

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**С. А. Алексеев, В. В. Волхонский, А. В. Суханов**

**ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ  
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ**

**Учебное пособие**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2015**

Алексеев С.А., Волхонский В.В., Суханов А.В. Телевизионные системы наблюдения. Особенности применения устройств. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 103 с. Рис. 57. Библ. 21.

Анализируются особенности применения различных элементов систем телевизионного наблюдения. Рассматриваются вопросы оценки информативности видеоизображений; специфики организации наблюдения в сложных условиях, таких как низкая освещенность, широкий динамический диапазон изменения освещенности, компенсация фоновой засветки и точечных источников света; тепловизионного наблюдения. Разбираются особенности использования управляемых телекамер, типа день/ночь, а также некоторые вопросы организации электропитания, применения сетевых устройств, устройств передачи и записи.

Учебное пособие предназначено для обучения магистров по направлению 16.04.01 «Техническая физика» в рамках магистерской программы «Оптоэлектронные системы безопасности». Может быть рекомендовано слушателям курсов повышения квалификации и техническим специалистам, занимающимся проектированием и эксплуатацией систем ТВ-наблюдения.

Рекомендовано к печати ученым советом инженерно-физического факультета, протокол № 3 от 10.03.2015.



**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2015

© С. А. Алексеев, В. В. Волхонский, А. В. Суханов, 2015

## Предисловие

В настоящее время телевизионные системы наблюдения (ТВСН) являются наиболее динамично развивающимся сегментом технических средств систем физической защиты различных объектов. Это обусловлено, с одной стороны, быстрым развитием технологии производства элементов ТВ-систем, реализацией новых функций, улучшением параметров ТВ-устройств и, с другой стороны, широкими функциональными возможностями ТВСН, позволяющими решать большой круг практических задач.

В настоящее время опубликовано много работ по различным теоретическим и практическим вопросам, связанным с ТВСН. Однако в то же время имеет место явный недостаток литературы, касающейся оценки эффективности ТВ-системы с точки зрения пользователя. Также есть ряд вопросов, при решении которых на практике часто допускаются много ошибок. И, как следствие, задачи ТВ-наблюдения либо не решаются, либо решаются не в полной мере. И тогда потенциал ТВСН как наиболее информативного элемента системы физической защиты используется не полностью.

Данное учебное пособие призвано восполнить эти пробелы. Оно является продолжением пособия «Телевизионные системы наблюдения. Основы проектирования», в котором рассматриваются главным образом вопросы структурного синтеза ТВСН. Пособие подразумевает знание читателями основ телевидения и, в частности, основных характеристик и параметров устройств ТВСН, которые подробно изложены в многочисленных источниках.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям, связанным с вопросами обеспечения безопасности, но может быть полезным и специалистам в области средств обеспечения физической безопасности.

## **1. ЗОНА ОБЗОРА ТЕЛЕКАМЕРЫ**

Одна из важнейших задач, решаемых при разработке ТВ-систем, – это правильный выбор размеров зоны обзора и параметров телевизионной камеры, позволяющий получить изображение требуемого качества.

При решении этого вопроса часто звучат явные и неявные сравнения человеческого глаза и телевизионной камеры. Иногда считают, что телекамера, установленная в определенном месте, позволит получить такой же эффект видеонаблюдения, как и человек, который находится в той же точке и смотрит в том же направлении. Но при этом не учитываются особенности человеческого зрения с одной стороны и параметры телевизионных камер, в частности угол обзора телекамеры, с другой стороны.

Для такого сравнения надо понимать, что, во-первых, реально человек видит достаточно четкое изображение в сравнительно узком угле обзора – не более 15–20°. Во-вторых, в то же самое время он видит остальную область так называемым «боковым» зрением, которое не дает сфокусированного изображения. А, в-третьих, человек может переводить взгляд с одного предмета на другой, не меняя своего положения. Поэтому «эквивалент» человеческому зрению могут обеспечить не менее двух телевизионных камер. Одна (или несколько) – с широким углом обзора, дающая общую картину ситуации в зоне обзора, контролируемой человеком боковым зрением. А вторая – управляемая с узким углом обзора, соответствующим направлению, куда смотрит человек, и дающая достаточно четкое изображение в узкой области. При этом мы ещё не учитывали соотношения таких параметров телекамеры и глаза человека, как разрешающая способность.

Поэтому, прежде всего, необходимо детально остановиться на особенностях формирования зоны обзора телевизионной камеры.

### **1.1. ЗОНА ОБЗОРА**

Рассмотрим основные особенности и параметры зоны обзора телевизионной камеры. Как известно, телекамера формирует изображение зоны, пространственно ограниченной, во-

первых, углами обзора в вертикальной и горизонтальной плоскостях и, во-вторых, различными непрозрачными преградами (стенами зданий, поверхностью земли и др.). Таким образом, в общем случае будем понимать под термином «зона обзора» *часть пространства, ограниченную углами обзора и различными преградами*. Такое понятие зоны обзора близко к определению, данному, к примеру, в работе [1].

На рис. 1.1 показан типичный пример зоны обзора телевизионной камеры, которая ограничена углами обзора  $\alpha_v$  в вертикальной и  $\alpha_r$  в горизонтальной плоскостях и поверхностью земли.

Такую зону обзора можно ещё характеризовать сектором обзора (см. рис. 1.1) в горизонтальной плоскости (на горизонтальной поверхности земли или пола). Все объекты наблюдения будут отображаться на этом фоне или заднем плане, как ещё его называют. Ещё один используемый в литературе термин – сцена.

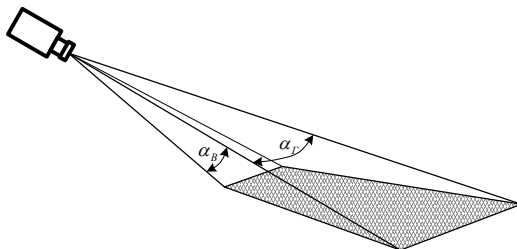


Рис. 1.1. Зона обзора телекамеры

## 1.2. ЗОНА ЭФФЕКТИВНОГО ОБЗОРА

Однако реально зона обзора может иметь дополнительные ограничения, прежде всего, с точки зрения возможности решения задач ТВСН. Поэтому введем понятие зоны эффективного обзора.

*Зона эффективного обзора* – это часть зоны обзора, в которой выполняются требования к параметрам формируемого изображения и решаются поставленные задачи телевизионного наблюдения.

Если говорить о параметрах видеоизображения, то в первую очередь это могут быть требования по разрешающей способности. Типовые задачи систем телевизионного наблюдения, рассмотренные в пособии [2], – это обнаружение, распознавание и идентификация. Рассмотрим основные ограничения зоны эффективного обзора, связанные с этими задачами.

С точки зрения возможности решения тех или иных задач ТВ-наблюдения зона обзора будет зависеть от следующих факторов:

- 1) наличия естественных ограничителей (например, внутренних поверхностей стен помещения или наружных поверхностей стен здания);
- 2) размеров объектов наблюдения, их формы и положения в пространстве;
- 3) разрешающей способности телекамеры и параметров объекта;
- 4) скорости и направления движения объекта наблюдения;
- 5) расстояния до объектов наблюдения.

Как иллюстрация первого пункта, возможен достаточно распространенный случай, когда в зону обзора попадают крупные неподвижные объекты, например здания. Другая ситуация – когда телекамера установлена в помещении. Тогда естественными физическими ограничителями, кроме поверхности пола или земли, формирующими зону эффективного обзора, становятся внутренние стены помещения.

Поэтому зона эффективного обзора обычно меньше, чем зона обзора.

Для примера влияние первого из перечисленных факторов иллюстрируют рис. 1.2, 1.3. На рис. 1.2 зону обзора телекамеры, установленной на улице, ограничивает стена здания, а на рис. 1.3 – стены помещения, в котором установлена телекамера.

За исключением первого, остальные факторы так или иначе связаны с расстоянием от объекта наблюдения до телевизионной камеры. Так, требование по разрешающей способности выполняется только до определенной дальности от телекамеры.

Другой пример – это ситуация, когда объект наблюдения полностью попадает в зону обзора не во всем секторе обзора, а только в его части.

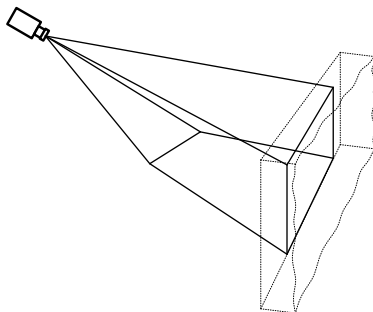


Рис. 1.2. Ограничение зоны обзора стеной здания

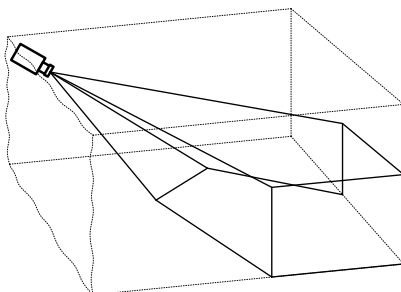


Рис. 1.3. Ограничение зоны обзора стенами помещения

Поэтому с этой точки зрения зона эффективного обзора будет иметь ограничения по минимальной и максимальной дальностям и выглядеть, как показано на рис. 1.4.

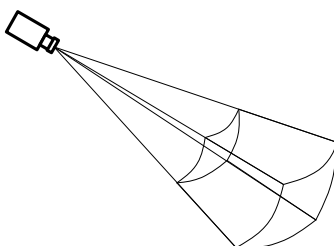


Рис. 1.4. Влияние расстояние на форму зоны эффективного обзора

Существует ряд параметров и характеристик, которые влияют на размер зоны эффективного обзора. Проанализируем

их на примере наиболее типичного объекта наблюдения – человеке (субъекте наблюдения).

Геометрически сектор обзора по горизонтальной поверхности, т.е. длина сектора обзора, будет определяться расстоянием между точками пересечения границ зоны обзора в вертикальной плоскости и горизонтальной поверхностью. На рис. 1.5 приведена зона обзора телекамеры в вертикальной плоскости и субъекты наблюдения, находящиеся на разных расстояниях от телекамеры и попадающие полностью или частично в зону обзора.

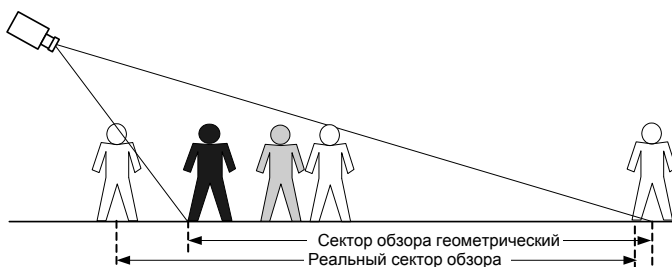


Рис. 1.5. Положение субъектов наблюдения в зоне обзора

На рис. 1.6 показано изображение этих объектов наблюдения на экране монитора. Видно, что в определенном интервале по дальности объект полностью попадает в поле зрения камеры, на других участках – только частично.

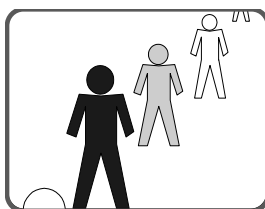


Рис. 1.6. Изображение объектов, находящихся в зоне наблюдения

Поэтому с точки зрения положения и размеров объектов наблюдения можно говорить не только о секторе обзора, определенном геометрически выше, но и о некоторой реальной зоне



обзора, находясь в которой субъект или объект наблюдения также попадает, по крайней мере частично, в зону обзора.

Проанализируем эту ситуацию подробнее и приведем примеры факторов, ограничивающих зону обзора.

### ***Положение объекта наблюдения***

В зависимости от задачи, решаемой ТВСН, положение, формы и размеры объекта наблюдения могут ограничивать зону эффективного обзора.

Для *идентификации* личности субъект наблюдения (рис. 1.7) должен находиться в секторе обзора в пределах значений дальности, на которых есть возможность формировать изображение лица, пригодное для решения задачи идентификации. Для этого, во-первых, лицо должно попадать в зону обзора и, во-вторых, необходимо выполнение требований по разрешающей способности (рис. 1.8).

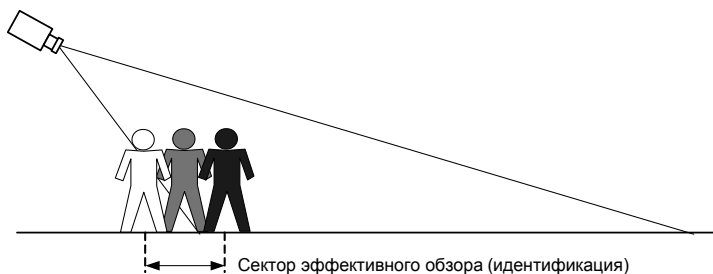


Рис. 1.7. Зона эффективного обзора телекамеры для идентификации

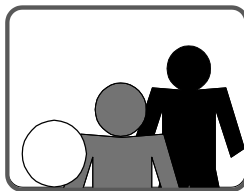


Рис. 1.8. Изображение объектов наблюдения на экране в задаче идентификации

Для решения задач *распознавания*, к примеру, действий субъекта или для групповой идентификации зона эффективного обзора меняется (рис. 1.9-1.10) – обычно возрастают как дальняя, так и ближняя границы по сравнению с предыдущим случаем.

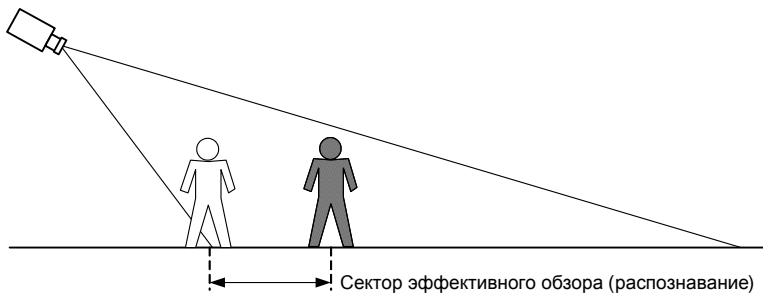


Рис. 1.9. Зона эффективного обзора телекамеры для распознавания

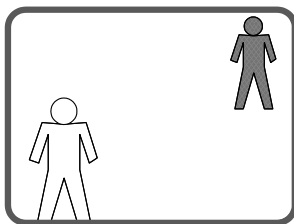


Рис. 1.10. Изображение объектов наблюдения на экране монитора в задаче распознавания

И, наконец, для задач *обнаружения* предъявляются наименьшие ограничения, как по дальности, так и по полному или неполному попаданию субъекта в поле зрения камеры (рис. 1.11-1.12), поскольку задача обнаружения может быть решена и в том случае, если видна только часть тела человека.

В основном сказанное относится к дальней части зоны, поскольку человек не может перемещаться, не касаясь земли, по крайней мере без использования специальных технических средств. В ближней зоне он может пригнуться или перемещаться ползком или на четвереньках, чтобы не попасть в поле зрения камеры.

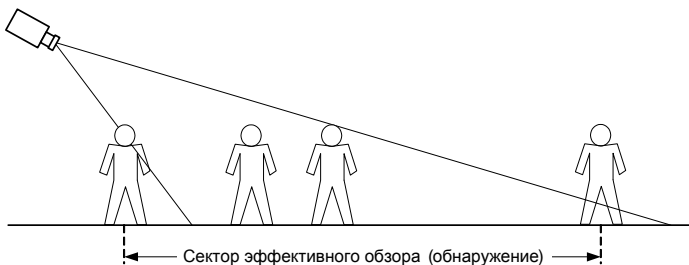


Рис. 1.11. Зона эффективного обзора телекамеры для обнаружения

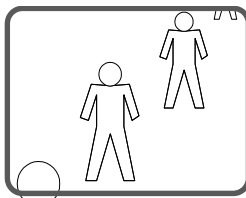


Рис. 1.12. Изображение объектов наблюдения на экране монитора в задаче обнаружения

Также если речь идет о наблюдении и за летательными аппаратами, то ближняя граница зоны обзора может начинаться в зависимости от задачи наблюдения практически прямо от телекамеры.

Выше рассматривалось влияние только положения объекта наблюдения в зоне обзора. Очевидно, что будет влиять и размер объекта. Однако для человека разброс размеров, прежде всего роста, сравнительно невелик, и его легко учесть. К примеру, ограничивая рост двумя метрами.

Когда стоит задача наблюдения других объектов, например автомашин, то принцип подхода к оценке формы и параметров реальной зоны обзора остается тем же самым. Но с учетом размеров этих объектов и дополнительных требований по обязательному наличию возможности формирования видеоизображений определенных частей объекта. Если в случае человека – это его лицо для идентификации или руки для распозна-

вания действий, то для второго примера – автомашины – это может быть номерной знак.

Таким образом, можно говорить, что размеры зоны обзора для различных задач наблюдения зависят от положения субъекта или объекта наблюдения (рис. 1.13).

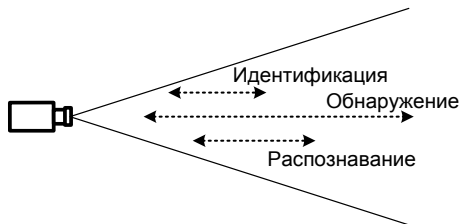


Рис. 1.13. Размер сектора эффективного обзора для различных задач

Выше речь шла о положении объекта наблюдения в зоне обзора. Однако очевидно, что практически все сказанное будет относиться также к его форме и размерам. Поэтому как возможное положение объекта наблюдения, так и его форма и размер обязательно должны учитываться при проектировании системы ТВ-наблюдения, в первую очередь при выборе положения и ориентации телекамеры и параметров её объектива.

### *Глубина резкости*

Глубина резкости может дополнительно ограничивать размер зоны эффективного обзора, поскольку в реальных условиях телекамера будет формировать сфокусированное изображение только в определенном интервале по дальности (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Глубина резкости

Глубина резкости зависит от параметров объектива. Широкоугольные объективы имеют большую глубину резкости по сравнению с объективами с меньшим углом обзора. Объективы с меньшим значением диафрагмы (большая степень открытия объектива) имеют меньшую глубину резкости и наоборот.

Это означает, что при использовании объективов с автоматической регулировкой диафрагмы необходимо проверять этот параметр в условиях наихудшей освещенности или используя нейтральный фильтр, вынуждающий устройство управления диафрагмой полностью открыть ее. Если объектив имеет ручную регулировку фокусировки изображения, то вышесказанное в полной мере относится и к этой регулировке

### *Условия освещенности*

В различных условиях освещенности могут возникать, кроме упомянутых выше, дополнительные ограничения.

Во-первых, глубина резкости зависит не только от параметров объектива, но и от освещенности. Поэтому при проектировании ТВСН нужно учитывать уменьшение глубины резкости при переходе от наблюдения в условиях высокой освещенности (рис. 1.15, *а*) к условиям низкой освещенности (рис. 1.15, *б*) и наоборот. Например, при изменении естественной освещенности, вызванной сменой времени суток, или при переходе от искусственного рабочего освещения к дежурному по окончании рабочего дня.

Во-вторых, изменение освещенности (например, в течение суток) существенно влияет на параметры формируемого изображения. Так, если днем освещенность достаточна для формирования изображения требуемого качества по всей зоне наблюдения, то ночью, даже при использовании искусственной подсветки, размер контролируемой зоны может изменяться.

Это может иметь место при следующих условиях.

- Заметном различии уровня естественной и искусственной освещенности объектов наблюдения, приводящем к соответствующему изменению параметров видеоизображения, например невозможности формировать ночью цветное изображение.

