенной АРУ отношение сигнал/шум для таких камер может составлять более 10 Дб. Если нас действительно интересует информативность изображения, то точный результат измерения чувствительности может быть получен только при отключенной дополнительной обработке.

Обработка изображения внутри камеры хотя и улучшает внешний вид изображения, но не приводит к увеличению его информативности, не позволяет увидеть то, чего не было в исходном изображении до обработки.

В целом, маркетинговые уловки производителей значительно затрудняют проектный расчёт освещения в СОТ. Универсальным и надёжным средством получения реальных параметров камер является лишь практическое измерение. Для этого необязательно использовать натурные испытательные стенды (самый достоверный, но самый дорогой и трудоёмкий способ) – многие программы моделирования СОТ предлагают специальные методики и инструменты для проверки достоверности заявленных параметров чувствительности.

Например: Результаты виртуальных измерений чувствительности реальных камер к свету галогенной лампы накаливания при времени экспозиции 1/50 сек с объективом F1,2, отношение сигнал/шум – 17 дБ показали следующее:

- Чувствительность чёрно-белых видеокамер с обычными ПЗС матрицами 1.3" IT CCD, Sony Super HAD – CCD высокого разрешения 752x582 составляет 0,06–0,15 лк.

- Чувствительность чёрно-белых видеокамер с ПЗС матрицами 1.3" Sony ExView HAD – CCD высокого разрешения 752x582 составляет 0,04 лк.

- Чувствительность цветных видеокамер высокого разрешения 752x582 составляет около 1 лк.

- Чувствительность видеокамер с ПЗС матрицами стандартного разрешения 500x582 примерно на 15–20 % лучше, чем у видеокамер с ПЗС матрицами высокого разрешения.

- Чувствительность видеокамер day/night (ИК фильтр удаляется в чёрно-белом режиме) в режиме чёрно-белого изображения примерно вдвое хуже чувствительности чёрно-белых видеокамер с такими же ПЗС матрицами.

- Чувствительность видеокамер easy day/night (ИК фильтр не удаляется в чёрно-белом режиме) в режиме чёрно-белого изображения примерно в 1,5 раза лучше чувствительности цветных видеокамер с такими же ПЗС матрицами.

- Реальная чувствительность видеокамер с расширенным динамическим диапазоном и сложной цифровой обработкой изображе-

ния может быть недостаточной, несмотря на хорошие значения в спецификации. Рекомендуется проверять такие видеокамеры перед использованием в проекте. При проверке необходимо обращать внимание на возможное реальное снижение разрешения и размазывание движущихся объектов в условиях низкой освещенности.

– Значение IRE при измерении чувствительности у разных видеокамер может существенно отличаться и составлять от 20–50 для обычного усиления АРУ (Normal AGC, Standard AGC) до 90–100 для повышенного усиления АРУ (HI AGC, Super AGC).

### **2.3 Использование дополнительных возможностей видеокамер**

К дополнительным возможностям телекамер можно отнести наличие в них **гамма-коррекции**, то есть нелинейной обработки сигнала, которая корректирует шкалу градаций серого на изображении. Обычно этот коэффициент имеет значение от 0,45 до 0,7. Использование данной коррекции улучшает визуальное восприятие изображения, как бы подчеркивая его контур.

**Компенсация заднего света** – способность телекамеры автоматически устанавливать выдержку, диафрагму и параметры усиления по некоторому фрагменту изображения (обычно по центру).

Практическое применение данной функции находит тогда, когда необходимо наблюдать за входной дверью, например, в банк. Когда на улице яркий солнечный день, то оператор может наблюдать на экране монитора только темный силуэт посетителя открывающего входную дверь. Телекамера, оснащенная схемой компенсации заднего света, позволяет видеть не силуэт, а четкое изображение посетителя.

**Ограничение "белого"** – схема внутри телекамеры, ограничивающая максимальное напряжение белого в выходном видеосигнале на определенном уровне.