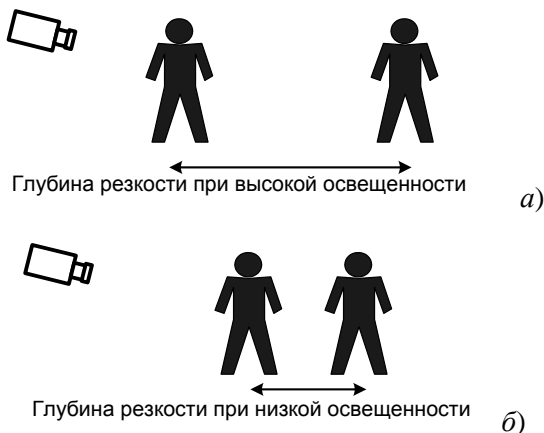


Рис.1.15. Изменение глубины резкости

- Не полном соответствии угла обзора телекамеры и угла подсветки, в частности, при угле подсветки меньшем, чем угол обзора телекамеры.
- Недостаточной дальности подсветки для перекрытия всей зоны обзора, поскольку по мере увеличения расстояния от источника света уровень искусственной освещенности падает. А это ограничивает по дальности зону эффективного обзора.
- Неравномерности искусственной подсветки по зоне наблюдения, так как уровень искусственной освещенности падает по мере удаления от места установки соответствующих устройств. Если днем вся зона обзора обычно освещена в достаточной степени равномерно, то ночью может иметь место существенная неравномерность освещения зоны. Это в свою очередь приводит к изменению параметров видеоизображения и, как следствие, к невозможности решения тех или иных задач ТВСН.

Заметим, что сказанное относится к искусственному освещению как в невидимом для глаза (инфракрасном), так и в видимом спектральном диапазоне.

### 1.3. СКОРОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЗОНЫ

При сравнительно большой скорости движения объекта наблюдения некоторые из задач ТВСН могут не решаться. Например, при пересечении зоны движущейся автомашиной или бегущим человеком сформированное изображение может быть нечетким. В таком случае даже если при наблюдении в реальном времени изображение будет выглядеть вполне приемлемым, то на стоп-кадре, например, интересующее оператора изображение объекта наблюдения при необходимости рассмотреть его детальнее может оказаться смазанным. Причиной является то, что в течение времени экспозиции кадра может изменяться, во-первых, положение движущегося объекта относительно телекамеры и, во-вторых, видимый размер изображения объекта наблюдения при наличии составляющей скорости, направленной на или от телекамеры.

Оценим характер влияния скорости движения объекта на качество изображения. На рис. 1.16 показаны различные фазы движения объекта в поле зрения телекамеры при движении поперек направления на телевизионную камеру (рис. 1.16, *а*), в направлении от нее (рис. 1.16, *б*) и в произвольном направлении (рис. 1.16, *в*). Более светлые фигуры соответствуют более ранним изображениям. Очевидно, что при движении поперек зоны обзора происходит смещение изображения, при движении на или от телекамеры – изменение видимого размера объекта наблюдения, а при произвольном направлении имеют место оба эффекта.

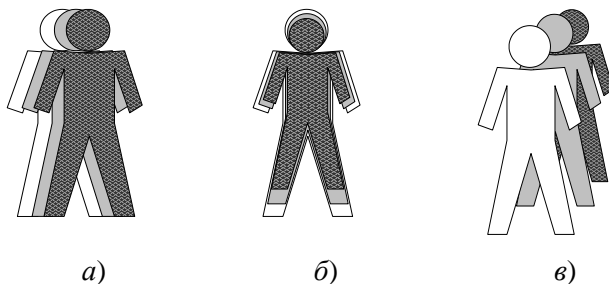


Рис. 1.16. Изображения движущегося объекта

Поэтому для получения четкого (не смазанного) видеоизображения необходимо учитывать соотношение, с одной стороны, интервалов времени, за которое происходит изменение изображения объекта наблюдения, соизмеримое с его размерами, и, с другой стороны, времени формирования изображения – длительности экспозиции кадра. В этом случае важно иметь достаточную освещенность зоны и такие параметры телекамеры, как чувствительность, значение выдержки электронного затвора и др.

Заметим, что для разных задач наблюдения действие рассмотренных ограничений может быть различным. Например, для оценки ситуации или при наблюдении за перемещением объектов упомянутые выше проблемы не всегда будут играть существенную роль. Однако при необходимости фиксации мелких деталей в задачах идентификации это становится весьма важным.

Для формирования изображения одного кадра требуется определенное ограниченное время. Оно складывается из времени экспозиции кадра (времени работы электронного затвора) и времени считывания сигнала с матрицы. В течение времени работы электронного затвора происходит накопление сигнала. Однако в течение этого же промежутка происходит смещение объекта в пространстве или изменение его видимых формы и размеров, т. е. изменение исходного изображения. Следовательно, будет изменяться и сигнал на элементах матрицы, на которые проецируется изображение движущегося объекта.

При движении объекта в произвольном направлении со скоростью  $V$  (рис. 1.17) в общем случае будут иметь место поперечная  $V_n$  и радиальная  $V_p$  составляющие скорости движения объекта. Для простоты будем пренебрегать влиянием высоты установки телекамеры.

Ясно, что максимальные значения поперечной и радиальной составляющих будут при перемещении объекта строго в поперечном или радиальном направлениях. Эти значения будут соответствовать максимальному значению скорости движения объекта  $V_{\max}$ . С точки зрения степени влия-



ния на качество изображения это будет означать наибольшее влияние на качество изображения.

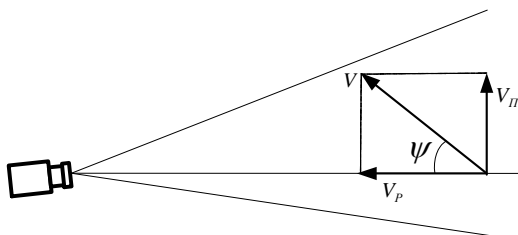


Рис. 1.17. Составляющие скорости движущегося объекта

Поэтому если объект движется в произвольном направлении, разложение в соответствующих плоскостях можно не учитывать и использовать значение  $V_{\max}$  для оценки степени влияния скорости движения. Если же в поле зрения телекамеры объекты наблюдения движутся в одном направлении (к примеру, через проходную с односторонним движением), то можно учитывать только соответствующую составляющую скорости.

Влияние расстояния от телекамеры до движущегося объекта наблюдения иллюстрирует рис. 1.18, где изображены по два положения объектов наблюдения, движущихся на разном расстоянии от телекамеры..

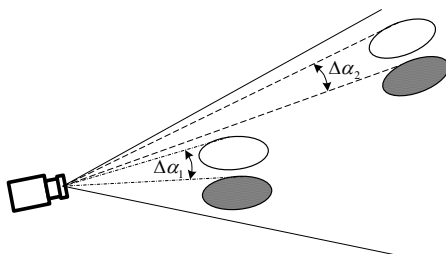


Рис. 1.18. Влияние расстояния движущегося объекта от телекамеры

Ясно, что при одном и том же линейном смещении (т.е. при одинаковых скоростях движения) угловое смещение будет больше для объекта, находящегося ближе, т.е.  $\Delta\alpha_1 > \Delta\alpha_2$ . Со-

ответственно и степень влияния на качество изображения может быть больше

Для оценки степени влияния движения необходимо величины размера линейного смещения, вызванного движением за максимальное время экспозиции кадра  $\Delta t_3$ , в зависимости от задачи наблюдения сравнить либо с размером самого объекта (для задачи обнаружения), либо с размером критического элемента объекта наблюдения, например глаза (для задач идентификации).

Как известно, продолжительность экспозиции кадра зависит от освещенности объекта. Чем ниже уровень освещенности, тем большее значение выдержки электронного затвора требуется для формирования изображения. Максимальное значение, соответствующее минимальной освещенности, определяет длительность формирования кадра  $\Delta t_k$ , составляющую 0,04 с (при 25 кадрах в секунду). Это значение взято с запасом, поскольку реально часть этого временного интервала тратится на считывание сигнала с матрицы, т. е.  $\Delta t_3 < \Delta t_k$ . Поэтому в качестве максимальной величины можно использовать значение  $\Delta t_k = 0,04$  с.

Выше были рассмотрены типичные случаи влияния скорости движения объекта на качество изображения. Однако, учитывая, что реальные задачи, решаемым ТВСН, весьма разнообразны, в ряде специальных задач необходимо выполнять оценку такого влияния с учетом специфики конкретных условий.

#### **1.4. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТИВА**

Существуют различные методы выбора угла обзора телекамеры, который определяется таким параметром объектива, как фокусное расстояние. Правильный выбор этого параметра обеспечивает решение задачи формирования зоны обзора требуемых угловых и линейных размеров. К основным методам относятся аналитические, графические, практические, а также использование механических и электронных калькуляторов [1, 3]. Искомой величиной при этом обычно является фокусное расстояние объектива, а исходными данными могут быть:

- размер объекта наблюдения и его относительный размер на экране монитора на определенной дальности;
- размер и форма зоны, отображаемой на экране монитора;
- расстояние до объекта;
- требуемый угол обзора.

Эти параметры могут задаваться как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

В общем случае также должна учитываться и высота установки телекамеры.

### Механический калькулятор

Один из наиболее простых и распространенных способов определения параметров объектива состоит в использовании специальных механических калькуляторов. На рис. 1.19 показан пример такого механического калькулятора.

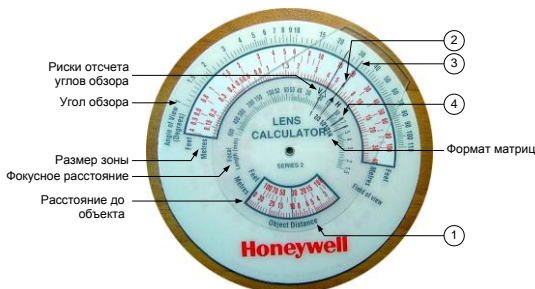


Рис. 1.19. Калькулятор вычисления фокусного расстояния объектива

Калькулятор имеет три части, вращающиеся относительно одной и той же оси. На первой нанесены две шкалы: углов обзора и фокусного расстояния объектива. На второй – шкалы расстояния до объекта и поперечного размера зоны обзора. На третьей – шкала размера матриц телекамеры и риски отсчета углов обзора в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Калькулятор позволяет вычислить:

- угол обзора и фокусное расстояние объектива по заданному расстоянию до объекта наблюдения и поперечному размеру зоны обзора на этом расстоянии;

- угол обзора и размер зоны обзора на заданном расстоянии по формату матрицы и фокусному расстоянию объектива имеющейся ТВ-камеры.

Эти вычисления можно выполнить как для вертикальной, так и для горизонтальной плоскости. Рассмотрим для примера процедуру вычислений для первого случая.

Пусть требуется обеспечить наблюдение на расстоянии 10 м за объектами в зоне поперечного размера 6 м. Необходимо выбрать объектив для телекамеры с матрицей 1/3". Для решения этой задачи надо выполнить следующие шаги (см. рис. 1.19).

1. Совместить риску 1 с требуемой дальностью 10 м в нижней части шкалы.

2. Совместить риску 2 горизонтального обзора (поскольку задан поперечный размер) с заданным значением 6 м размера зоны обзора.

3. По этой риске на верхней шкале определить требуемый угол обзора 3 – 32°.

4. По риске на шкале форматов матриц и шкале фокусных расстояний определить требуемое фокусное расстояние объектива (около 8 мм) для заданного формата матрицы 4.

Затем по этим данным можно выбрать объектив из ряда имеющихся с близким значением фокусного расстояния и уточнить угол обзора и размеры зоны для выбранного объектива. При необходимости полученные параметры объектива могут быть откорректированы, чтобы максимально точно удовлетворять требованиям решаемой задачи. Это можно решить, используя, в том числе, объектив с возможностью ручной регулировки фокусного расстояния.

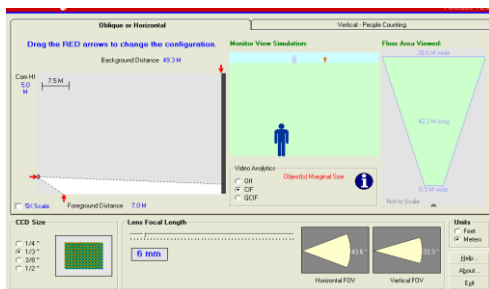
Аналогичные процедуры выполняются и для других задач. К примеру, после шага 3 можно выбрать подходящее сочетание формата матрицы телекамеры и фокусного расстояния объектива либо по заданным параметрам камеры и объектива определить углы обзора и размеры зоны.

### **Электронный калькулятор**

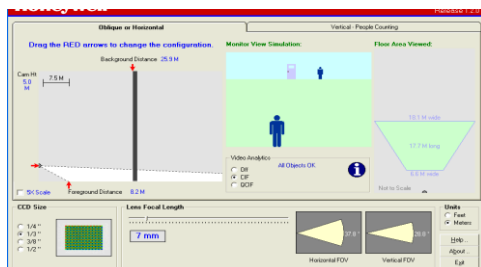
Другой вариант, получающий всё большее распространение, – это электронные калькуляторы. Они значительно удобнее и дают, кроме числовых параметров, наглядное представление о

форме и размерах зоны обзора, соотношении размеров зоны обзора и объекта наблюдения и могут учитывать также высоту установки телекамеры.

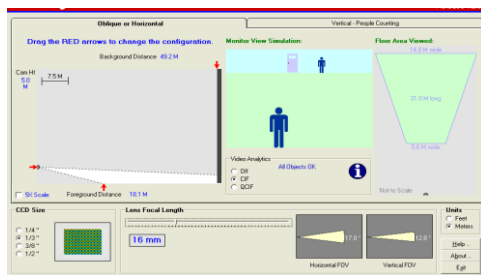
На рис. 1.20, а–в показаны экраны с изображением такого электронного калькулятора [4]. Исходными данными, которыми можно варьировать, являются:



а)



б)



в)

Рис. 1.20. Вид экрана электронного калькулятора объектива

- высота установки телекамеры;
- размер зоны обзора (положение дальней границы);
- ближняя граница зоны обзора (граница теневой зоны);
- формат матрицы телекамеры.

Результатом могут быть:

- фокусное расстояние объектива;
- углы обзора в вертикальной и горизонтальной областях;
- форма зоны обзора на горизонтальной плоскости;
- положение ближней границы;
- соотношение размеров объекта наблюдения на ближней и дальней границах на экране монитора.

В левой нижней части окна устанавливается формат матрицы телекамеры, в нижней части – фокусное расстояние объектива. Затем с помощью «мышки» в левой средней части экрана можно выбрать разную высоту установки телекамеры, дальнюю и ближнюю границы зоны обзора. При этом автоматически меняются и отображаются форма и размеры зоны обзора и фигуры человека относительно размера экрана (в средней части экрана).

Таким образом, варьируя параметрами, достаточно просто и наглядно можно получить необходимую информацию для выбора объектива под конкретную задачу.

## 2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ

Важнейший показатель любой системы безопасности, включая ТВСН, – это её эффективность. Эффективность может оцениваться как различными способами, так и по различным критериям, например экономическим, вероятностным и др. Один из наиболее общих критериев – это результативная эффективность, позволяющая оценить возможности системы в целом по выполнению своих основных функций – предотвращения, обнаружения и ликвидации угроз объекту обеспечения безопасности до нанесения ему существенного ущерба [5].

Применительно к ТВСН важнейшей характеристикой, от которой зависит эффективность системы в целом, является качество формируемого видеоизображения. Отметим несколько особенностей, характеризующих рассматриваемую задачу оценки качества изображения.

Во-первых, многозначность самой задачи и сложность её решения. В реальных системах ТВ-наблюдения изображение может содержать различные по характеру и параметрам объекты наблюдения, которые могут появляться в той или иной части зоны наблюдения в разных условиях. Размер этих объектов на экране и качество изображений будут зависеть от многих факторов, в частности:

- от параметров телекамеры и объектива;
- формы, размеров и положения объекта наблюдения в зоне обзора;
- параметров движения объекта;
- характеристик и параметров самого объекта наблюдения (цвета, формы, ...);
- характеристик фона;
- цветового или яркостного контраста объекта наблюдения и фона;
- освещенности зоны наблюдения и многих других.

Во-вторых, разнообразие характеристик, которыми можно оценивать видеоизображение и которые могут применяться как разработчиками самого оборудования и систем, так и конечными пользователями. Эти общие характеристики и параметры устройств ТВСН подробно описаны в литературе и определены

в различных нормативных документах [6–11]. Многие из них можно применять как к системам ТВ-наблюдения в целом, так и к отдельным элементам таких систем, например телекамерам.

В-третьих, многообразие элементов ТВСН (как по функциональному назначению, так и по конкретному типу), которые влияют в той или иной степени на качество видеоизображения.

При этом перед разработчиками устройств и систем ТВ-наблюдения зачастую стоят различные задачи. Разработчик и производитель устройств (телекамер, видеорегистраторов и т.п.) должен создать конкурентно способный продукт, удовлетворяющий имеющимся нормативным документам.

Разработчик и поставщик ТВ-систем заинтересован, прежде всего, продать оборудование заказчику, который, как правило, и конечный пользователь. Конечно, разработчик может предложить (и обычно предлагает) различные опции, но ограничения (в первую очередь, финансовые), выдвигаемые заказчиком, обычно требуют соответствующих ограничений и на количественный состав, и на функциональные возможности создаваемой ТВСН, и на стоимостную категорию используемого оборудования. И здесь разработчик системы или поставщик оборудования при реализации этих ограничений может умолчать о некоторых проблемах, которые могут возникнуть в дальнейшем при эксплуатации ТВСН. Например, о недопустимом снижении качества видеоизображения, которое не позволит решить поставленные задачи наблюдения.

Заказчика интересует конечный результат – эффективность ТВСН, определяющая её способность решить поставленные задачи наблюдения.

Поэтому будем рассматривать задачу оценки качества видеоизображения, прежде всего, с позиций конечного пользователя. Поскольку именно конечный пользователь заинтересован в наибольшей степени в том, чтобы ТВСН в полной мере выполняла свои функции.

С этой точки зрения нужно говорить, прежде всего, о соответствии видеоизображения на экране монитора изображению объекта наблюдения. С позиции этого соответствия пользователя не должно интересовать, реальное ли это изображение или записанное ранее, виден ли «невооруженным» взглядом объект



наблюдения или освещенность на объекте такова, что его практически не видно, было сжатие видеосигналов или нет и т.д. Его интересует конечный результат, который как раз и зависит от степени соответствия полученного изображения оригиналу.

Поэтому в данном случае можно рассматривать систему ТВ-наблюдения как некий «черный ящик» (рис. 2.1) и говорить о достижении упомянутого выше соответствия изображения объекта изображению на экране монитора.

Конкретное аппаратно-программное наполнение этого «черного ящика», обеспечивающее требуемый уровень соответствия, – задача проектировщика, поставщика и установщика.



Рис. 2.1. Представление ТВСН в виде «черного ящика»

Известно, что видеоизображение как а аналоговых, так и в цифровых системах обладает той или иной степенью дискретности – это либо телевизионные линии, либо пиксели. С другой стороны, и сами объекты и субъекты наблюдения обычно имеют характерные мелкие элементы. Поэтому очевидно, что в общем случае при формировании видеоизображения этих элементов будет иметь место некоторое искажение видеоизображения реального объекта наблюдения, потеря некоторых мелких элементов, т.е. несоответствие изображения объекта наблюдения его видеоизображению, сформированному ТВСН.

На практике если и можно говорить о полном соответствии сформированного телекамерой видеоизображения изображению, воспроизведенному на экране монитора в некоторых

цифровых системах (по крайней мере, в системах высокой четкости HD, не использующих сжатие видеосигнала), всё равно не будет полного соответствия мелких элементов объекта наблюдения и упомянутого видеоизображения.

На качество видеоизображения в той или иной степени будут влиять, все элементы ТВ-системы, которые формируют, передают, преобразуют и отображают видеосигналы. Поэтому в общем случае надо учитывать их все, т. е. рассматривать влияние на изменение сформированного изображения нижеперечисленных аппаратных и программных элементов:

- телекамеры, включая объектив;
- алгоритма и устройств сжатия видеосигнала;
- устройств и каналов передачи видеосигнала;
- видеорегистраторов;
- устройств отображения.

Эти элементы показаны на обобщенной структурной схеме ТВСН (рис. 2.2).

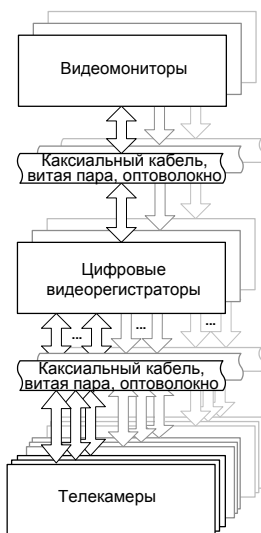


Рис. 2.2. Обобщенная структура ТВСН

Соответственно этим элементам можно говорить о видеоизображении на различных этапах формирования, преобразова-

ния, передачи, записи, воспроизведения и отображения видеосигналов, т. е. рассматривать и оценивать следующее.