ПЗС-матрицы имеют линейную световую характеристику чувствительности до освещенности насыщения. Физический эффект насыщения в изображении проявляется в виде ограничения по "белому" и при дальнейшем увеличении освещенности картинка полностью заплывает в "белое". Значение величины освещенности насыщения зависит от размера светочувствительного элемента и потенциала подложки, типичное значение для ПЗС-матрицы 1/3 ",



1/2 " составляет (0,3–0,5) лк. Рабочую точку на световой характеристике выбирают так, чтобы максимальная освещенность в кадре была на 20–30 % ниже освещенности насыщения для конкретного экземпляра ПЗС-матрицы. В этом режиме реализуется наивысшая величина параметра отношение сигнал/шум на выходе ПЗС-матрицы. При увеличении освещенности (смещении в сторону увеличения рабочей точки) в целях стабилизации величины выходного видеосигнала в телекамерах предусматриваются средства управления чувствительностью (электронные затворы, электронные диафрагмы) или же средства ослабления светового потока (световые фильтры, диафрагмы). Однако, эти меры не всегда эффективны: технически сложно реализовать значительное уменьшение диаметра отверстия диафрагмы, к тому же по мере уменьшения диаметра отверстия дифракционный кружок рассеяния увеличивается и разрешающая способность объектива уменьшается, а системы автоматического диафрагмирования потенциально неустойчивы при максимальной освещенности из-за того, что резко возрастает коэффициент обратной связи при закрывании диафрагмы. Схема ограничения белого позволяет повысить адаптацию телекамеры к увеличению освещенности.

Телекамеры могут комплектоваться **встроенными детекторами движения**, поворотными устройствами и т.п., что дает возможность реализовать различные функции в ТСВ.

Телекамеры со встроенными детекторами движения, особенно при наружной установке телекамер, использовать из-за их низкой помехоустойчивости не рекомендуется. Целесообразнее использовать комбинированные охранные извещатели, при срабатывании которых будут включаться телекамеры и устройства видеозаписи.

Существуют телекамеры с **двумя ПЗС-матрицами** (двумя объективами: широкоугольным и телеобъективом). Такие телекамеры позволяют одновременно с изображением широкого пространства наблюдать крупный план центральной части объекта ("картинка в картинке"). Они используются при необходимости наблюдать широкое пространство коридора одновременно с идентификацией личности входящих, а также для наблюдения за внутренним двором с одновременной идентификацией государственных номеров автомашин в него въезжающих. Как правило такие телекамеры исполь-

зуются совместно с видеодетекторами движения для фиксации видеоизображения на специализированный видеомагнитофон.

Телекамеры с **автоматической регулировкой чувствительности** способны устанавливать свою чувствительность в зависимости от освещенности, однако за счет уменьшения разрешающей способности.

## **2.4 Рекомендации при использовании искусственного освещения**

Первым обстоятельством, прежде всего, является необходимость определения, а нужно ли дополнительное освещение. Для принятия решения необходимо измерить освещённость на объекте с помощью люксметра, а затем смоделировать измеренную освещённость как фоновую и получить модели изображений от используемых в проекте моделей камер. Освещённость следует замерять в наихудших условиях: пасмурной осенней ночью. В качестве цели при моделировании используйте контрастные и малоконтрастные 3D модели. Если качество изображений неудовлетворительное, прежде всего, необходимо попытаться использовать более чувствительные модели камер или более светосильные объективы для получения необходимого качества. Измерение освещённости и выбор моделей камер необходимо производить для каждой камеры отдельно. Таким образом можно обоснованно выбрать требуемые модели камер и объективов.

Если же получить изображения требуемого качества не удаётся, то дополнительное освещение необходимо.

Освещённость сцены включает фоновую освещённость, создаваемую небом, уличным освещением или другими источниками света; прямую освещённость от источников света с известными параметрами; рассеянную освещённость, обусловленную переотражённым от окружающих предметов светом. В программах моделирования можно точно рассчитать и смоделировать прямую освещённость от источников света, зная их параметры. Фоновую и рассеянную освещённость рассчитать невозможно, но можно измерить ее практически, а затем смоделировать.

Освещённость с учётом рассеянного света можно приблизительно рассчитать по светотехническим методикам или с помощью специализированных светотехнических программ.

Необходимо помнить, что фоновая и рассеянная освещённость могут изменяться в широких пределах, они зависят от времени года, погоды, свойств и расположения окружающих предметов. Фоновая освещённость зависит также от работоспособности сторонних источников света.