- Качество формируемого изображения – соответствие сформированного видеоизображения реальному.
- Качество передачи – соответствие передаваемого и принятого видеосигнала.
- Качество записи – соответствие записываемого и записанного (воспроизводимого) видеосигнала.
- Качество отображения – соответствие отображаемого видеоизображения сформированному.

Либо, если говорить о всей системе ТВ-наблюдения, соответствие сформированного телекамерой видеоизображения изображению реального объекта наблюдения.

## **2.1. ИНФОРМАТИВНОСТЬ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ**

Возможности систем ТВ-наблюдения по решению тех или иных задач наблюдения, а следовательно, и задач обеспечения физической безопасности различных объектов в значительной степени определяются информативностью формируемого изображения контролируемой зоны объекта. Рассмотрим, каким образом можно характеризовать информативность видеоизображений в ТВ-системах.

Как отмечалось выше, к параметрам и характеристикам, по которым можно оценивать качество видеоизображений ТВСН, можно отнести, прежде всего, общие параметры телевизионного изображения (яркость, контрастность и т.д.), которыми пользуются как разработчики ТВ-оборудования, так и разработчики ТВСН. С упомянутыми характеристиками можно ознакомиться в соответствующей литературе, например [1, 3, 6–10].

Но с точки зрения пользователя систем ТВ-наблюдения необходимо учитывать также и другие способы и критерии оценки ТВСН, которые связаны с возможностью формирования изображения, обладающего определенным набором информативных элементов. Например, изображения лица, позволяющим решить, как идеальный вариант, задачу идентификации с требуемой вероятностью. К таким критериям можно отнести:

- 1) информативность зоны обзора;

- 2) информативность изображения наблюдаемого объекта;
- 3) равномерность распределения информативности зоны обзора и формируемых изображений субъектов или объектов по зоне наблюдения.

Рассмотрим подробнее эти критерии. При этом нужно помнить, что, рассматривая эти способы оценки эффективности технических решений, нельзя забывать о методах их использования. Поскольку любые технические средства ТВСН в итоге будут эффективно выполнять свои функции только при правильном их использовании. То есть при наличии эффективных методов их использования – организации работы операторов, сил реагирования на несанкционированные действия и т.д.

### ***Информативность зоны обзора***

Информативность зоны обзора может характеризоваться разными способами. Для этого могут использоваться следующие критерии.

Во-первых, соотношение информативной части площади  $S_{\text{инф}}$  изображения на экране, несущее полезную информацию, и полной площади экрана  $S_{\text{экр}}$ . При этом под информативной частью изображения будем понимать только ту часть изображения на экране монитора, состояние которой необходимо контролировать, в которой могут находиться объекты наблюдения. В идеальном случае всё экранное изображение должно содержать полезную информацию, позволяющую ТВ-системе решать ту или иную задачу наблюдения. В этом случае упомянутое соотношение будет равно 1 (или 100%). Будем называть это соотношение площадей *коэффициентом использования площади изображения на экране*:

$$K_{\text{из}} = S_{\text{инф}} / S_{\text{экр}}$$

На рис. 2.3 показан пример типичного изображения на экране монитора от телекамеры, предназначенной для контроля дорожного движения.

Хорошо видно, что только выделенная пунктиром часть видеоизображения позволяет решать поставленную задачу. В то время как значительную часть экрана занимает изображение воздушного пространства над наблюдаемой территорией и за-

стройки по краям улицы. То есть изображение на рис. 2.3 в верхней и правой частях экрана не несет полезной информации для пользователя ТВСН.



Рис. 2.3. Изображение от камеры контроля дорожного движения

Поэтому если не стоит такая специфическая задача, как обнаружение проникновения через воздушное пространство или наблюдение за погодой, то эта часть изображения не является информативной.

Этот параметр (коэффициент использования площади экрана) также характеризует эффективность использования телевизионной камеры. В рассмотренном примере простой её разворот без изменения фокусного расстояния (рис. 2.4, *а*) либо с изменением (рис. 2.4, *б*) позволяет существенно повысить эффективность данного канала системы ТВ-наблюдения без дополнительных затрат, увеличив размер зоны обзора и повысив информативность формируемого видеоизображения.

Во-вторых, критерием информативности зоны обзора можно считать принципиальную *возможность воспроизведения изображения* объекта или субъекта наблюдения в той или иной части экрана с параметрами, позволяющими решить поставленную задачу наблюдения. Это будет определяться, в частности, минимально требуемым разрешением, а также яркостным или цветовым контрастом и другими подобными характеристиками. Например, в дальней части зоны видеоконтроля на определенном расстоянии от телекамеры изображение человека на экране практически не будет формироваться. Это может объясняться, например, тем, что разрешение для объекта на максимальной

дальности таково, что используется менее одного пикселя для отображения минимального размера этого объекта. То есть задача обнаружения будет практически невыполнима даже в идеальных условиях наблюдения.

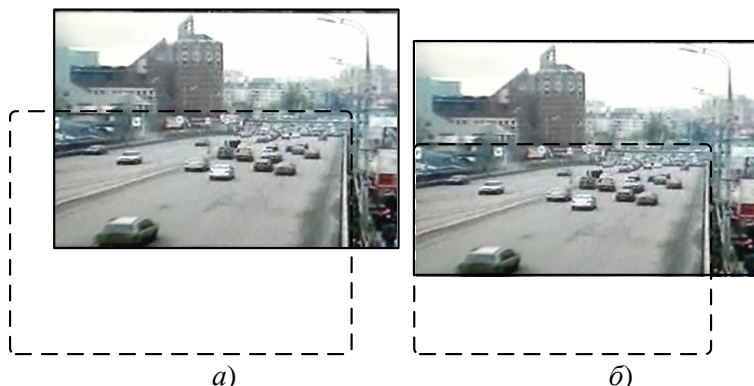


Рис. 2.4. Эффективность использования площади экрана

В-третьих, для оценки информативности зоны обзора можно использовать *возможность решения поставленной задачи*. К примеру, различения действий субъекта наблюдения или его идентификации. Этот случай в определенном смысле связан с предыдущим, поскольку также требует учета разрешения для объекта. Для этого могут быть использованы критерии Джонсона или другие методы, например, требование определенного минимального размера изображения самого объекта наблюдения на экране монитора либо критического размера элемента объекта, который требуется обнаружить, различить или идентифицировать на соответствующей дальности.

### ***Равномерность параметров формируемых изображений***

Ясно, что чем дальше объект наблюдения находится от телекамеры, тем меньшую часть относительно размера экрана будет занимать изображение этого объекта (см. рис. 1.5, 1.6).

Равномерность параметров формируемых изображений по зоне наблюдения может характеризоваться соотношением размеров видеоизображений этих объектов на ближней и дальней

границах зоны обзора. То есть в данном случае можно условно говорить о глубине информативности изображения.

Для иллюстрации сказанного на рис. 2.5 приведены два варианта установки телекамеры для контроля зоны одного и того же размера, на рис. 2.6, *а* и *б* – изображения на экране монитора человека на ближней и дальней границах зон обзора для этих вариантов установки.

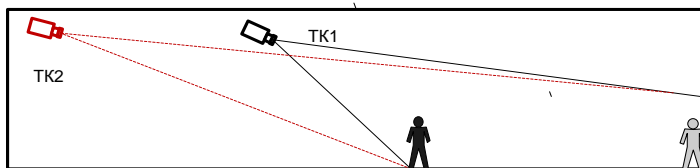


Рис. 2.5. Установка ТК на разном расстоянии от контролируемой зоны

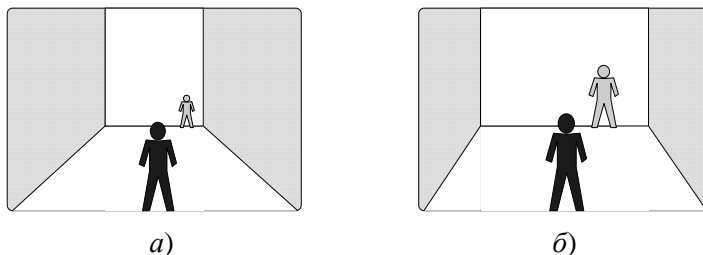


Рис. 2.6. Изображение на экране монитора для разного положения ТК

Видно, что соотношение размеров человека заметно меняется по дальности и, следовательно, меняются и возможности решения задач теленаблюдения, например идентификации или различения действий.

Будем называть упомянутое соотношение *коэффициентом  $K_p$  равномерности изображений* по зоне наблюдения. Этот коэффициент может определяться отношением размеров вертикального изображения одного и того же объекта (например, высоты  $H$  автомобиля или роста человека) на ближней  $H_б$  и дальней  $H_д$  границах зон наблюдения:

$$K_p = H_д / H_б,$$

либо, что практически то же самое, соотношением расстояний от телекамеры до ближней  $L_б$  и дальней  $L_д$  границ зоны обзора:

$$K_p = L_б / L_д.$$

Максимальное (теоретическое) значение этого коэффициента будет равно единице. При значениях  $K_p$ , близких к единице, ТВ-система позволит одинаково эффективно решать задачи наблюдения практически по всей зоне. Конечно, к сожалению, на практике это недостижимо.

## 2.2. РАЗРЕШЕНИЕ

Для решения различных задач наблюдения важное значение могут иметь мелкие характерные детали изображения объекта. Поэтому с точки зрения качества формируемого изображения пользователя должны интересовать возможность ТВ-системы воспроизводить эти детали. Эта возможность может характеризоваться различными способами. В рассматриваемой задаче для этого обычно используют такой параметр, как разрешающая способность.

### *Разрешающая способность*

Разрешающая способность устройств и систем ТВ-наблюдения является одной из основных характеристик качества видеоизображения, позволяющей оценить способность ТВ-системы или отдельного устройства этой системы (например, телевизионной камеры) воспроизводить мелкие детали изображения объекта наблюдения.

Как правило, эта характеристика применяется для телевизионных камер. Но, как отмечалось выше, пользователи должны интересоваться, прежде всего, характеристиками ТВ-системы в целом, то, что он увидит на её выходе. В этом случае будет учитываться влияние на качество изображения всех элементов ТВСН, поскольку параметры ТВ-сигнала ухудшаются по мере прохождения сигналом различных элементов системы – каналов связи, устройств записи видеосигналов и т.п. С этой точки зрения можно и нужно использовать такую характеристику, как разрешающая способность для всей системы ТВ-наблюдения.



## Оценка разрешающей способности

Оценка разрешающей способности элементов и устройств ТВ-систем может выполняться различными способами. К основным можно отнести рассматриваемые ниже.

### Телевизионные таблицы

Наиболее распространенный подход к оценке разрешающей способности заключается в использовании различных таблиц, имеющих, в числе прочих, специальные графические элементы – горизонтальные и вертикальные чередующиеся черные и белые линии различной ширины. Эти линии могут быть либо параллельными, либо конической формы. Примеры таких таблиц приведены на рис. 2.7.

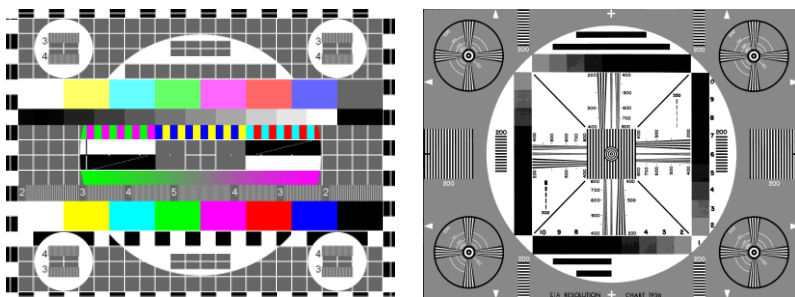


Рис. 2.7. Телевизионные таблицы

Минимально различимая ширина линий и определяет максимальное возможное количество горизонтальных или вертикальных элементов (строк) видеоизображения.

Отметим, что на практике (особенно в рекламе) в последнее время часто имеет место смешивание понятий: с одной стороны, разрешающей способности, с другой стороны, количества строк формируемого видеоизображения в аналоговых системах или количества рядов пикселей в цифровых. Эти параметры, как известно, связаны с разрешающей способностью коэффициентом, имеющим значение приблизительно 0,7. Например, для телекамеры с матрицей, имеющей  $500 \times 582$  эффективных пикселей, разрешающая способность по горизонтали будет приблизительно равна  $582 \times 0,7 \approx 380$  телевизионных линий, а по вертикали 350.

### Стандартная цель Ротакин

Использование таблиц для реальной ТВ-системы обычно затруднительно, поскольку телекамеры установлены достаточно высоко и с разным углом наклона. Поэтому для практического применения в таких ситуациях может быть полезен способ оценки разрешающей способности, который предлагается в европейском стандарте [12]. В нем используется специальная цель или манекен, имитирующий человека (рис. 2.8).

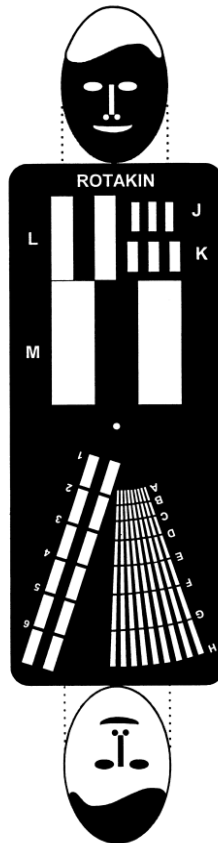


Рис. 2.8. Стандартная цель Ротакин

Размеры манекена близки к средним размерам человека – высота 160 см и ширина 40 см. На поверхности манекена в раз-

ных местах нанесены высококонтрастные шкалы для оценки разрешающей способности системы. При испытаниях манекен располагается в определенной части зоны обзора. Оценка значения разрешающей способности осуществляется по максимально различимой на экране монитора части шкалы (с минимальными размерами элементов) на поверхности цели и промаркированными буквами латинского алфавита. Затем определяется, какую относительную часть экрана занимает изображение манекена. Далее с учетом этого значения и буквы латинского алфавита, соответствующей части шкалы с минимально различимыми размерами элементов, определяется разрешающая способность по данным приведенной таблицы табл. 2.1.

Таблица 2.1

Маркировка на цели	Часть экрана, которую занимает цель, %				
	100	50	20	10	5
	Количество ТВ-линий				
<b>A</b>	500	1000	2500	5000	10000
<b>B</b>	450	900	2250	4500	9000
<b>C</b>	400	800	2000	4000	8000
<b>D</b>	350	700	1750	3500	7000
<b>E</b>	300	600	1500	3000	6000
<b>F</b>	250	500	1250	2500	5000
<b>G</b>	200	400	1000	2000	4000
<b>H</b>	150	300	750	1500	3000
<b>J</b>	100	200	500	1000	2000
<b>K</b>	80	160	400	800	1600
<b>L</b>	40	80	200	400	800
<b>M</b>	20	40	100	200	400

При такой методике измерение значения разрешающей способности можно сделать для цели, находящейся на разных расстояниях от телекамеры.

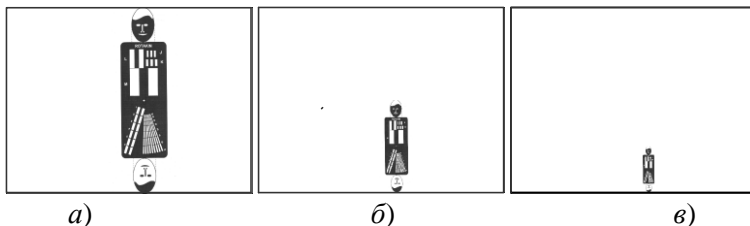


Рис. 2.9. Изображение манекена на разных расстояниях

Рассмотрим примеры. Пусть манекен находится на расстояниях, соответствующих его полному изображению на экране (рис. 2.9, *а*), а также занимающих половину (50% – рис. 2.9, *б*), и одну пятую часть (20% – рис. 2.9, *в*) экрана.

На рис. 2.10, *а–в* приведены соответствующие изображения манекена в одинаковом масштабе. По минимально различимым частям шкал на этих рисунках можно определить соответствующую маркировку. Для рис. 2.10, *а* это буква А, для рис. 2.10, *б* – F, а для рис. 2.10, *в* – J. В таблице 2.1 отмечены значения разрешающей способности, соответствующие этим буквам и относительному размеру изображения манекена и равные все приблизительно 500.

Таким образом, измерения разрешающей способности, выполненные при расположении манекена на разных расстояниях от телекамеры, дали один и тот же результат, что является достаточно удобным на практике.

Заметим, что этот манекен позволяет решать и другие задачи оценки характеристик и параметров системы ТВ-наблюдения. Так, угловая часть шкалы имеет ось, проходящую через центр цели. Цель может вращаться относительно этого центра. Следовательно, эта часть шкалы позволяет оценить влияние на формируемое видеоизображение движения объекта. Позитивное и негативное изображения головы манекены можно использовать, к примеру, для оценки характеристик обнаружения цели на различном фоне.

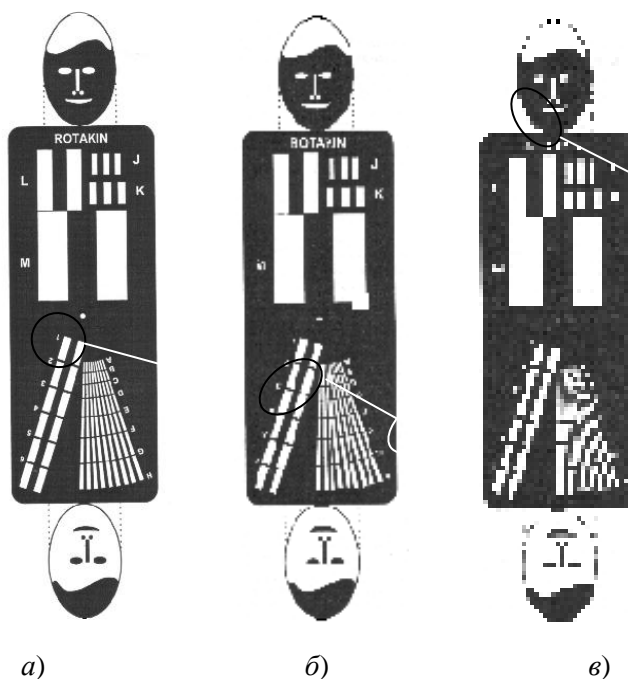


Рис. 2.10. Изображения манекена, расположенного на разных дальностях

### *Разрешение на объекте наблюдения*

Такой рассмотренный выше параметр, как разрешающая способность, применяемый к телекамерам и к ТВ-системе в целом, не всегда будет отражать реальные возможности систем с точки зрения решения поставленных задач наблюдения. Это объясняется тем, что способность ТВ-системы воспроизводить мелкие детали изображения какого-либо объекта наблюдения зависит не только от характеристик отдельных устройств, входящих в состав ТВСН, но и в значительной степени от таких параметров, как угол обзора и расстояние от телекамеры до объекта наблюдения. Поэтому целесообразно наряду с понятием разрешающая способность, определяющим потенциальные возможности по воспроизведению мелких деталей изображения,

использовать также понятие разрешения на объекте, характеризующее возможности воспроизведения мелких деталей изображения объекта наблюдения на определенном расстоянии от телекамеры.

Для иллюстрации влияния расстояния до объекта наблюдения на рис. 2.11 приведены изображение лица [9] с разным разрешением – с различным количеством пикселей, приходящихся на поперечный размер лица:  $a$  – 8 пикселей,  $b$  – 16,  $в$  – 32,  $г$  – 64. Этот рисунок наглядно иллюстрирует важность задачи правильного выбора разрешающей способности телекамеры. Например, для полноценного решения задачи идентификации вполне пригодно изображение на рис. 2.11,  $г$ . При использовании рис. 2.11,  $в$  можно достаточно успешно решать задачу идентификации знакомого человека и, с некоторым трудом, незнакомого. Изображение на рис. 2.11,  $б$  лишь отчасти (с низкой достоверностью) может помочь опознать знакомого. Первое же изображение для решения такой задачи практически непригодно.

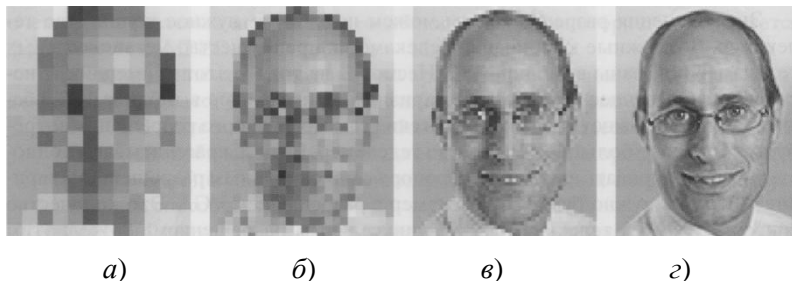


Рис. 2.11. Изображение лица с разным разрешением

Связь этих изображений с расстоянием от телекамеры можно пояснить следующим образом. Если предположить, что изображение с максимальным разрешением ( $г$ ) соответствует человеку, находящемуся на расстоянии 2 м от телекамеры, то изображение ( $в$ ) будет соответствовать расстоянию 4 м, ( $б$ ) – 8 м, ( $а$ ) – 16 м. При этом рассматриваемые изображения сформированы одной и той же телевизионной камерой с одной и той же разрешающей способностью и отмасштабированы к одному и тому же размеру.

С учетом сказанного выше становится очевидно, что для оценки реальных возможностей по решению разных задач ТВ-наблюдения знания только разрешающей способности телекамеры или ТВСН (как предельного её параметра) недостаточно. Требуется также разрешение для объекта наблюдения.

### **Разрешение для объекта**

Разнообразие решаемых ТВ-системой задач весьма велико. И появляется всё больше задач наблюдения различных объектов, не только человека. Эти объекты могут различаться формой, размером и другими параметрами. Например, задачи обнаружения и распознавания беспилотных летательных аппаратов над контролируемой территорией. Поэтому и возникает вопрос, как оценить требуемые параметры по разрешению для произвольного объекта.

Вопросы постановки типовых задач наблюдения в ТВСН рассмотрены в пособии [2]. Там же рассматриваются варианты задач ТВ-наблюдения и выбор относительного размера человека (как наиболее типичного объекта наблюдения) на экране монитора для разных телевизионных стандартов.

В большинстве случаев все различные рекомендации сводятся к оценкам количества телевизионных линий (ТВЛ) или рядов пикселей, приходящихся на изображение того или иного объекта наблюдения, например, по высоте и ширине. Это может выражаться либо в относительном размере изображения объекта на экране монитора для определенного ТВ-стандарта (т.е. для определенного количества ТВЛ или пикселей по вертикали), и к количеству ТВЛ для определенных объектов наблюдения (к примеру, солдат, танков и др. в критериях Джонсона), и к требуемому числу линий на объект определенного размера.

Рассмотрим, каким образом можно осуществить выбор требуемой разрешающей способности для произвольного объекта.

С учетом возможных задач наблюдения можно рассматривать два основных случая, когда требуется:

- обнаружить сам объект наблюдения, например, упомянутый беспилотный летательный аппарат или робот-разведчик;

- различить определенные элементы объектов наблюдения, к примеру, наличие и тип вооружения на борту робота-разведчика.

Соответственно этому можно говорить о критических или минимальных размерах:

- самого объекта наблюдения, которые в общем случае могут быть разными для различных ракурсов одного и того же объекта (например, в задачах обнаружения);
- элемента объекта наблюдения, например, глаз человека, важных для идентификации, или ширины символов при распознавании номерных знаков автомашин.

Видеоизображение как самого объекта наблюдения, так и его элементов в каждом конкретном случае можно характеризовать количеством ТВЛ или пикселей, приходящихся на изображение этого объекта (к примеру, человека) или элемент этого объекта (например, лицо или глаз) (см. рис. 2.11).

Это количество ТВЛ можно сопоставить с размерами как собственно объекта, так и его характерных элементов. При этом для одного и того же объекта наблюдения количество этих ТВЛ будет различным на разных дальностях от телевизионной камеры.

### **Элемент разрешения**

Определим такое понятие, как *элемент разрешения* – минимальный элемент объекта, который может различить система ТВ-наблюдения на определенной дальности. Размер этого элемента может быть определен как по вертикали, так и по горизонтали. Для простоты не будем учитывать вопросы освещенности, контрастности и т.п.

Размер элемента разрешения  $\Delta$  может быть определен как линейный размер  $S$  зоны обзора (длина дуги) в соответствующей плоскости на определенном расстоянии  $L$ , деленный на количество пикселей  $M$  матрицы телекамеры в этой же плоскости (рис. 2.12).



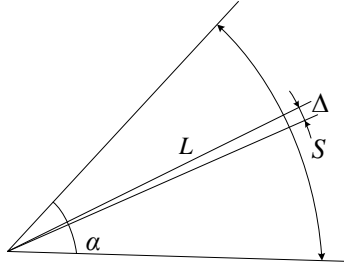


Рис. 2.12. Элемент разрешения

Таким образом, учитывая, что  $S$  зависит от расстояния до объекта  $L$  и углов обзора в вертикальной  $\alpha_{\text{верт}}$  и в горизонтальной  $\alpha_{\text{гор}}$  плоскостях, можно записать соответствующие выражения для размеров дуг в вертикальной  $S_{\text{верт}}$  и горизонтальной  $S_{\text{гор}}$  плоскостях:

$$S_{\text{верт}} = 2\pi L \frac{\alpha_{\text{верт}}}{360}; \quad S_{\text{гор}} = 2\pi L \frac{\alpha_{\text{гор}}}{360} \quad (2.1)$$

и для соответствующих размеров  $\Delta$  элементов разрешения

$$\Delta_{\text{гор}} = 2\pi L \frac{\alpha_{\text{гор}}}{360 \cdot M_{\text{гор}}};$$

$$\Delta_{\text{верт}} = 2\pi L \frac{\alpha_{\text{верт}}}{360 \cdot M_{\text{верт}}}, \quad (2.2)$$

где  $M_{\text{гор}}$  и  $M_{\text{верт}}$  – количество пикселей матрицы телекамеры в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Таким образом, ясно, что размер элемента разрешения является функцией нескольких переменных (см. рис. 2.12):

- расстояния  $L$  от телевизионной камеры до объекта;
- угла обзора  $\alpha$ , определяемого объективом и форматом матрицы;
- количества  $M$  пикселей матрицы телекамеры.

Рис. 2.13 иллюстрирует характер изменения размера элемента разрешения на разных дальностях до объекта.

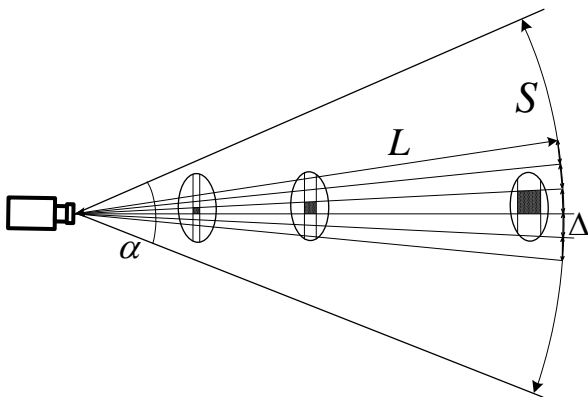


Рис. 2.13. Элемент разрешения

Выражения (2.1) записаны для общего случая. В ряде задач их можно упростить с учетом обычно используемых соотношений 3:4 и 16:9 сторон матрицы и изображения на экране монитора. Вводя соответствующие коэффициенты, связывающие углы обзора  $\alpha_{\text{верт}}$  и  $\alpha_{\text{гор}}$ , получим  $\alpha_{\text{верт}} = 0,75\alpha_{\text{гор}}$  для соотношения 3:4 и  $\alpha_{\text{верт}} \cong 0,56\alpha_{\text{гор}}$  для соотношения 16:9.

Как легко убедиться из приведенных выше выражений, зависимости размеров элементов разрешения в вертикальной  $\Delta_{\text{верт}}$  и горизонтальной  $\Delta_{\text{гор}}$  плоскостях от расстояния от телекамеры линейные (рис. 2.14).

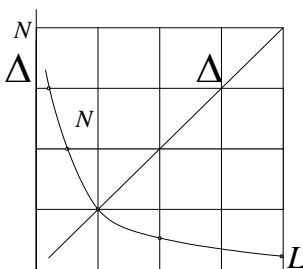


Рис. 2.14. Зависимость количества и размера элементов разрешения от расстояния

## Разрешение на объекте

Напомним ещё раз, что для практических задач такой параметр, как разрешающая способность телевизионной камеры, характеризующий потенциальные возможности качества формируемого видеоизображения, является, безусловно, одним из важнейших. Однако для оценки качества получаемого изображения важна не столько разрешающая способность телевизионной камеры сама по себе, сколько возможность оценки качества этого изображения применительно к конкретному объекту, находящемуся на определенной дальности от телевизионной камеры. Поэтому введем еще один параметр, характеризующий возможности по воспроизведению изображения объекта наблюдения высотой  $H$  и шириной  $D$ , находящегося в зоне обзора на определенной дальности  $L$  от телекамеры.

*Разрешение на объекте* – это количество вертикальных  $N_H$  или горизонтальных  $N_D$  элементов разрешения  $\Delta_H$  и  $\Delta_D$  в соответствующих плоскостях, отображающих объект определенного размера и на определенном расстоянии. То есть можно записать

$$N_H = \frac{H}{\Delta_H}, \quad N_D = \frac{D}{\Delta_D}. \quad (2.3)$$

Фактически это соответствует числу пикселей, приходящихся на изображение объекта определенного размера. Так, для примера на рис. 2.11, *а*, если элемент разрешения равен 2 см на дальности 16 м, то на лицо человека шириной 16 см будет приходиться 8 элементов разрешения. На вдвое меньшей дальности, равной 8 м (см. рис. 2.11, *б*) – 16 элементов. То есть разрешение для того же самого объекта на вдвое меньшей дальности будет в 2 раза больше.

Ясно, что чем больше разрешение на объекте (т. е. используется больше элементов меньшего размера для формирования изображения), тем более детальным будет это изображение. Таким образом, знание размеров наблюдаемого объекта и дальности, на которой он находится, а также размеров элементов разрешения на этой дальности позволяет оценить количественно качество изображения с точки зрения детальности его воспроизведения.

Разрешение на объекте обратно пропорционально расстоянию (см. рис. 2.14), поскольку размер объекта не зависит от расстояния, а размер элемента разрешения увеличивается прямо пропорционально расстоянию.

### **Относительное разрешение**

В некоторых задачах может быть полезным относительное разрешение.

*Относительное разрешение* – это количество элементов разрешения  $N_H^o$  или  $N_D^o$ , приходящихся на единицу размера объекта

$$N_H^o = \frac{1}{\Delta_H}, \quad N_D^o = \frac{1}{\Delta_D}. \quad (2.4)$$

Размерность этих величин метр в минус первой степени  $[M^{-1}]$ . Для примера на рис. 2.11, в получим  $64:16=4$  элемента на 1 см или  $400M^{-1}$ . Относительное разрешение может быть пересчитано в разрешении для конкретного объекта умножением первого на реальный размер объекта.

### ***Критерии выбора разрешения***

Требуемые значения размеров элементов разрешения могут быть полезными при выборе параметров объектива (т. е. угла обзора) и диапазона рабочей дальности, в пределах которого решаются поставленные задачи наблюдения.

С точки зрения основных задач наблюдения [1], можно говорить о следующих характерных размерах в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

- элементов объекта  $h_{\min}$  и  $d_{\min}$ , нужных для идентификации, к примеру, размеров глаза человека;
- элементов объекта  $h$  и  $d$  для задач распознавания, например толщины руки;
- самого объекта  $H$  и  $G$  для задач обнаружения с учетом того, что эти размеры различны в разных проекциях, например, роста и ширины плеч человека.

## Идентификация

Можно говорить, что для решения задач идентификации размеры элементов разрешения  $\Delta_H$  и  $\Delta_D$  должны быть значительно меньше размеров минимальных элементов изображения  $d_{\min}$  и  $h_{\min}$ , для которого решается задача идентификации. То есть должны выполняться соотношения

$$\Delta_D \ll d_{\min}, \Delta_H \ll h_{\min}. \quad (2.5)$$

А с учетом возможности различия размеров объекта по горизонтали и вертикали или возможности изменения его положения условие (2.5) можно записать, как необходимость выбора наиболее строгого неравенства, т. е.

$$\min \{ \Delta_D \ll d_{\min}, \Delta_H \ll h_{\min} \}. \quad (2.6)$$

Степень выполнения неравенства в формуле (2.6) будет зависеть от особенностей условий наблюдения, таких как освещенность, контрастность объекта и фона и т.п.

Например, для лица человека наиболее важны глаза. Размер зрачка составляет около 1 см. Следовательно, если взять в качестве использования в критерии оценки (2.6) понятия «меньше» соотношение, равное пяти, т. е.  $5\Delta_D = d_{\min}$ ,  $5\Delta_H = h_{\min}$ , то необходимо, чтобы  $\Delta_H$  и  $\Delta_D$  имели величину около 0,2 см. Это будет соответствовать относительному разрешению на объекте 500 ТВЛ на 1 м размера объекта наблюдения.

Тогда, для примера, при горизонтальном угле обзора телекамеры  $60^\circ$  и 400 ТВЛ допустимый размер дуги [см. формулу (2.1)] составит 0,8 м. Следовательно, при таком угле обзора для эффективного решения задачи идентификации лицо человека должно находиться на расстоянии менее 1 м от телекамеры. Уменьшение угла обзора в 2 раза позволит получить изображение такого же качества на вдвое большей дистанции – 1,6 м. В рассматриваемом случае лицо человека шириной 16 см будет отображаться приблизительно 80 элементами разрешения, что соответствует приблизительно пятой части экрана по высоте. А это согласуется с известными рекомендациями, изложенным, например, в [2], и близко к примеру видеоизображения, приведенному на рис. 2.13, г.

Рассмотренный выше пример характерен для СКУД и идентификации в автоматическом режиме, когда требуется достаточно точно оценить характерные параметры изображения лица.

Если идентификацию выполняет оператор, то требования к критерию могут быть снижены. Особенно если речь идет об идентификации знакомых. Так как человеческий мозг работает по значительно более совершенному алгоритму и при идентификации он учитывает большее количество параметров видеозображения, чем существующие алгоритмы.

### **Распознавание**

Для задач распознавания действий наблюдаемого объекта сравнение размеров элементов разрешения  $\Delta_H$  и  $\Delta_D$  должно вестись с размерами распознаваемых элементов объекта

$$\min \{ \Delta_D < d, \Delta_H < h \}. \quad (2.7)$$

То есть тех элементов, изменения положения которых должны фиксироваться. При этом в разных задачах сами эти элементы, их форма и размеры  $d$  и  $h$  различны и могут меняться при изменении ракурса.

### **Обнаружение**

Для задач обнаружения сравнение должно вестись с размерами самого объекта – шириной  $G$  и высотой  $H$ , точнее, с минимальными размерами в соответствующем ракурсе наблюдения. Следовательно, соотношения, определяющие критерий выбора, будут иметь вид

$$\min \{ \Delta_D \leq G, \Delta_H \leq H \}. \quad (2.8)$$

Можно говорить о теоретическом пределе неравенства (2.8), когда размер объекта равен размеру элемента разрешения:

$$\Delta_G = G, \Delta_H = H. \quad (2.9)$$

Практически этот теоретический предел может использоваться только в идеальных условиях при высоком качестве изображения (высокой контрастности, внимании оператора к определенной части изображения и т.д.). И, конечно, при жестких ограничениях на количество изображений от разных телекамер, контролируемых одним оператором. А реально можно говорить о возможности использования этого предела только при автома-

тизированной анализе видеоизображения. Поскольку обнаружение объекта размером 1 ТВЛ на экране монитора крайне сложно и требует высокого напряжения, что практически невозможно выполнить постоянно.

Рассмотрим практический пример обнаружения. Типичные размеры тела человека по ширине лежат в пределах 20...50 см при боковой и фронтальной проекциях, а средний рост около 170 см.

Используя соотношения (3.8), выбираем наименьший размер 20 см. При таком же коэффициенте 5, определяющем степень неравенства в (3.8), получаем необходимость иметь 4 ТВЛ на 20 см размера, т.е. относительное разрешение на объекте 20 ТВЛ на 1 м.

При тех же параметрах телекамеры, что и в предыдущем примере (угол обзора телекамеры  $60^\circ$  и разрешающая способность 400 ТВЛ по горизонтали), необходимо иметь размеры элемента разрешения  $\Delta = 5$  см, а длину дуги (т. е. размер зоны обзора на определенном расстоянии от телекамеры) не более 30...50 м. При этом на экране монитора человек будет отображаться приблизительно пятью телевизионными линиями по ширине и 20–30 по высоте. Что составляет около 5% экрана по высоте.

Если требуется более надежное обнаружение, то размер зоны обнаружения должен быть уменьшен. Например, если ведется только визуальное наблюдение оператором (без автоматизированного обнаружения движения) по изображению от нескольких телекамер одновременно, то оператор может пропустить появление субъекта на изображении от одной телекамеры, наблюдая за другим. В таком случае можно, например, взять в неравенстве (2.8) большее соотношение.

### ***Учет тракта обработки видеосигнала***

Рассуждения, приведенные выше, справедливы для простейшего случая системы (рис. 2.15) просмотра полноэкранного видеоизображения в реальном времени при условии, что разрешающая способность телекамеры значительно меньше, чем мо-

нителя:  $R_{\text{ТК}} < R_{\text{М}}$ , т. е. монитор не ухудшает качество изображения. Также неявно предполагалось, что и объектив, как неотъемлемый элемент телекамеры, не ухудшает качество видеоизображения, которое может формировать телекамера.

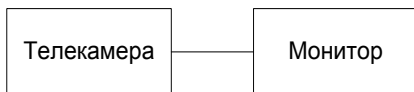


Рис. 2.15. Простейший тракт обработки видеосигнала

Если условие  $R_{\text{ТК}} < R_{\text{М}}$  не выполняется, то в приведенных выше расчетах вместо значения разрешающей способности телекамеры  $R_{\text{ТК}}$  нужно брать значение разрешающей способности монитора  $R_{\text{М}}$ .

В случае полноэкранного просмотра записанного ранее видеоизображения в расчет необходимо принимать также разрешающую способность видеорегистратора  $R_{\text{вр}}$  в режиме записи. В этом случае в тракте обработки (рис. 2.16) будут присутствовать три элемента – телекамера, видеорегистратор и монитор, разрешающая способность каждого из которых влияет на качество наблюдаемого изображения. Кроме того, в общем случае надо учитывать и полосу пропускания каналов передачи видеосигналов (каналов связи), также влияющих на разрешающую способность.

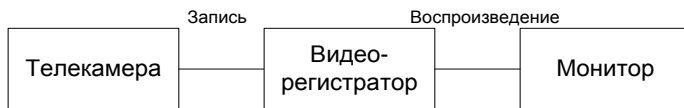


Рис. 2.16. Тракт анализа записанного видеосигнала

В этом случае в качестве значения разрешающей способности, необходимой для расчета, выбирается величина меньше наименьшей разрешающей способности любого элемента системы

$$R = \min\{R_{\text{ТК}}, R_{\text{М}}, R_{\text{вр}}, R_{\text{к.с}}^i\}. \quad (2.10)$$



Несколько иначе дело обстоит в случае мультиэкранного просмотра видеоизображений (рис. 2.17).