## **2.5 Особенности использования IR-Lamps и IR-LEDs осветителей**

Конструктивно ИК-осветители могут быть выполнены двояко: на основе галогенных ламп или светоизлучающих диодов.

**ИК-осветители на основе галогенных ламп (IR-Lamps)** с установленными перед ними ИК-фильтрами характеризуются следующими особенностями:

- большим радиусом действия, который может достигать более 100 м;
- значительной потребляемой мощностью (от 20 до 1000 Вт);
- длиной волны 730..850 нм, что соответствует области видимого человеком света, поэтому подобный ИК-осветитель достаточно легко может быть обнаружен;
- сравнительно небольшим сроком службы галогенных ламп (порядка нескольких месяцев).

**Твердотельные осветители (IR-LEDs)** с использованием светоизлучающих диодов ИК-диапазона имеют следующие отличия:

- радиус действия, как правило, не превосходит нескольких десятков метров;
- они имеют существенно меньшую потребляемую мощность;
- у них намного выше срок службы;
- у них меньшие габариты и масса;
- они более безопасны при эксплуатации.

Обычно ИК-осветители на базе галогенных ламп чаще всего используются в уличных условиях для освещения достаточно удаленных объектов. В то же время твердотельные осветители на базе ИК-диодов чаще применяются в помещениях, на лестничных площадках; они могут быть закамуфлированы под различные предметы: табличку с номером квартиры, головку болта и пр. Кроме того, ИК-диоды устанавливаются в наружные панели видеопереговорных устройств (нередко за темным ИК-стеклом), в корпуса видеокамер и объективов.

При одной и той же излучаемой мощности ИК-осветители могут иметь различные углы освещаемого сектора (чем уже этот сектор,

тем больше радиус действия). Следует иметь в виду, что чем выше длина волны излучения, тем радиус действия ИК-осветителя меньше.

**Радиус действия.** Отметим, что применительно к осветителям "радиус действия" – довольно условное понятие, так как обычно не оговаривается, с какими видеокамерами этот радиус действия обеспечивается (в данном случае важно не только значение минимальной освещенности на объекте, необходимой для нормальной работы видеокамеры, т.е. учет и чувствительности видеокамеры и её спектральной чувствительности). Некоторые производители говорят о расстоянии опознавания человека с помощью их ИК-осветителя, но и такая оценка также субъективна. Кроме того, радиус действия ИК-осветителя зависит еще и от коэффициента отражения освещаемого объекта.

Идеальным для оценки радиуса действия ИК-осветителя было бы решение, когда в темноте на определенном расстоянии от видеокамеры устанавливалась бы мишень оговоренных формы, размеров и цвета, и по осциллографу оценивался бы отклик от этой мишени в сигнале с видеокамеры. Однако в настоящее время подобный подход к аттестации, как и сама метрология для ИК-осветителей отсутствуют.

Следует иметь в виду, что на радиус действия ИК-осветителя в конкретной инсталляции оказывает влияние и формат используемого объектива. Так, если в паспорте на ИК-осветитель указывался радиус действия при использовании его с объективом 1/2", то при использовании объектива 1/3" через него поверхность ПЗС-матрицы достигнет лишь 44 % света, проходящего через объектив формата 1/2". Кроме того, на количество ИК-света, попадающего в видеокамеру может влиять качество переднего стекла термокожуха и используемого в нем влагопоглотителя.

Современные прожекторы также могут содержать узлы, повышающие удобство их эксплуатации. Например, блок автоматического включения ИК-осветителя при изменении внешней освещенности позволяет не только упростить управление СОТ, но сократить число коммутационных устройств и проводов.

**Питание ИК-осветителей.** ИК-осветители выпускаются для работы с различными источниками питания, чаще всего это сеть переменного тока 220 В или источник напряжения 12 В. Они могут быть включены на круглосуточную работу (что целесообразно с точки зрения эксплуатационной надежности), а могут по мере необходимости выключаться и включаться – вручную или автоматиче-

ски (с помощью специального фотоэлемента). Следует учесть, что ток потребления галогенных осветителей от источника 12 В может достигать 10 А, что требует использования блока питания соответствующей мощности и коротких проводов большого сечения. Срок службы ИК-осветителей будет выше, если использовать стабилизированные источники питания. Не рекомендуется запитывать от одного блока питания несколько ИК-осветителей (из-за разных длин проводов на них будут подаваться различные напряжения).