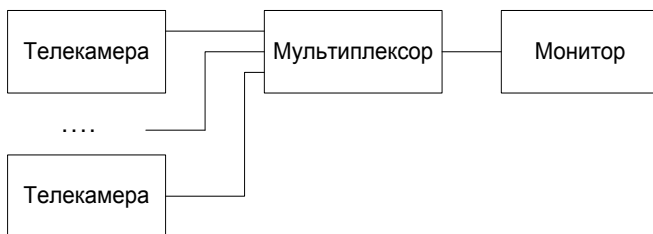


Рис. 2.17. Тракт мультиэкранной обработки видеосигнала

Это касается как просмотра в реальном времени, так и анализа записанных видеосигналов. Очевидно, что в таком режиме для отображения видеосигнала каждой из телекамер будет использоваться только часть экрана. Следовательно, и количество элементов разрешения (например, строк в аналоговом мониторе или пикселей в компьютерном) будет меньше. В рассматриваемом случае исходное значение разрешающей способности должно быть уменьшено в  $k$  раз по сравнению со значением этого параметра для монитора. Коэффициент  $k$  зависит от режима отображения, а именно от количества изображений на экране монитора соответственно по вертикали или горизонтали. Так, например, для режима одновременного отображения изображений от 16 телекамер ( $4 \times 4$ ) коэффициент  $k$  будет равен 4, для режима  $3 \times 3$  (9 изображений)  $k = 3$ .

Случай полноэкранного отображения, рассмотренный выше, является частным случаем со значением  $k = 1$ . Тогда выражение (2.10) можно переписать в общем виде

$$R < \min \left\{ R_{\text{ТК}}, \frac{1}{k} R_{\text{м}}, R_{\text{вп}}, R_{\text{к.с}}^i \right\}. \quad (2.11)$$

Таким образом, в общем случае в качестве исходного выбирается наихудшее значение разрешающей способности элемента тракта обработки видеосигнала с учетом режима отображения. Строго говоря, необходимо учитывать также и то, что в тракте обработки суммарное значение разрешения будет уменьшаться за счет перемножения частотных характеристик

различных элементов, т. е. необходимо брать еще и поправочный коэффициент  $\xi < 1$  тем меньший, чем больше элементов в тракте обработки видеосигнала:

$$R < \xi \cdot \min \left\{ R_{\text{ТК}}, \frac{1}{k} R_{\text{м}}, R_{\text{вр}}, R_{\text{к.с}}^i \right\}.$$

Значение этого коэффициента в общем случае зависит от элементов ТВ-системы и формы их частотных характеристик.

Еще более важным становится учет разрешения отдельных элементов системы ТВ-наблюдения при использовании мегапиксельных телекамер, поскольку недостаточные значения этого параметра у других элементов ТВ-системы может свести на нет преимущества от использования таких телекамер.

Приведенные выше рассуждения справедливы для случая наблюдения и принятия решения оператором. В задаче автоматизированного видеоанализа выявление несанкционированных действий осуществляется в автоматическом режиме с помощью специальных алгоритмов для анализа и интерпретации полученных видеоданных и выдачи соответствующей информации. Окончательное принятие решений осуществляет, как правило, оператор. Возможности автоматизированного анализа видеозаписей, а также ряд вопросов реализации рассмотрены и обобщены, к примеру, в [2].

Рассуждения приведенные выше, не относятся к полностью цифровым системам стандарта высокой четкости, не использующим сжатие видеосигналов. В таких системах имеет место полное соответствие сигналов – сформированного телекамерой и отображаемого на экране монитора.

### 3. ТЕЛЕВИЗИОННОЕ НАБЛЮДЕНИЕ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Необходимость обеспечить круглосуточное наблюдение, особенно вне помещений, приводит к требованию сохранять нормальную работоспособность телевизионных камер в широком динамическом диапазоне освещенности и, в том числе, в условиях низкого уровня последней. Очевидно, что во многих случаях это вызвано необходимостью работы телекамеры в условиях высокой освещенности днем и низкой или ее отсутствия ночью. При этом перепад может составлять 5–9 порядков, например в зимний солнечный день или ночью в пасмурную погоду [3].

При постановке задачи круглосуточного телевизионного наблюдения некоторой зоны, в первую очередь вне помещений, обычно одновременно возникает взаимосвязанная задача организации наблюдения в условиях низкой освещенности. Особенно это важно для цветных телекамер, у которых чувствительность заметно ниже, чем у черно-белых. По этой причине наблюдение при низком уровне освещенности вне помещений в вечернее и ночное время суток или в помещениях при отсутствии основного или при дежурном освещении обычно осуществляется либо черно-белыми телекамерами, либо камерами типа день/ночь в монохромном режиме.

Таким образом, можно говорить о двух связанных между собой задачах наблюдения в сложных условиях освещенности:

- широкого диапазона изменения;
- низкого уровня,

хотя последнюю ситуацию с низкой освещенностью формально можно рассматривать как частный случай первой.

С точки зрения рассматриваемых условий наиболее важными становятся следующие характеристики и параметры элементов телекамер:

- свойства матрицы телекамеры;
- основные параметры телекамеры, связанные с рассматриваемой задачей, в частности параметры работы электронного затвора;

- алгоритм обработки видеосигнала (например, алгоритмы накопления сигнала);
- параметры объектива (такие как F-stop, автодиафрагма, инфракрасная (ИК) коррекция и др.).

### **3.1. НАБЛЮДЕНИЕ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ**

Существуют два основных подхода к обеспечению возможности наблюдения в широком диапазоне изменения освещенности:

- искусственное сужение диапазона изменения освещенности за счет создания дополнительной подсветки в спектральных областях, соответствующих чувствительности матрицы телевизионной камеры;
- расширение диапазона работоспособности телекамер различными способами (адаптация к условиям освещенности), включая подстройку параметров объективов.

Очевидно, что могут и должны эффективно использоваться комбинации обоих подходов. Основные способы реализации этих методов основаны на использовании:

1) дополнительной подсветки:

- в видимом спектральном диапазоне;
- в невидимом для глаза ИК-диапазоне;

2) объективов с автоматической регулировкой диафрагмы;

3) телевизионных камер с адаптацией параметров к условиям освещенности:

- с широким диапазоном значений выдержки электронного затвора;
- типа день/ночь, меняющих режим работы при изменении освещенности;
- с накоплением сигналов;

3) телевизионных камер (и, соответственно, матриц), способных по своим характеристикам работать в широком диапазоне изменения освещенности:

- с высокой чувствительностью;
- с расширенным динамическим диапазоном;

- с цифровой обработкой.

Отметим, что последние позволяют реализовать разные режимы обработки видеосигналов для разных участков одного и того же видеоизображения контролируемой зоны. Например, для зон наблюдения с большими перепадами освещенности.

Первые два решения используются достаточно давно. Из более поздних в настоящее время наиболее популярны несколько решений. Во-первых, это телекамеры с широким динамическим диапазоном и, во-вторых, типа день/ночь, формирующие близкое по качеству изображение независимо от времени суток и, соответственно, условий наблюдения. Основная идея работы таких телекамер состоит в том, что при хорошей освещенности используется режим формирования цветного изображения, а при снижении уровня освещения телевизионная камера переходит в режим формирования черно-белого изображения. Такие устройства рассматриваются ниже подробнее.

При организации дополнительной подсветки важнейшее значение в рассматриваемой задаче приобретает соотношение спектральной чувствительности камеры и соответствующих спектральных характеристик используемых источников освещения. Со спектральной точки зрения необходимо рассматривать соотношение положения в спектральной области кривых (рис. 3.1): чувствительности человеческого глаза (кривая 1), телекамеры (кривая 2) и спектральной плотности осветительного прибора (кривые 3 и 4) или, что точнее, освещенности объекта наблюдения.

С другой стороны, надо понимать, что для получения телевизионного изображения, близкого к реальному (это касается получения и монохромного изображения, но особенно важно для формирования цветного), необходимо соответствие кривых спектральной чувствительности человеческого глаза, телевизионной камеры и спектральной плотности излучения источника освещения. Так, в цветных телекамерах для формирования цветного изображения, соответствующего объекту наблюдения, используется специальный фильтр, который согласует спектральные характеристики телекамеры и человеческого глаза. Это позволяет сохранить правильную цветопередачу, но снижает чувствительность телекамеры.

Для обеспечения скрытого наблюдения (путем создания скрытой подсветки) кривые чувствительности глаза и спектральной плотности осветительного прибора (кривые 1 и 4) не должны перекрываться. То есть если мы хотим обеспечить скрытое наблюдение, то спектр излучения источника освещения не должен попадать в спектральную полосу излучения, видимого человеческим глазом. Для случая соотношения спектральных кривых 1 и 3 будет видно красное свечение устройства подсветки (кривые частично перекрываются).

Чем в большей степени имеет место перекрытие нижней границы спектральной плотности устройства подсветки (кривая 3) и кривой чувствительности зрения (кривая 1), тем эффективнее используются возможности подсветки. Но подсветка может быть видна. Чем выше нижняя граница (кривая 4), тем менее эффективна подсветка, но она становится невидимой для человека. То есть могут возникать противоречия при решении рассматриваемой задачи.

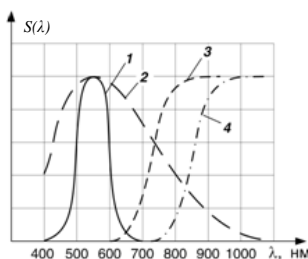


Рис. 3.1. Спектральные характеристики телекамеры и устройства подсветки

Очевидно, что в любом случае необходимо это учитывать и правильно выбирать как камеру и объектив, так и источники дополнительного освещения.

### 3.2. НАБЛЮДЕНИЕ ПРИ НИЗКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Как отмечалось, задача наблюдения в условиях низкой освещенности отчасти перекрывается с задачей наблюдения в ши-

роком диапазоне изменения освещенности и может решаться следующими основными методами:

- 1) использованием дополнительных источников освещения в видимом спектральном диапазоне;
- 2) применением подсветки в невидимом для человеческого глаза ИК-спектральном диапазоне;
- 3) использованием телекамер с повышенной чувствительностью;
- 4) использованием телекамер типа день/ночь;
- 5) комбинацией предыдущих методов.

Первый случай с возможностью организации требуемого уровня освещенности объекта наблюдения в видимом спектральном диапазоне является тривиальным, так как при этом динамический диапазон изменения освещенности сводится к необходимому минимуму путем установки дополнительных источников света. И в этом случае задача достаточно легко решается совместным выбором параметров телекамеры и источников света. Такой подход целесообразен, когда необходимо обеспечить цветное изображение контролируемого объекта круглосуточно, поскольку формирование цветного изображения предполагает использование для его формирования видимой части спектра. Иначе это изображение будет отличаться от воспринимаемого человеческим зрением. Стоит отметить, что обеспечение требуемого уровня освещенности контролируемой зоны круглосуточно сопряжено, как правило, со значительным расходом электроэнергии.

Если допустимо формировать монохромное изображение постоянно или хотя бы только в условиях низкой освещенности, то возможно использовать второй метод. Однако надо помнить, что работа в более широком спектральном диапазоне приводит к искажению не только цветного, но и черно-белого изображения по сравнению с формированием видеоизображения при достаточном уровне освещенности. Но с этим приходится мириться, поскольку другого приемлемого выхода нет.

Для работы телевизионных камер в условиях низкой освещенности объектов могут применяться как обычные устройства подсветки видимого спектрального диапазона, так и невидимого для человеческого глаза инфракрасного. В последнем

случае наблюдение может осуществляться, в том числе, в полной темноте. Это достигается использованием спектральной чувствительности телекамер в инфракрасной части оптического диапазона, в которой человеческий глаз уже не чувствителен. И, соответственно, применяются специальные устройства подсветки – ИК-излучатели. Такие источники освещения позволяют использовать ТВ-системы на объектах, где обычное (видимое глазом) освещение по каким-то причинам неприемлемо.

Важно понимать, что в такой ситуации необходимо обеспечить соответствие зоны обзора телевизионной камеры и диаграммы направленности устройства подсветки.

Вышеперечисленные приемы в ряде случаев являются противоречивыми. Поэтому необходимо искать разумный компромисс между целесообразностью организации требуемого уровня освещенности и выбором более сложного и дорогого оборудования. Конечно, с учетом решаемых задач.

В ряде случаев использование телекамер, работающих в ИК-диапазоне, является незаменимым. Причины могут быть разными, например: экономия электроэнергии на освещение объекта с постоянно низким уровнем освещенности, к примеру, в подвальных помещениях; теленаблюдение в таких местах, как кинотеатры, т. е. там, где высокий уровень освещенности просто недопустим; необходимость обеспечить скрытность наблюдения, которая также может оказаться полезной (естественно, при соблюдении юридических норм).

Но при этом надо учитывать несколько основных моментов:

- необходимую чувствительность телевизионной камеры в ИК-диапазоне;
- достаточный уровень освещенности объекта в этом спектральном диапазоне;
- приемлемое качество изображения, в том числе и с точки зрения правильности соотношения яркости различных объектов или их частей;
- равномерность освещенности по зоне наблюдения.

Разрабатывая ТВ-систему с повышенной чувствительностью в инфракрасной части спектра, необходимо учитывать



отличия в отражательной способности различных объектов в разных спектральных диапазонах. Они могут приводить к изменению характера монохромного видеоизображения по сравнению с обычным изображением, воспринимаемым человеческим глазом. Приведем некоторые особенности отражения энергии инфракрасной части спектра для отдельных типичных объектов наблюдения [15].

Растения и деревья имеют достаточно высокую отражательную способность, что может приводить к отличиям в восприятии изображения и к увеличению яркости фона. Соответственно, может произойти снижение различий в яркости фона и наблюдаемых объектов.

Различные части человеческого тела (глаза, кожа, кровеносные сосуды, волосы) имеют разный коэффициент отражения в видимом и невидимом спектральных диапазонах. Это может приводить к искажениям и ошибкам в восприятии изображения при решении некоторых задач, особенно идентификации.

Разные помехи (пыль, снег, дождь, насекомые...) будут выглядеть как яркие точки на изображении и, как следствие, могут вызвать заметное ухудшение качества изображения.

Возможны ситуации, когда некоторые природные ландшафты (пустыни, снежные поля, поверхности озер...) или искусственные сооружения (большие остекленные поверхности зданий...) могут скрывать реальные объекты за счет эффекта миража.

Влияние на качество изображения может оказать и расфокусировка, вызванная отличиями спектральных свойств объекта для видимого и инфракрасного излучения. Поэтому в таких задачах необходимо тщательно подходить к выбору типа объекта. В частности должны использоваться объективы с ИК-коррекцией.

### **3.3. КОМПЕНСАЦИЯ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКИ И ЯРКИХ ИСТОЧНИКОВ**

Одна из особенностей наблюдения в сложных условиях состоит в том, что наблюдаемый объект может находиться на

ярком фоне или отдельные яркие точечные источники света могут находиться на фоне наблюдаемого объекта. В этом случае автоматические регулировки камеры и объектива (электронный затвор, авторегулировка диафрагмы) будут подстраиваться под яркие фон или точечные источники. В первом случае объект, находящийся на этом фоне, будет «непросматриваемым», виден будет практически только один силуэт (рис. 3.2, *а*). Во втором будут видны только яркие источники на практически однородном темном фоне (рис. 3.2, *б*).



*а)* *б)*  
Рис. 3.2. Фоновая засветка

Для решения таких задач используются телекамеры со специальной обработкой сигнала. Рассмотрим особенности решения этой проблемы на типичных примерах.

### **Компенсация фоновой засветки**

Достаточно часто встречающаяся задача состоит в наблюдении с помощью телекамеры, установленной в помещении, за происходящим как вне помещения, так и внутри него. Типичный пример, когда камера установлена внутри помещения и направлена через застекленную перегородку на прилегающую территорию (см. рис. 3.2). При этом могут быть следующие варианты такой задачи наблюдения:

1. объекты находятся вне помещения и хорошо освещены;
2. объекты находятся в помещении, менее освещены и находятся на ярком освещенном фоне;
3. объекты находятся как вне, так и внутри помещения.

По отдельности первые две задачи могут обычно решаться правильным выбором параметров телекамеры (в частности, электронного затвора) и объектива (прежде всего, диафрагмы).

Первая задача наблюдения за происходящим на улице и идентификация проходящих людей (см. рис. 3.2, *а*), может решаться, к примеру, правильным выбором параметров объектива. Однако задача идентификации входящих в этом случае не решается. Будет виден практически только силуэт входящего человека.

Во-втором случае задача идентификации входящих решается достаточно хорошо (см. рис. 3.2, *б*) также выбором параметров телевизионной камеры и объектива. Однако задний план (территория и объекты, находящиеся на ней) просматриваются плохо.

Но в третьем случае наблюдения объектов, находящихся как вне, так и внутри помещения, возникают противоречивые требования к упомянутым параметрам.

Такие задачи могут эффективно решаться использованием телевизионных камер с функцией компенсации фоновой засветки. Достигается это применением цифровой обработки видеосигналов по алгоритмам, различным для разных участков изображения. В нашем случае – разных для фона и объекта наблюдения, имеющих большой разброс по яркости.

### **Подавление ярких точечных источников света**

Типичная задача ТВСН – наблюдение за территориями, где могут двигаться автомашины. В темное время суток включенные фары являются яркими точечными источниками света на темном фоне. Следовательно, автоматические регулировки камеры и объектива будут подстраиваться под яркие точечные источники, видимые на темном фоне. А собственно сами контролируемые объекты – автомашины – будут практически не видны (рис. 3.3, *а*).

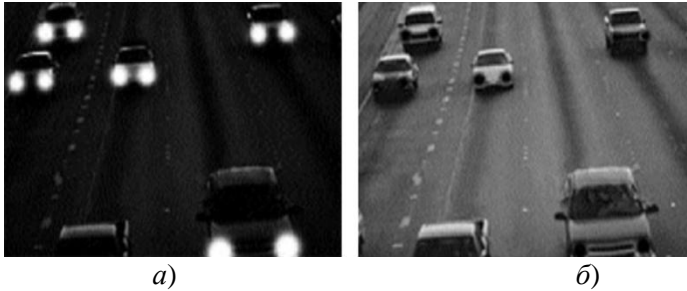


Рис. 3.3. Подавление точечных источников света

В подобных задачах необходимо выбирать телекамеру с режимом подавления точечных источников света. Он позволяет получить приемлемое изображение контролируемой зоны (рис. 3.3, б), на котором яркие источники света (в нашем случае – фары) затемнены. Достигается это также использованием цифровой обработки видеосигналов по разным алгоритмам для различных участков видеоизображения.

## 4. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ КАМЕР

### 4.1. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ КАМЕРЫ ТИПА ДЕНЬ/НОЧЬ

В ряде практических задач желание использовать высокую информативность цветного изображения вступает в противоречие с недостаточной чувствительностью соответствующих телевизионных камер в условиях низкой освещенности. Кроме того, надо отметить и невозможность использовать ИК-подсветку для формирования цветного изображения. Решением этой проблемы может быть применение телевизионных камер типа *день/ночь*.

Одним из основных недостатков цветных телевизионных камер по сравнению с монохромными является их низкая чувствительность. Это вызвано несколькими причинами. Во-первых, необходимостью использовать ИК-фильтр для формирования изображения, близкого к видимому человеческим глазом, с точки зрения правильности цветопередачи. Во-вторых, конструктивно технологическими особенностями формирования цветного видеосигнала: матрица цветной телекамеры имеет в 3 раза большее количество элементов для формирования сигналов цветности с меньшими размерами, а следовательно, и более низкой чувствительностью. Эти две основные особенности приводят к тому, что чувствительность цветной телекамеры на порядки ниже, чем черно-белой. Поэтому при использовании цветных телекамер в условиях низкой освещенности единственным решением остается использование искусственного освещения.

С другой стороны, при низкой освещенности глаз человека перестает различать цвета. Поэтому естественным выглядит переход на формирование монохромного изображения вместо цветного при низкой освещенности, позволяющий расширить рабочий диапазон телекамеры, а следовательно, и ТВ-системы в целом.

Телевизионные камеры, формирующие цветное изображение при высокой освещенности и монохромное при низкой, называются телекамерами типа *день/ночь*. В устройствах такого типа не только алгоритмы обработки видеосигнала в условиях

разной освещенности различные, но и схемотехнические решения, и конструктивная реализация устройств также могут отличаться.

К изображению, формируемому цветной телекамерой, предъявляется требование получения естественных (с точки зрения восприятия человеком) цветов изображения. Поэтому в таких устройствах используется фильтр, формирующий спектральную характеристику, близкую к кривой чувствительности человеческого глаза (кривая 1 на рис. 3.1). Для монохромных телевизионных камер имеется принципиальная возможность использовать спектральное излучение и других диапазонов – в первую очередь ближнего инфракрасного, невидимого или почти не видимого глазом человека. Это излучение может быть как естественным, так и искусственным, специально созданным, т. е. так называемой инфракрасной подсветкой.

Чтобы совместить режим формирования цветного и монохромного изображений в одном устройстве при разном уровне освещенности, используют несколько основных способов реализации таких телекамер. Рассмотрим основные.

1. *Совмещение двух телекамер* (цветной и монохромной) в одном корпусе. Структурная схема такого устройства приведена на рис. 4.1.

В зависимости от уровня освещенности по сигналу с соответствующего датчика на выход телекамеры коммутируется видеосигнал либо с цветной (при высоком уровне освещенности), либо с монохромной (при низком уровне освещенности) камеры. Каждая телевизионная камера имеет свой объектив. Преимуществом такого решения является то, что каждую из телекамер можно независимо от другой максимально адаптировать под соответствующие условия работы – днем или ночью. Не возникает никаких проблем и с использованием излучения инфракрасной части оптического диапазона и соответствующей подсветки при низком уровне освещенности.

Очевидно, что в этом случае необходимо обеспечить совмещение зон обзора обеих телекамер. Недостатки такого решения – увеличение габаритов устройства и достаточно высокая стоимость, практически равная сумме стоимостей двух теле-

визионных камер и двух объективов. Поэтому и использование такого типа устройств весьма ограничено.



Рис. 4.1. Совмещение двух телекамер в одном корпусе

2. *Электронное управление алгоритмом обработки видеосигнала в зависимости от уровня освещенности (рис. 4.2).*

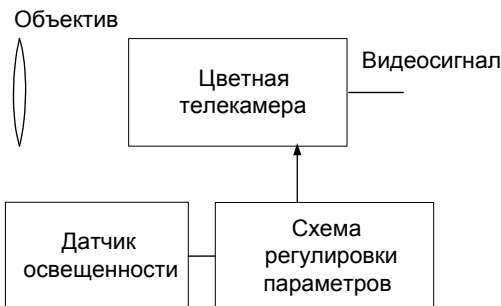


Рис. 4.2. Телекамера с электронным управлением трактом обработки видеосигнала

В этом случае при низком уровне освещенности отключается часть тракта обработки цветного видеосигнала. Это позволяет несколько улучшить интересующие нас параметры телекамеры, суммируя видеосигналы с соответствующих цветных элементов матрицы (или матриц). Однако основной недостаток – наличие ИК-фильтра – не позволяет достичь высоких результатов. Основное преимущество такого решения – сравнительно низкая стоимость.

3. *Механическое управление инфракрасным фильтром*, необходимым для формирования цветного изображения, максимально близкого к реальному (рис. 4.3).

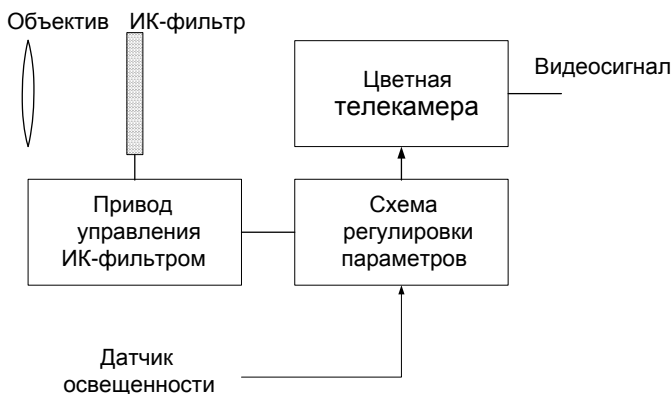


Рис. 4.3. Телекамера с механическим управлением ИК-фильтром

В таком устройстве при достижении освещенностью определенного минимума, когда цветное изображение становится неприемлемо низкого качества, осуществляется переход в ночной режим формирования монохромного изображения. Это достигается путем механического удаления ИК-фильтра, что позволяет использовать в условиях низкой освещенности инфракрасную часть оптического диапазона и, при необходимости, ИК-подсветку. Поэтому в этом случае автоматически начинает использоваться более широкий оптический диапазон как видимого, так и невидимого человеческого глазом участков.

Это достаточно эффективное и широко используемое решение, позволяющее достичь лучших результатов по сравнению с предыдущим случаем. Однако механизм управления положением фильтра, как и любое механическое устройство, снижает надежность телекамеры в целом. Кроме того, есть необходимость использования объективов с ИК-коррекцией для сохранения фокусировки в различных режимах работы.

4. *Использование одного объектива и двух матриц*. В этом случае при изменении режима работы производится либо меха-



ническая замена матриц, либо изменение положения зеркала, переотражающего световой поток на ту или иную матрицу. Такой способ требует точного механического позиционирования матриц или зеркала, что неизбежно приводит к заметному увеличению стоимости устройства и снижению надежности за счет использования механических элементов.

В настоящее время из рассмотренных способов реализации телекамер типа день/ночь наибольшее распространение получили камеры на основе второго и третьего способов.

#### **4.2. УПРАВЛЯЕМЫЕ ТЕЛЕКАМЕРЫ**

Управляемые телекамеры можно разделить на две группы.

К первой относятся управляемые телевизионные камеры, которые комплектуются заказчиком из набора отдельных элементов: собственно телекамера, объектив, корпус (при необходимости), поворотное устройство и приемопередатчики сигналов телеметрии (управления). Достоинством такого решения является больший выбор специальных особенностей как самой телекамеры, так и дополнительных устройств, требующихся по условиям эксплуатации. Например, стеклоомывателей и стеклоочистителей, необходимых при наличии сильного бокового ветра.

Ко второй группе относятся получившие в настоящее время широкое распространение специальные купольные скоростные телекамеры. Они представляют собой уже готовый набор купольного корпуса и установленной в нем на поворотном устройстве бескорпусной телекамеры с объективом. Объектив, как правило, с трансфокатором. Скорость поворота таких телевизионных камер составляет сотни градусов в секунду. Это позволяет быстро развернуть ее в нужном направлении.

Для более быстрой ориентации телекамеры в нужном направлении можно использовать упоминавшиеся выше предустановки. При этом камера с максимальной скоростью направляется в заранее выбранное положение, например на входную дверь, при появлении там кого-либо.

Сканирование камеры может осуществляться не только в ручном, но и в автоматическом режиме. В последнем случае из-

менение положения может быть как равномерным, так и случайным, чтобы уменьшить возможность оценки изменения положения камеры и несанкционированного прохода через контролируемую зону. Это важно, прежде всего, для телекамер, по внешнему виду которых можно оценить положение сектора обзора.

К основным параметрам управляемых телекамер, в дополнение к общим параметрам телекамер, следует отнести следующие.

- Углы поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
  - Скорости поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
  - Параметры объектива, в частности оптическое увеличение.
  - Количество предустановок, т. е. заранее программируемых положений, в которые может быть быстро направлена камера.
  - Возможность выбора маршрута или тура и его параметры. Это позволяет в автоматическом режиме выполнять последовательность выбора предустановленных положений телекамеры, а соответственно, и последовательность выбора зон обзора.
  - Возможность автоматической фокусировки при смене положения.
  - Способ передачи сигналов телеметрии (например, по витой паре или по тому же кабелю, что и телевизионный сигнал).
  - Возможность программирования зон, запрещенных для наблюдения, и автоматическая корректировка их размера при изменении угла обзора (регулировке фокусного расстояния).
  - Способ установки (подвесная, на стене, заглубленная на фальшпотолке...).
  - Управление фокусировкой и диафрагмой (ручное или автоматическое).
  - Протоколы управления.
- Рассмотрим некоторые особенности подробнее.

### **Зоны, запрещенные для просмотра**

Это заранее запрограммированные участки зоны обзора, которые автоматически блокируются на изображении, если телекамера направляется на них. Например, окна жилого дома (рис. 4.4). Необходима также автоматическая корректировка размеров этих запрещенных для просмотра участков при изменении фокусного расстояния объектива, поскольку относительные их размеры при этом будут изменяться.



Рис. 4.4. Запрещенные для просмотра участки зоны наблюдения

### **Переворот изображения**

При изменении наклона камеры (рис. 4.5) в момент прохождения вертикальной оси происходит визуальный переворот изображения, формируемый этой телекамерой, который будет иметь место на экране монитора.

Поэтому в этот момент обычно производится соответствующий программный переворот изображения или механический самой телекамеры, чтобы оператор видел все время нормальное (не перевернутое) изображение.

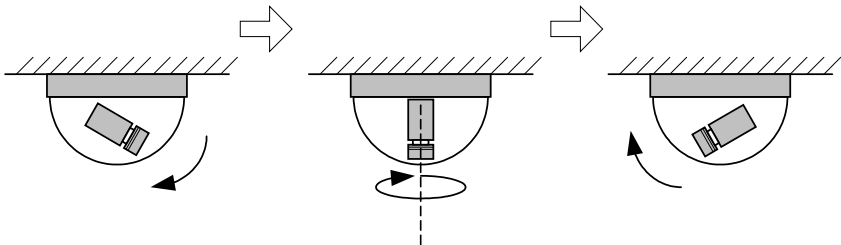


Рис. 4.5. Переворот камеры при изменении угла наклона

## **Конструкция купольных управляемых телекамер**

Скоростные купольные поворотные камеры могут быть предназначены для установки внутри помещения или для наружной установки (герметизированные, устойчивые к воздействию окружающей среды).

Варианты конструктивного исполнения купольных телекамер отличаются для различных способов установки: для подвесной установки на потолке, на стене на кронштейне, для заглубленной на фальшпотолке, на стойке, на декоративном кронштейне, на углу.

### **Особенности применения**

Использование в ТВСН управляемых телевизионных камер, т. е. телекамер, управляемых по положению и углу обзора, имеет как серьезные преимущества, так и недостатки. Рассмотрим некоторые из них.

Управляемые телевизионные камеры имеют следующие преимущества.

- Позволяют детально просматривать отдельные участки зон видеоконтроля как по усмотрению оператора, так и в автоматическом режиме по каким-либо событиям (например, при обнаружении движения) или по заранее предустановленным положениям и сосредоточить внимание на том объекте или той части зоны, которые в данной ситуации наиболее важны.

- Дают возможность отслеживать перемещение наблюдаемых объектов в достаточно широких пределах как по направлению, так и по дальности.

- Имеют формально неограниченную контролируемую зону (обычно  $360^\circ$  по углу поворота и  $180^\circ$  по углу места); реально контролируемая зона ограничена по направлению только предметами, загромождающими обзор, а по дальности – разрешающей способностью и параметрами объектива.

К сожалению, как обычно, дополнительные возможности достигаются при одновременном появлении недостатков. К ним можно отнести перечисленные ниже.

- Реально в каждый момент времени формируется изображение лишь одной части общей зоны обзора в выбранном направлении.

- Стоят значительно дороже.
- Требуют, как правило, дополнительного оборудования для управления положением камеры и параметрами объектива, например специальной клавиатуры, или дополнительных возможностей программного обеспечения, например экранной клавиатуры.
  - Требуют установки дополнительных обзорных телекамер, чтобы не терять контроль над общей ситуацией во всей зоне, поскольку сужение угла обзора при более детальном рассмотрении какого-либо участка контролируемой зоны приводит к потере контроля остальной части зоны.
  - Предъявляют более высокие требования к установке, в частности к жесткости конструкции, так как при использовании длиннофокусных объективов даже небольшие колебания несущей конструкции будут приводить к заметным колебаниям изображения.
  - Требуют наличия ряда дополнительных функциональных возможностей, к примеру таких, как электронная стабилизация изображения.

Но в целом даже эти недостатки позволяют эффективно решать различные задачи.

### **4.3. ТЕПЛОВИЗОРЫ**

Как известно, телевизионные камеры позволяют наблюдать в диапазоне длин волн примерно от 0,38 до 1,1 мкм. Как правило, в этом диапазоне волн регистрируется энергия внешних источников (например, свет ламп искусственного освещения, солнца, звезд и тому подобных источников), переотраженная от объекта наблюдения и предметов фона, находящихся в контролируемой зоне. То есть телекамеры позволяют вести наблюдение только при наличии освещения объекта наблюдения каким-либо искусственным или естественным источником.

В отличие от телевизионных камер, тепловизионные камеры, или тепловизоры, позволяют регистрировать собственное тепловое излучение объектов в ИК-области спектра (в области около 10 мкм) и не требуют какой-либо дополнительной подсветки контролируемой зоны. Применение тепловизоров расши-

ряет возможности ТВСН за счет регистрации энергии в другом диапазоне волн, в котором любые ТВ-камеры, как и глаза людей, видеть не способны.

Длинные ИК-волны обладают большей способностью проникать сквозь атмосферные осадки, дым и подобные мелкоструктурные преграды, являющиеся непреодолимым препятствием для волн видимого диапазона. Благодаря этому свойству тепловизионное наблюдение возможно днем и ночью в различных погодных условиях.

Формально можно говорить о том, что тепловизионная камера – это частный случай телевизионной, поскольку обе предназначены для дистанционного формирования видеоизображения. Отличия состоят, во-первых, в спектральном диапазоне формирования видеоизображения и, во-вторых, в том, что телекамера использует отраженный от объекта наблюдения свет, а тепловизионная камера – собственное излучение объекта наблюдения.

### ***Возможности тепловизоров***

Как отмечалось выше, тепловизоры не требуют какой-либо подсветки, поскольку регистрируют тепловую ИК-энергию, излучаемую собственно объектами, способными представлять угрозу. Поэтому тепловизоры в системах безопасности позволяют эффективно обнаруживать нарушителей, использующих различные виды маскировки под окружающую среду. Крупные объекты, например транспортные средства, могут быть обнаружены на значительном расстоянии (от единиц до десятков километров) даже в тумане, в атмосферных осадках и при полном отсутствии освещения.

Тепловизоры целесообразно использовать для решения следующих задач:

- контроль зон, содержащих растительность;
- наблюдение открытых пространств (в том числе содержащих водную поверхность);
- наблюдение территорий с недостаточным освещением или при отсутствии таковой;
- наблюдение территорий с мешающим (встречным) освеще-

нием;

- обнаружение пожаров, в том числе лесных.

Для сравнения ниже приведены примеры изображений [16], видимые человеком или ТВ-камерой (рис. 4.6, *а*–4.8, *а*), и изображения, сформированные тепловизорами (рис. 4.6, *б*–4.8, *б*).

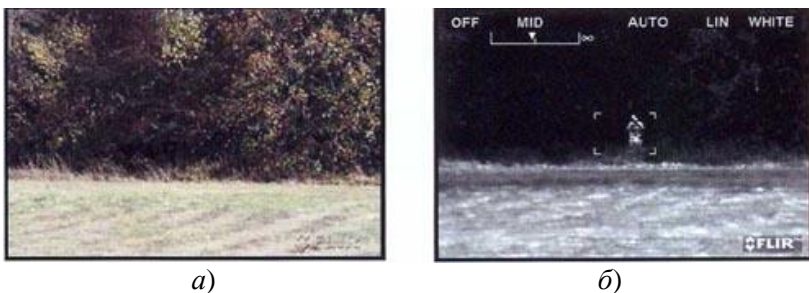


Рис. 4.6. Обнаружение человека, прячущегося в растительности

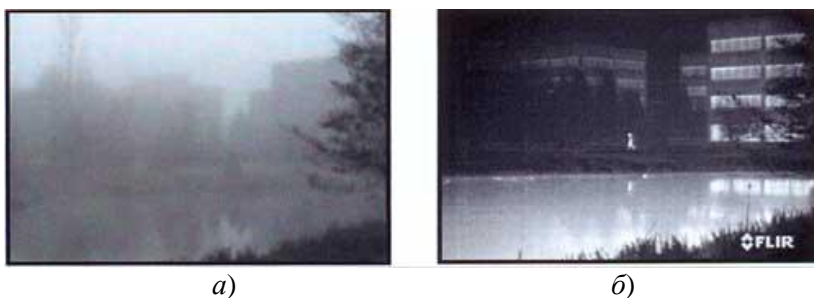


Рис. 4.7. Обнаружение человека в тумане на фоне пруда и зданий



Рис. 4.8. Обнаружение человека в полной темноте

Очевидно, что в этих примерах тепловизоры позволяют эффективно обнаруживать присутствие человека не только в сложных условиях, но и при применении различных способов маскировки.

На рис. 4.9 и 4.10 показана территория пропускного пункта, контролируемая с помощью ТВ-камеры (слева) и тепловизора (справа) одновременно. Съемка происходила в ночное время. Видно, что тепловизор позволяет получить значительно более контрастные изображения объектов (человека и автомобиля), чем ТВ-камера.

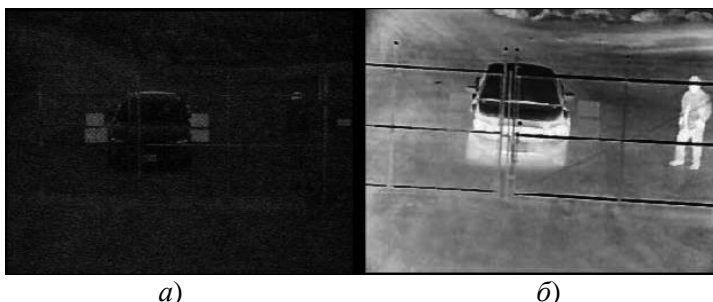


Рис. 4.9. Наблюдение с помощью ТВ-камеры (а) и тепловизора (б) при отсутствии освещения



Рис. 4.10. Наблюдение с помощью ТВ-камеры (а) и тепловизора (б) при наличии встречной засветки

Если у автомашины будут включены фары (см. рис. 4.10, а), то на изображении, сформированном ТВ-камерой, дополнительно ухудшится различимость объектов, расположенных за автомашиной. В частности, человек, находящийся за воротами,



становится почти не различимым. В то же время тепловизор позволяет получить достаточно контрастное изображение этого человека, как и в предыдущем случае.

Сравнивая наблюдения с помощью телевизионных камер и тепловизоров, можно отметить, что и те и другие имеют свои преимущества и недостатки. Поэтому естественным выглядит желание объединить их в одном устройстве, чтобы использовать преимущества обоих. Чаще это достигается конструктивным совмещением телекамеры (обычно типа день/ночь) и тепловизора в одном корпусе или размещением в разных, но жестко зафиксированных относительно друг друга, корпусах. При этом либо управление их положением по вертикали и горизонтали уже предусмотрено конструктивно, либо камера и тепловизор устанавливаются на поворотном устройстве. Конечно, можно использовать и объективы с трансфокатором для обоих устройств.

С помощью такого устройства можно решать более сложные задачи наблюдения, например обнаружения днем замаскированного нарушителя с помощью тепловизора и дальнейшее наблюдение за ним с помощью телекамеры.

## 5. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Основные элементы систем телевизионного наблюдения, такие как мониторы, квадраторы, видеорегистраторы и т. п., питаются, как правило, от сети напряжением 220 В (+10 %, -15 %) переменного тока частотой 50 Гц как первичного источника. Для питания телекамер используется напряжение низковольтных вторичных источников питания напряжением 12 В постоянного и 24 В переменного тока, также могут использоваться телекамеры с питанием от сети 220 В переменного тока. Очевидно, что электропитание всей ТВСН как элемента системы безопасности должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечивать работоспособность системы при пропадании напряжения сети переменного тока. С этой целью питание компонентов осуществляют от источников бесперебойного питания или генераторов. Более детально ряд вопросов электропитания изложен в работе [14].

### *Вторичные источники питания*

Для обеспечения непрерывного электроснабжения устройств ТВСН используются два основных вида источников вторичного питания:

- источники резервного питания (ИРП);
- источники бесперебойного питания (ИБП).

### **Источники резервного питания**

Для питания энергоемкой аппаратуры систем ТВ-наблюдения, использующей переменное напряжение, а также для питания вторичных источников питания при отключении напряжения сети в качестве ИРП применяются генераторы.