**Особенности использования ИК-осветителей.** Отображение человеческого лица при ИК-подсветке отличается от изображения, получаемого при использовании подсветки видимым светом (это приводит к нарушению цветопередачи), однако на выполнение задач опознавания эта разница практического значения не оказывает.

В случае применения ИК-осветителя *при использовании с видеокамерой обычного объектива* возможно появление на изображении расфокусировки, поскольку *фокусные расстояния для ИК-света и видимого света несколько различаются*. Следует использовать **ИК-корригированные объективы**, в противном случае, придется усреднять фокусировку день/ночь и мириться с некоторым ухудшением качества изображения. При использовании не корригированных объективов смазанное изображение будет сформировано и при смешанном освещении: видимом и инфракрасном.

Не рекомендуется монтировать ИК-осветители в непосредственной близости от видеокамеры, когда та устанавливается вне помещения, т.к. тепловое излучение ИК-осветителя может привлекать большое количество летающих насекомых в пространство перед объективом видеокамеры.

Для получения энергетического выигрыша ИК-осветители следует располагать как можно ближе к освещаемому объекту (уровень освещенности обратно пропорционален квадрату расстояния до него).

В каждом конкретном случае следует решать, что целесообразнее – использовать ИК-осветители или организовать на объекте обычное освещение (которое дешевле и, кроме того, отпугивая злоумышленников, уменьшает вероятность попыток реализации правонарушений). Возможно, что экономически выгоднее окажется применение более чувствительных видеокамер, не требующих дополнительной подсветки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волхонский, В.В. Телевизионные системы наблюдения: учеб. пособие / В.В. Волхонский. – СПб.: Экополис и культура, 2005. – 167 с.
2. Гедзберг, Ю.М. Охранное телевидение / Ю.М. Гедзберг. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 312 с.
3. Гвоздек, М. Справочник по технике для видеонаблюдения. Планирование, проектирование, монтаж / М. Гвоздек. – Техносфера, 2010. – 552 с.
4. Тявловский, К.Л. Системы телевизионного наблюдения. Основы проектирования: метод. пособие / К.Л. Тявловский, Т.Л. Владимирова, Р.И. Воробей. – Минск: БНТУ, 2010. – 85 с.
5. Руководящий документ / Технические средства и системы охраны. Телевизионные системы видеонаблюдения (системы охраняемые телевизионные). Правила производства и приемки работ. – РД 28/3. 005 – 2001. – Минск: МВД Республики Беларусь, 2001.
6. Системы охраняемые телевизионные. Общие технические требования и методы испытаний: ГОСТ Р 51558-2000. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
7. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, ЭВМ и организации работы: СанПиН 9-131 РБ 2000.
8. European Standart En 501132-2-1. July 1997 Alarm Systems – CCTV Surveillance Systems for use in Security Applications. Part 2-1: Black and White Cameras.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ... 6	6
1.1 Зона обзора видеокамеры.....	7
1.2 Параметры зон обзора видеокамеры.....	12
1.2.1 Зона опознавания человека.....	12
1.2.2 Зона чтения автомобильного номера.....	15
1.2.3 Зона обнаружения человека .....	16
1.3 Преимущества трёхмерного моделирования .....	17
2 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ ОБЪЕКТА .....	20
2.1 Основные параметры светотехники.....	20
2.2 Использование осветителей в СОТ .....	27
2.2.1 Влияние объектива на чувствительность видеокамеры .....	31
2.2.2 Параметры, ограничивающие качество изображения при определении чувствительности .....	33
2.3 Использование дополнительных возможностей видеокамер .....	40
2.4 Рекомендации при использовании искусственного освещения .....	42
2.5 Особенности использования IR-Lamps и IR-LEDs осветителей.....	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	46

Учебное издание

ТЯВЛОВСКИЙ Константин Леонидович  
ВЛАДИМИРОВА Татьяна Леонидовна  
ВОРОБЕЙ Роман Иванович

## СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методическое пособие  
для студентов специальности  
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»

Технический редактор О.В. Песенько  
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

---

Подписано в печать 20.01.2012.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,18. Тираж 200. Заказ 1166.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.  
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.  
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.