Генераторы могут использоваться для осуществления резервного питания как всего объекта в целом, так и систем жизнеобеспечения и элементов систем безопасности, включая ТВСН, при отключении сети на время большее, чем могут обеспечить ИБП.

## **Источники бесперебойного питания**

Источники бесперебойного питания имеют в своем составе аккумуляторные батареи и используются для питания как низковольтных, так и высоковольтных элементов ТВСН при отключении напряжения сети.

Источники бесперебойного питания можно классифицировать по разным параметрам, например по следующим:

- выходному напряжению (с выходным напряжением 220 В переменного тока и с низким напряжением, в основном 12 или 24 В);
- числу каналов (одноканальные и многоканальные);
- конструктивному исполнению (в виде самостоятельного блока или для установки в стойку) и др.

Такие источники вторичного электропитания предназначены для решения следующих основных задач:

- электропитания аппаратуры, которая не имеет своего встроенного сетевого блока питания;
- обеспечения защиты как самого источника питания, так и нагрузки;
- обслуживания аккумуляторной батареи;
- формирования сигналов о состоянии источника питания.

Резервирование напряжения 220 В применяется для различного оборудования ТВ-систем. Основная решаемая в этом случае задача – защита от кратковременных или длительных отключений сети, обеспечение возможности сохранения работоспособности системы и охраняемого объекта. Для этих целей используются, как правило, ИБП инверторного типа. Они преобразуют низкое напряжение постоянного тока аккумуляторной батареи в переменный ток 220 В.

Наибольшее распространение в системах безопасности получили ИБП с низким выходным постоянным напряжением.

## **Вспомогательные технические средства**

К ним относятся стабилизаторы напряжения сети, блоки защиты и дополнительные средства. Блоки защиты обеспечивают защиту нагрузки от кратковременных импульсов напряжения, возникающих в питающей сети при коммутации мощных нагрузок, грозовых разрядах, в аварийной ситуации.

Стабилизаторы формируют требуемое по параметрам выходное напряжения для нормализации питания нагрузки, в частности при пониженном напряжении сети. Как правило, стабилизаторы выполняют и функции блока защиты.

Поскольку всё более широкое распространение получают сетевые ТВ-системы, рассмотрим подробнее способ питания ТВ-устройств по сетевым линиям связи.

### *Питание по линиям связи компьютерных сетей*

Питание устройств сетевых телевизионных систем можно осуществлять по линиям связи компьютерных сетей. Для этого используется технология Power over Ethernet (PoE), позволяющая передавать сетевому устройству электрическую энергию через стандартную витую пару в компьютерных сетях Ethernet [17]. Передача энергии и данных осуществляется одновременно, практически без взаимного влияния. Данная технология предназначена для питания IP-телефонов, точек доступа беспроводных сетей, сетевых камер, видеосерверов и других устройств, к которым нежелательно или невозможно провести отдельный электрический кабель для питания.

### **Стандарты в области PoE**

Требования к PoE-системам определяются стандартами IEEE 802.3af-2003 и IEEE 802.3at-2009 [18]. Стандарты описывают два типа устройств PoE-системы. Первое – это питающее устройство или инжектор (Power Sourcing Equipment – PSE), предназначенное для подачи электропитания в сеть Ethernet. Второе – устройство, запитываемое через Ethernet (Powered Device – PD). Запитываемым устройством может быть либо само сетевое устройство с поддержкой технологии PoE, либо разделитель, который выполняет функции разделения каналов передачи информационных данных Ethernet и питания. Разделитель имеет отдельные выходы Ethernet и питания и используется для сетевых устройств, не поддерживающих технологию PoE.

Стандарты IEEE 802.3af-2003 и IEEE 802.3at-2009 предусматривают максимальные мощности питающих устройств 15,4 и 30 Вт соответственно. С учетом возможных потерь в ли-

нии допустимая мощность для запрашиваемых устройств составляет 12,95 и 25,5 Вт соответственно.

В технических решениях организации питания через сеть Ethernet могут использоваться два типа питающего оборудования: оконечное (endspan) и промежуточное (midspan). В обоих случаях постоянное напряжение с питающих устройств подается на запрашиваемые устройства (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Варианты использования технологии PoE

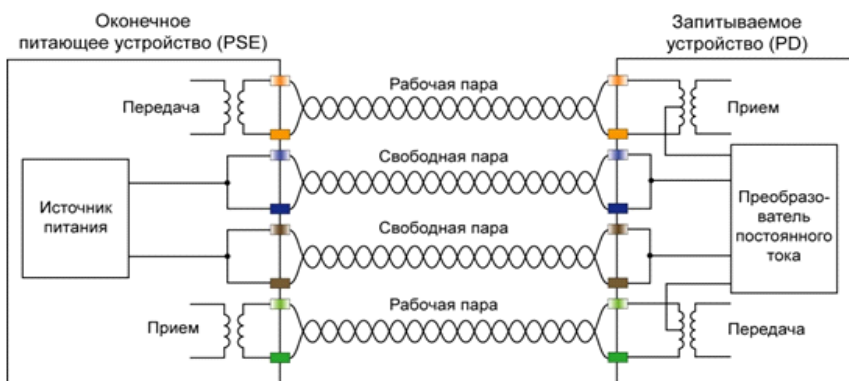
Оконечные питающие устройства (PoE-коммутаторы) представляют собой сетевые коммутаторы с интегрированной схемой подачи питания через Ethernet. Промежуточные питающие устройства располагаются между стандартным сетевым коммутатором и запрашиваемым прибором. Они подают в кабель связи электропитание, не влияя на передачу данных. Промежуточное питающее оборудование обычно используется в тех случаях, когда нужно лишь добавить в существующую сеть функции PoE.

Для питания устройств в сети используются свойства физического уровня сети Ethernet. При этом для питания устройств применяется один из двух следующих вариантов.

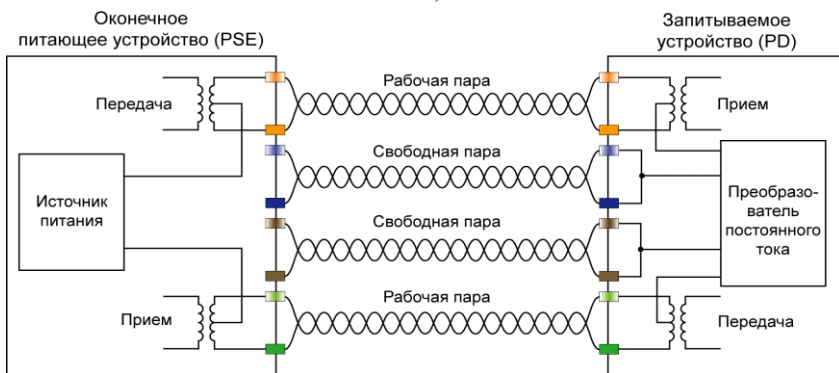
- *Использование свободных пар кабеля для подачи питания.* Типичный кабель, используемый в компьютерных сетях, состоит из четырех пар проводников, две из которых не задей-

стованы. Эти пары могут использоваться для подачи напряжения (рис. 5.2, а).

- *Развязка напряжения питания и информационных сигналов*, осуществляемая с помощью высокочастотных трансформаторов на обоих концах линии с центральным отводом от обмоток. Постоянное напряжение питания подается на центральные выводы вторичных обмоток этих трансформаторов и снимается также с центральных отводов на приемной стороне. Такое решение позволяет без взаимного влияния передавать по одной паре проводов высокочастотные данные и постоянное напряжение питания (рис. 5.2, б).



а)



б)

Рис. 5.2. Схемы питания устройств через Ethernet

При использовании промежуточного питающего элемента системы схема включения выглядит аналогично (рис. 5.3), но для питания в этом случае может использоваться только свободная пара.

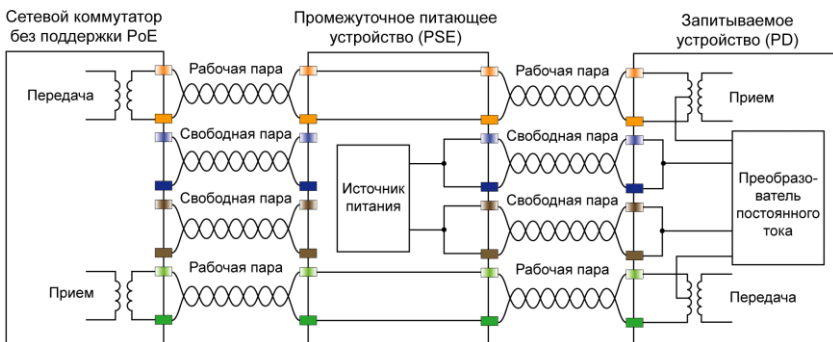


Рис. 5.3. Схема питания от промежуточного устройства

Таким образом, питающие устройства могут иметь различные варианты технической реализации рассматриваемой технологии. При этом все запитываемые устройства являются универсальными, т. е. могут работать с любым типом питающих устройств. Для защиты элементов системы от ошибок используется ряд специальных технических решений. Так, запитываемое устройство должно принимать питание в любом варианте, в том числе и при изменении полярности (например, при случайной переполусовке проводов). Кроме того, питающее устройство подает напряжение на кабель только в том случае, если подключенное устройство поддерживает эту технологию. Таким образом, оборудование, не имеющее функции питания через Ethernet и случайно подключенное к питающему устройству, не будет выведено из строя.

### Особенности выбора

Производители сетевых систем ТВ-наблюдения широко рекламируют технологию PoE питания через Ethernet как одно из важных преимуществ сетевых камер, позволяющее существенно снизить затраты на установку и эксплуатацию системы по сравнению с аналоговыми камерами. В некоторых случаях это

действительно так. Однако при выборе питания сетевых камер через Ethernet следует учитывать следующие важные особенности.

Во-первых, сетевые камеры и сетевые коммутаторы с поддержкой питания через Ethernet обычно стоят дороже аналоговых устройств, не имеющих этой функции.

Во-вторых, для обеспечения резервного питания коммутаторов (и подключенных к ним сетевых камер) необходимо использовать компьютерные ИБП. Стоимость таких источников может быть сопоставима со стоимостью отдельных источников питания, используемых для питания телекамер.

В-третьих, мощность, передаваемая по кабелю, ограничена значениями 12,95 и 25,5 Вт. Следовательно, питание по сети Ethernet невозможно использовать для более мощных устройств, например поворотных камер. Кроме того, ограничение мощности делает зачастую невозможным питание таких устройств, как мощные источники ИК-подсветки, обогреватели кожуха и т. п. Это также ограничивает область применения сетевых камер с поддержкой технологии питания через Ethernet.

### **Особенности использования**

Рассмотрим различные аспекты влияния возможного использования питания сетевых камер через Ethernet на сетевую и инженерную инфраструктуры предприятия.

Энергоснабжение. При внедрении технологии PoE возрастает энергопотребление сетевого коммутационного оборудования, а также тепловая нагрузка на систему кондиционирования. Следовательно, потребуются дополнительные ресурсы ИБП и системы кондиционирования. Это значит, что в некоторых случаях для подключения ИБП для питания сетевых камер и дополнительного кондиционера в серверной потребуются установить в электрическом щите выделенный автомат и проложить отдельный кабель. Таким образом, как и в случае с независимым питанием телевизионных камер от отдельных источников, потребуются дополнительные затраты.

С другой стороны, резервирование питания сетевого устройства в этом случае автоматически означает и резервирование питания устройств, подключенных к нему, например телевизи-



онных камер. Поэтому при проектировании системы сетевого телевизионного наблюдения стоит критически оценить экономическую целесообразность использования технологии питания телекамер через Ethernet.

**Время автономной работы.** Требуемая продолжительность автономной работы сетевого коммутационного оборудования и оборудования ТВСН как элемента общей системы безопасности может существенно отличаться. Как правило, при питании компонентов ТВСН через Ethernet требуемое время автономной работы может оказаться существенно выше. Кроме того, нагрузка на источники бесперебойного питания в рассматриваемом случае также выше. Поэтому необходимо либо увеличивать ресурс всей системы резервного питания (включая неоправданное увеличение для «чисто» сетевого оборудования), либо разделять систему резервного энергопитания на две части с разной продолжительностью автономной работы.

Продлить автономную работу можно различными способами. Например, подключить к ИБП дополнительные батареи. Однако следует помнить, что их установка потребует дополнительного места и электрической мощности источника питания для заряда. Учитывая, что не все модели ИБП способны работать с дополнительными аккумуляторными батареями, а некоторые имеют ограничение на максимальную емкость подключаемых батарей, может потребоваться замена ИБП. Во многих случаях для обеспечения их быстрого заряда придется устанавливать ИБП с большим запасом мощности.

Другой способ продления продолжительности автономной работы – это подключение топливного генератора для питания коммутационного узла или всего здания. При этом требуемое время работы от аккумуляторных батарей снижается. Однако использование топливного генератора может существенно повысить общую стоимость системы. Для него требуется регулярное выполнение работ по техобслуживанию, а вероятность отказа генератора как механического устройства заметно возрастает после нескольких лет эксплуатации.

**Потери.** При протекании тока по кабелю имеет место падение напряжения, и по всей длине кабеля выделяется тепло. Стандарт [18] учитывает, что питающее устройство, исполь-

зуемое в технологии PoE, должно обеспечивать выходное напряжение в диапазоне от 44 до 57 В и значение тока 350 мА (пусковой ток до 400 мА). А нормальное функционирование потребителей энергии в сети с питанием через Ethernet имеет место в диапазоне входных напряжений запитываемых устройств от 36 до 57 В. Таким образом, при минимальном напряжении 44 В на выходе источника питания и сопротивлении линии, не превышающем 20 Ом (например, когда кабель имеет протяженность около 100 м), падение напряжения на кабеле составит 7 В при токе 350 мА и 8 В при пусковом токе. Следовательно, запитываемое устройство будет работать нормально. Однако необходимо выполнять требования к параметрам используемого кабеля.

Выделение тепла. Дополнительное выделение тепла может оказывать негативное влияние на коммутатор или другие элементы системы, особенно если они расположены вблизи от кабеля. Надо также иметь в виду, что рядом с коммутатором кабеля обычно связаны в толстые жгуты, что усиливает эффект от нагревания. В том числе это может привести к их повреждению, поскольку они, как правило, рассчитаны на эксплуатацию при температуре не выше 60 °С. Поэтому возможно, что потребуется разделить кабели на небольшие жгуты и предусмотреть дополнительное пространство, достаточное для нормального теплообмена, что не всегда возможно.

Другая проблема, создаваемая дополнительным выделением тепла, состоит в необходимости увеличения мощности системы кондиционирования. Обычно рекомендуется избегать повышения температуры выше +25 °С. При более высоких температурах существенно снижается ресурс оборудования и повышается риск возникновения областей локального перегрева, что чревато отключением оборудования и снижением ресурса аккумуляторов. Следует помнить, что расчет теплового режима (охлаждения) необходимо выполнить для ситуации с наибольшей тепловой нагрузкой, когда ИБП заряжает батареи или работает от батарей.

Помехи. При работе любого источника питания возникают электромагнитные помехи, которые могут нарушить целостность данных. Тем более что они наводятся на том же кабеле, по

которому передается информационный сигнал. Это приводит к снижению средней скорости передачи данных, поскольку часть пакетов может повреждаться. Для уменьшения влияния этого эффекта необходимо использовать высококачественные коммуникационные кабели и внимательно оценивать параметры источников питания. Для сетей с высокими требованиями к скорости передачи данных стоит выбирать модели источников питания с наименьшим уровнем пульсаций и шумов на выходе.

В целом технология с питанием по сети Ethernet обычно дает некоторый выигрыш при работе с сетевыми камерами за счет возможности их установки в местах, где нет обычных электрических кабелей и розеток или где их трудно установить. Однако при этом повышаются требования к сетевой инфраструктуре здания. В любом случае необходим тщательный анализ всех требований и возможных вариантов решения задачи.

## 6. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ И ЗАПИСИ ВИДЕОСИГНАЛОВ

### 6.1. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ

Сетевые системы ТВ-наблюдения получают все большее распространение на практике. Перечислим потенциальные преимущества [19], которыми могут обладать системы на базе сетевых камер и видеорегистраторов по сравнению с другими решениями, т. е. новые возможности:

- формирования более качественного изображения по сравнению с аналоговыми камерами благодаря использованию прогрессивной развертки и более высокой разрешающей способности;
- использования стандартов ТВ-сигнала, отличных от стандартов вещательного телевидения;
- передачи видеоизображения, звука, телеметрической и другой информации, а также питания камеры по одному сетевому кабелю;
- снижения затрат на создание и эксплуатацию системы за счет уже имеющейся инфраструктуры компьютерной сети;
- реализации в сетевой камере функций по интеллектуальному анализу видеоизображения (например, обнаружению движения в контролируемой области).

Хотя в настоящее время сетевая камера обычно стоит дороже, чем эквивалентная ей по техническим характеристикам аналоговая, экономическая эффективность сетевых телекамер чаще всего проявляется при монтаже, наладке, эксплуатации, модернизации и расширении системы.

Ведущие разработчики и производители систем ТВ-наблюдения проводят активные рекламные кампании, призванные привлечь внимание пользователей и установщиков к сетевым камерам. Многие из них предсказывали и предсказывают полный переход на сетевые камеры из-за их безусловных преимуществ по сравнению с аналоговыми камерами. Однако стоит с осторожностью относиться к подобным заявлениям, помня, что их причина может состоять вовсе не в реальном техниче-

ском превосходстве «новой» технологии над «старой». Просто с точки зрения маркетинга некоторым компаниям выгодно позиционировать себя в качестве пионера некоторой технологии, продвигая свои решения как «инновацию», дающую неоспоримые преимущества по сравнению с продукцией конкурентов. Очевидно, что подобный подход к продвижению своей продукции приносит таким фирмам неплохие результаты продаж и делает репутацию. Однако прежде чем делать окончательные выводы, стоит разобраться в реальных преимуществах, которые может принести применение сетевых камер.

С точки зрения потребителя, главной задачей телевизионной системы является формирование видеоизображения контролируемых зон, пригодного для дальнейшей обработки и анализа. Эта задача может решаться как обычными аналоговыми, так и сетевыми камерами (поэтому говорить о полном переходе на сетевое оборудование несколько преждевременно).

Решение о применении сетевых камер может быть вызвано следующими факторами:

- возможностью формирования изображения более высокого качества по сравнению с аналоговыми камерами;
- удобствами организации многопользовательских территориально распределенных систем наблюдения;
- потенциальной возможностью снижения затрат за счет использования уже имеющейся на объекте инфраструктуры передачи информации – компьютерной сети.

Если говорить о способности сетевых камер формировать более высококачественное изображение, то это связано с потенциальной возможностью использования прогрессивной развертки и более высокой разрешающей способностью. Действительно, разрешение сетевых камер не ограничено стандартами PAL/NTSC, поэтому разрешение таких телекамер может быть существенно выше. Применение прогрессивной развертки вместо чересстрочной может дать выигрыш при наблюдении и анализе записанного изображения движущихся объектов. Однако многие из выпускаемых в настоящее время сетевых камер по-прежнему формируют изображение с чересстрочной разверткой и максимальным разрешением  $720 \times 576$ . В результате изображе-

ние от таких сетевых телекамер может оказаться практически не лучше, чем у аналоговых камер стандартного класса. Необходимо учитывать также снижение качества воспроизведения мелких деталей изображения за счет сжатия видеопотока.

Также надо учитывать и появление новых форматов ТВ-сигналов, обеспечивающих значительно более высокое качество видеоизображения (HD-SDI, AHD, HD TVI, HD CVI) [2].

Другой аргумент, который обычно приводят сторонники сетевых камер, связан с возможностью использовать структурированную кабельную инфраструктуру предприятия (СКС), уже имеющуюся у заказчика для организации компьютерной сети. Это удобно, поскольку подключение к сети доступно практически в любой точке здания. Применение существующей инфраструктуры действительно может дать экономию на продолжительном отрезке времени благодаря отсутствию необходимости платить за одно и то же дважды.

При принятии решения в пользу сетевой ТВСН необходимо учитывать ряд аргументов за и против. Наличие сети, включая СКС, которая создавалась ранее без учета возможности её использования для ТВСН, ещё не означает наличия всех условий, необходимых для построения сетевой ТВ-системы, а именно следующих.

- Наличие точек подключения телекамер и других устройств – они обычно (если СКС создавалась без учета создания ТВСН) располагаются в местах, удобных для подключения рабочих оконечных устройств (компьютеров, принтеров...), но не телевизионных камер. Следовательно, возникнет необходимость монтажа новых точек подключения в местах установки телевизионных камер.
- Защищенность точек подключения. Стандартные точки подключения сетевого офисного оборудования, как правило, не защищены от отключения (случайного или умышленного), для телекамер это недопустимо. Поэтому, возможно, потребуется переоборудовать точки подключения.
- Выполнение ограничения на расстояния между сетевыми устройствами и камерами значением 100 м. Поэтому

может понадобиться установка дополнительных сетевых устройств.

- Пропускная способность сети может оказаться недостаточной для такого существенного увеличения трафика, как передача ТВ-сигналов.
- Существование возможности приоритетной передачи ТВ-сигналов, как сигналов системы, обеспечивающей безопасность объектов.

Ответы на эти и некоторые другие вопросы помогут принять правильное решение о целесообразности выбора сетевой системы или системы, использующей другие каналы передачи видеoinформации.

## **6.2. ПЕРЕДАЧА ВИДЕОСИГНАЛОВ ПО ВИТЫМ ПАРАМ**

Как известно, передача видеосигналов может осуществляться различными способами и с использованием разных каналов связи [2], таких как проводные каналы (коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконные линии связи, линии связи проводных компьютерных сетей) и беспроводные (специализированные радиоканалы, каналы беспроводной телефонной связи, беспроводные компьютерные сети).

Выше была рассмотрена возможность эффективного использования для этой цели компьютерных сетей. Однако на современном рынке представлено и другое оборудование, позволяющее использовать кабельную инфраструктуру объекта для передачи аналоговых видеосигналов, телеметрических команд управления и питания для камер по одной витой паре. Речь идет об устройствах, осуществляющих передачу видеосигналов по витой паре. Такие устройства обладают следующими преимуществами по сравнению с сетевыми камерами.

- Аналоговые передатчики/приемники видео по витой паре позволяют передавать видеосигнал в реальном масштабе времени без искажений, вызванных сжатием (компрессией) видеоизображения.
- Дальность передачи видеосигналов и телеметрии по витой паре может составлять 1,6 км и более без необходимости использования каких-либо промежуточных устройств. Это

особенно важно при оснащении территориально-распределенных объектов, где нет возможности разместить промежуточный сетевой коммутатор в корпусе, защищенном от погодных условий и вандализма. Напомним, что максимальная длина сегмента сети с архитектурой Ethernet 100Base-TX или 1000Base-TX составляет всего 100 м.

- Передатчики/приемники используют только одну витую пару для передачи видеоизображения, питания и команд телеметрического управления, в отличие от сетевых камер, где используются две или четыре пары. Это значит, что один сетевой кабель может использоваться для подключения четырех аналоговых камер вместо одной сетевой.

Стоит учесть и тот факт, что многие производители аналоговых телекамер встраивают передатчики видео по витой паре в свои устройства.

Примеры построения таких систем приведены на рис. 6.1, а и б.



а)





Рис. 6.1. Системы с использованием витых пар

### 6.3. ОСОБЕННОСТИ ЗАПИСИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Рассмотрим основные особенности записи телевизионных сигналов. Но сначала оценим требуемый объем памяти при записи видеосигнала от одной телекамеры.

Как отмечалось выше, количество элементов матрицы телекамеры высокого разрешения составляет  $752 \times 582$  элементов формирования видеосигнала. Уровень сигнала от каждого элемента может быть представлен в цифровом виде 8 битами (256 градаций серого). Таким образом, для записи одного кадра черно-белого изображения требуется 437 664 байт, а для цветного – в 3 раза больше.

Для определения объема памяти при записи монохромного видеосигнала от одной телевизионной камеры в течение суток в реальном времени значение 437 664 байт необходимо ум-

ножить на 25 (кадров в секунду), на 60 (секунд в минуте), на 60 (минут в часе) и на 24 (часа в сутках). То есть получим 2 160 000 кадров/сут. Поэтому для записи монохромного видеосигнала от одной телекамеры потребуется около одного терабайта памяти. Учтем, что реальные системы могут иметь десятки и сотни телекамер и требуется вести запись недели и месяцы. Тогда, с учетом требуемых объемов памяти, становится ясно, что сложность и стоимость устройств видеозаписи в реальном времени будут весьма высоки.

При этом мы не учитывали пропускную способность каналов передачи видеоинформации. А при таких объемах достижение требуемой скорости передачи также будет представлять достаточно непростую задачу.

Рассмотрим, каким образом можно уменьшить требуемый объем памяти.

### ***Особенности выбора режима записи***

Проанализируем основные особенности выбора режима записи видеосигналов.

#### **Выбор частоты записи**

Правильный выбор скорости или частоты записи (количества кадров, записываемых в единицу времени) является весьма важным. Слишком высокая скорость записи приведет к необходимости использовать большие объемы памяти. Слишком малая – к недопустимым потерям в качестве записанной видеоинформации и, как следствие, к невозможности решить поставленные задачи наблюдения.

Критерии для выбора частоты записи в каждом конкретном случае могут быть различными. Однако в любом случае надо оценить следующие условия.

#### **Минимальное время нахождения объекта в зоне наблюдения**

Это время ограничивает минимальную допустимую частоту записи. Например, телекамера контролирует полосу шириной 5 м. Скорость бегущего человека может превышать 5 м/с и достигать 10 м/с. Следовательно, с разбега эта полоса может

быть преодолена приблизительно за 0,5–1 с. Значит, для того чтобы зафиксировать нарушителя, необходимо установить частоту записи как минимум 2 кадра/с. В этом случае хотя бы на одном кадре будет присутствовать изображение нарушителя.

Другой пример – лестничный пролет между этажами. Хотя расстояние не больше, чем в предыдущем примере, реально преодолеть его можно не менее чем за 1,5–2 с, поскольку негде разбежаться и необходимо поворачиваться. Следовательно, частота записи может быть уменьшена.

Выбранные частоты должны по возможности превосходить минимальные оценки по крайней мере в 2 раза.

### **Минимальное время на выполнение несанкционированного действия**

Рассмотрим пример телевизионной камеры, установленной в торговом зале. Несанкционированным действием может быть кража товара. Для этого его надо взять и спрятать, на что требуется около одной секунды. Но в этом случае минимальная частота записи 1 кадр/с явно недостаточна. При такой частоте, скорее всего, будет записано изображение вора, который берет или держит в руке товар. Необходимо зафиксировать не только то, что он держит товар, но и тот факт, что он его прячет. Для этого оценка временного интервала должна вестись с учетом продолжительности отдельных фаз несанкционированных действий, а частота записи должна быть приблизительно не менее 5 кадров/с.

Иллюстрацией сказанного выше может служить реальный пример неправильно выбранной скорости записи. На рис. 6.2 кадры записи ситуации, имевшей место в действительности.

На этой видеозаписи [20] избиения учительницы в Санкт-Петербурге явно отсутствует момент нанесения удара – есть исходный кадр, а на следующем – уже резко отклонившаяся назад пострадавшая и завершающее движение руки нападавшего. Сам удар не зафиксирован. Это означает, что скорость записи была выбрана слишком низкой.

Надо учитывать и такие вопросы, как качество записанного изображения (в первую очередь, разрешающую способность).



Рис. 6.2. Соседние кадры видеозаписи происшествия

К сожалению, примеры из телевизионных репортажей также постоянно демонстрируют существенные ошибки в выборе этих параметров. Мутные изображения свидетельствуют либо о плохом качестве оборудования, в первую очередь телекамер и объективов, либо о неправильном выборе параметров сжатия (например, запись в формате CIF или с чрезмерно большим коэффициентом сжатия).

### Качество записи

При выборе режима работы цифрового видеорегистратора обычно имеется возможность выбрать качество записи. Например, низкое, стандартное или высокое, которое характеризуется, в частности, степенью сжатия.



Рис. 6.3. Видеоизображение автомашины с разной степенью сжатия.

Делая этот выбор, следует учитывать, возникнет ли в дальнейшем необходимость рассматривать мелкие детали, увеличивать изображение. При просмотре полного кадра изображения в реальном времени, записанного со стандартным или даже низким качеством, видеоизображение может выглядеть вполне приемлемым (рис. 6.3). Однако при рассмотрении стоп-кадра и тем более при увеличении масштаба мелкие детали будут неразличимыми. На рис. 6.4 представлены увеличенные фрагменты изображений с рис. 6.3. Если на полноэкранном изображении отличия практически не видны, то на увеличенном изображении разница в качестве записи становится весьма заметной.



Рис. 6.4. Увеличенные фрагменты видеоизображения номера автомашины с разной степенью сжатия

Поэтому перед окончательным решением о выборе той или иной степени сжатия (качества записи) целесообразно про-

вести предварительное тестирование оборудования и его выбираемых параметров.

### **Разрешающая способность при записи**

Не надо также забывать, что разрешающая способность изображения, сформированного телекамерой, будет выше, чем у записанного видеорегистратором. Поэтому следует обязательно сравнивать эти параметры. Вряд ли стоит вести запись с высоким разрешением сигналов от камер низкого разрешения. Это будут бесполезно потраченные ресурсы видеорегистратора. И наоборот, запись видеосигналов с высоким разрешением от телевизионных камер на видеорегистраторе с низким разрешением приведет к существенным потерям в изображении и не позволит в дальнейшем при анализе видеозаписей решить поставленную задачу.

### **Оценка требуемого объема памяти**

Требуемый для записи объем памяти будет зависеть от объема файлов для каждого кадра изображения. В свою очередь объем файлов будет существенно зависеть от характера изображения и от интенсивности изменений в видеоизображении от кадра к кадру и, конечно, от используемого алгоритма сжатия.

Основными на данный момент являются алгоритмы H.264, MPEG4 и MJPEG. Первые два ориентированы на оптимизацию загрузки каналов связи, на достижение видеопотока с постоянными параметрами. Поэтому качество записи может меняться при изменении интенсивности движения в кадре – ухудшаться при росте интенсивности. Алгоритм MJPEG направлен на сохранение высокого качества записанного видеоизображения. Но при этом объем передаваемой видеоинформации может значительно меняться.

Для лучшего понимания вопроса рассмотрим пример расчета требуемого объема памяти ЦВР. Пусть система имеет 4 телекамеры, которые должны вести запись в рабочие часы со скоростью 10 кадров/с, в нерабочие – 1 кадр/с. Средний объем файла 10 КБ. Необходимо хранить записи в течение одной недели.

В течение 8 рабочих часов, равных

$$8 \times 60 \times 60 = 28\ 800 \text{ с,}$$

необходимо записать с четырех телекамер

$$4 \times 10 \times 10 \times 28800 = 11\,520\,000 \text{ КБ}$$

видеоинформации в сутки.

Соответственно для 16 нерабочих часов, равных

$$16 \times 60 \times 60 = 57\,600 \text{ с,}$$

требуется записать

$$4 \times 1 \times 10 \times 57600 = 2\,304\,000 \text{ КБ.}$$

Общий ежедневный объем памяти будет равен  $11\,520 + 2\,304 = 13\,860$  МБ. Следовательно, для записи в рассматриваемом режиме необходим видеорегистратор с объемом памяти не менее  $13,86 \times 7 = 96,768$  ГБ.

Для уменьшения требуемых ресурсов накопителей при видеозаписи можно использовать также возможности активизации или изменения режима записи по событиям.

В общем виде с учетом возможности установки режимов записи по расписанию и по событиям можно записать формулу для расчета требуемого объема памяти:

$$V = \sum_{n=1}^N ((F_n^{\text{раб}} T_n^{\text{раб}} + F_n^{\text{нераб}} T_n^{\text{нераб}}) V_k + \sum_{i=1}^I F_{ni}^{\text{соб}} T_{ni}^{\text{соб}} J_i V_k^{\text{соб}}) M_{\text{сут}},$$

где  $N$  – количество телекамер в системе;

$F_n^{\text{раб}}$  и  $F_n^{\text{нераб}}$  – частота записи для  $n$ -й телекамеры в рабочие и нерабочие часы соответственно;

$T_n^{\text{раб}}$  и  $T_n^{\text{нераб}}$  – продолжительность рабочего и нерабочего времени для  $n$ -й телекамеры соответственно;

$V_k$  – объем файла для записи одного кадра;

$V_k^{\text{соб}}$  – объем файла для записи одного кадра по событию;

$I$  – количество событий активизации записи,  $i$  – номер события;

$F_{ni}^{\text{соб}}$  – частота записи для  $n$ -й телекамеры по  $i$ -му событию;

$T_{ni}^{\text{соб}}$  – продолжительность записи для  $n$ -й телекамеры по  $i$ -му событию;

$J_i$  – количество  $i$ -х событий активизации записи в течение суток;

$M_{\text{сут}}$  – количество суток видеозаписи.

Так, применяя эту формулу для рассмотренного выше примера, получим

$$V = \sum_{n=1}^N (F_n^{\text{раб}} T_n^{\text{раб}} + F_n^{\text{нераб}} T_n^{\text{нераб}}) M_{\text{сут}} =$$

$$= 4(10 \times 10 \times 28\,800 + 1 \times 10 \times 57\,600) \times 7 = 96,768 \text{ ГБ.}$$

В реальных системах расписание может быть более сложным. Тогда последняя формула должна быть соответствующим образом изменена.

Заметим, что фирмы-производители оборудования для видеозаписи разрабатывают специальные электронные калькуляторы для расчета параметров режимов записи, которые позволяют достаточно быстро и просто выполнить оценки требуемого объема памяти.



## Литература

1. Гедсберг Ю. М. Охранное телевидение. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 312 с.
2. Алексеев С. А., Волхонский В. В., Суханов А. В. Телевизионные системы наблюдения. Основы проектирования. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 126 с.
3. Волхонский В. В. Телевизионные системы наблюдения. 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Экополис и культура, 2005. – 168 с.
4. <http://www.honeywellvideo.com/support/configurators/lens/> (дата обращения: 10.03.2015).
5. Волхонский В. В. Системы охранной сигнализации. Изд. 2-е, доп. и перераб. – СПб.: Экополис и культура, 2005. – 208 с.
6. Домьяновски В. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии. 2-е изд. – М.: Ай-Эс-Эс-Пресс, 2006. – 480 с.
7. Домьяновски В. Библия охранного телевидения. – М.: Ай-Эс-Эс-Пресс, 2003. – 336 с.
8. Кругль Г. Профессиональное видеонаблюдение. – М.: Секьюрити фокус, 2010. – 640 с.
9. Нилсон С. Энциклопедия сетевого видеонаблюдения. – М.: Ай-Эс-Эс-Пресс, 2011. – 404 с.
10. Попов А. Моя азбука видеонаблюдения. – СПб.: Алгоритм безопасности, 2013. – 238 с.
11. ГОСТ Р 51558-2008. Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2008-12-17. – М.: Стандартинформ, 2009. – 34 с.
12. BS EN 50132-7:1996 Alarm systems — CCTV surveillance systems for use in security applications. Part 7: Application guidelines. – June 1996. – 20 p.
13. ГОСТ 21879-88. Телевидение вещательное. Термины и определения. – Введ. 1990-01-01. – М.: Стандартинформ, 1990 – 23 с.
14. Руководство по созданию комплексной унифицированной системы обеспечения безопасности музейных учреждений, защиты и сохранности музейных предметов/ А. В. Богданов,

- В. В. Волхонский, И. Г. Кузнецова и др. Ч. II. – СПб.: Инфо-да, 2014. – 264 с.
15. Night vision cameras through cost effective infrared technology// Detektor International. Sep/Oct 2004. No. 3. P. 12–16.
  16. Thermal imaging: how far can you see with it? technical note. [http://www.flir.com/uploadedfiles/eng\\_01\\_howfar.pdf](http://www.flir.com/uploadedfiles/eng_01_howfar.pdf) (дата обращения: 01.12.2014).
  17. Волхонский В. В., Волковицкий В. Д. Технология Power over Ethernet в сетевых системах ТВ-наблюдения // Безопасность, достоверность, информация. – СПб.: – 2009. – № 1. – С. 48–51.
  18. IEEE Std 802.3af-2003. IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.3af-2003.pdf>. (дата обращения: 15.01.2009).
  19. Волхонский В. В., Волковицкий В. Д. Цифровые системы ТВ-наблюдения // Безопасность, достоверность, информация. – 2009. – № 5. – С. 26–34.
  20. [www.ntv.ru](http://www.ntv.ru) (дата обращения: 17.01.2011).
  21. Волхонский В. В. Некоторые особенности выбора положения и ориентации телевизионных камер // Алгоритм безопасности. СПб. – 2011. – № 2. – С. 20–26.

## Содержание

Предисловие .....	3
1. ЗОНА ОБЗОРА ТЕЛЕКАМЕРЫ.....	4
1.1. ЗОНА ОБЗОРА.....	4
1.2. ЗОНА ЭФФЕКТИВНОГО ОБЗОРА.....	5
Положение объекта наблюдения.....	9
Глубина резкости.....	12
Условия освещенности.....	13
1.3. СКОРОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЗОНЫ.....	15
1.4. ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТИВА.....	18
Механический калькулятор.....	19
Электронный калькулятор.....	21
2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ .....	23
2.1. ИНФОРМАТИВНОСТЬ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ.....	27
Информативность зоны обзора.....	28
Равномерность параметров формируемых изображений.....	30
2.2. РАЗРЕШЕНИЕ.....	32
Разрешающая способность .....	32
Оценка разрешающей способности .....	33
Разрешение на объекте наблюдения.....	38
Разрешение для объекта.....	39
Элемент разрешения.....	40
Разрешение на объекте.....	43
Относительное разрешение.....	44
Критерии выбора разрешения.....	44
Идентификация.....	45
Распознавание.....	46
Обнаружение.....	46
Учет тракта обработки видеосигнала.....	47
3. ТЕЛЕВИЗИОННОЕ НАБЛЮДЕНИЕ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ.....	51
3.1. НАБЛЮДЕНИЕ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОН ИЗМЕНЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ.....	52

3.2. НАБЛЮДЕНИЕ ПРИ НИЗКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ...	54
3.3. КОМПЕНСАЦИЯ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКИ И ЯРКИХ ИСТОЧНИКОВ.....	57
4. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ КАМЕР .....	61
4.1. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ КАМЕРЫ ТИПА День/Ночь	61
4.2. УПРАВЛЯЕМЫЕ ТЕЛЕКАМЕРЫ.....	65
4.3. ТЕПЛОВИЗОРЫ.....	69
5. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....	74
Вторичные источники питания.....	74
Питание по линиям связи компьютерных сетей.....	76
6. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ И ЗАПИСИ ВИДЕОСИГНАЛОВ.....	84
6.1. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ..	84
6.2. ПЕРЕДАЧА ВИДЕОСИГНАЛОВ ПО ВИТЫМ ПАРАМ.....	87
6.3. ОСОБЕННОСТИ ЗАПИСИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ.....	89
Особенности выбора режима записи.....	90
Литература.....	97

**Миссия университета** – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

---

## **КАФЕДРА ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ**

Кафедра входит в состав Инженерно-физического факультета НИУ ИТМО и была организована в 1983 году в период выделения оптоэлектроники в самостоятельную область науки и производства. На кафедре работают высококвалифицированные специалисты, являющимися ведущими экспертами в отраслях науки и техники. В состав кафедры входят шесть научно-учебных лабораторий, оснащенных современным оборудованием, позволяющим вести подготовку учащихся студентов на высоком современном уровне. Кафедра ведет подготовку бакалавров и магистров по направлениям «Техническая физика» и «Лазерная техника и лазерные технологии», а также аспирантов по специальности «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Кафедрой руководит заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, доктор технических наук Прокопенко Виктор Трофимович.

Алексеев Сергей Андреевич  
Волхонский Владимир Владимирович  
Суханов Андрей Вячеславович

**ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ**  
**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ**

Учебное пособие

Корректор Ларионова А.Г.

В авторской редакции  
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО  
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова  
Подписано к печати  
Заказ №  
Тираж экз.  
Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49