

ОБЪЕКТИВЫ В ЭПОХУ МЕГАПИКСЕЛЬНЫХ ВИДЕОКАМЕР

А. Гонта

эксперт по CCTV компании ОНИКС

Оbjectивы CCTV долгое время находились за пределами жарких баталий, посвященных видеокамерам. Достаточно большой промежуток времени, когда основная доля рынка была заполнена аналоговыми видеокамерами с разрешением до 600 твл, объективы вполне достойно выполняли возложенную на них задачу.

С появлением IP видеокамер, разрешение которых достаточно быстро достигло величины 10 Мп, вопрос о разрешающей способности используемых объективов стал все чаще обсуждаться в кругу специалистов. Такое высокое разрешение IP видеокамер должно было обеспечить детализацию самых маленьких элементов сцены и способствовать решению любых задач CCTV. Но этого так и не произошло. Растущая разрешающая способность камер не давала такого же прироста в детализации мелких элементов сцены. В ответ рынок CCTV стал наполняться специализированными объективами, которые кроме красочной наклейки о своих мегапиксельных возможностях не имели никаких подтверждающих это характеристик.

Рассмотрим наиболее интересные свойства объективов, их влияние на формируемое камерой изображение, и, конечно, поговорим об их разрешающей способности.

РЕЗКОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Резкость изображения объекта, удаленного от видеокамеры на какое-то расстояние достигается с помощью органов настройки, расположенных на объективе.

Основным органом является движок расстояний или, как его часто называют, движок фокусировки. Изменением положения этого движка настраивается резкость изображения на экране монитора. Но, к сожалению, добиться резкого изображения таким способом не всегда удается. Инсталляторы хорошо знают, что в дневное время суток при использовании широкоугольных объективов настроить их на резкость не представляется возможным. В этом случае во всем диапа-

зоне регулировок движка расстояний изображение всегда резкое. Зато при снижении освещенности резкость изображения в зоне наблюдения может пропасть, а резкими окажутся объекты, не представляющие для службы безопасности ни какого интереса.

Так как же в таких случаях осуществить настройку объектива на резкость? Существуют всего два способа, позволяющие обеспечить гарантированную резкость изображения объекта, удаленного от камеры. Прежде всего, это настройка объектива на «бесконечность». При использовании этого способа движок расстояний нужно установить в положение «бесконечность». В этом случае резкими будут все объекты, находящиеся от камеры на расстоянии, начиная с гиперфокального и до бесконечности.

Для получения еще большего диапазона расстояний, где объекты отображаются резкими, существует другой способ. Он связан с тем, что объектив нужно сфокусировать непосредственно на гиперфокальном расстоянии. При этом ближняя граница резкости смещается к видеокамере и будет равна половине гиперфокального расстояния, а дальняя граница равна бесконечности.

Параметр объектива – гиперфокальное расстояние легко вычисляется по формуле:

$$H = f^2 / k \cdot z$$

где:

f – фокусное расстояние объектива;

k – кружок рассеяния;

z – F-число объектива;

H – гиперфокальное расстояние.

Значения кружков рассеяния приведены в таблице 1.

Табл. 1

Формат кристалла матрицы, дюйм	...1/4	...1/3	...1/2	...2/3
Диаметр кружка рассеяния, мкм	...5	...7,1	...9,5	...13

Достоинства выше описанных способов заключаются в том, что инсталлятору не приходится «искать» положение органов

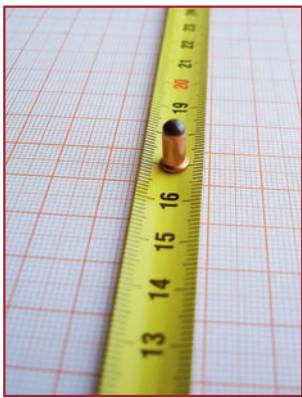


Рис. 1. Глубина резкости



Рис. 2. При увеличении глубина резкости сократилась

настройки объектива, при котором изображение на экране монитора становится резким. Установив движок расстояний в положение «бесконечность» или на гиперфокальное расстояние, изображение становится гарантированно резким за счет специфических свойств оптических систем.

Для длиннофокусных объективов настройку целесообразно проводить непосредственно на объект наблюдения или на расстояние, обеспечивающее максимальную глубину резкости.

ГЛУБИНА РЕЗКОСТИ

Глубиной резкости называется свойство объектива изображать в одной плоскости и практически с одинаковой резкостью предметы, удаленные от объектива на различные расстояния. В практической деятельности глубина резкости характеризуется ближней и дальней границами, в пределах которых изображение резкое. Иллюстрация глубины резкости приведена на рисунке 1.

Наглядно видно, что резкость цифр и миллиметровых штрихов на линейке не одинакова. Линейка отображается резкой от 14,5 см до 19,5 см.

Как ни покажется странным и противоречивым, но объектив, формируя изображение, не обладает никакой глубиной резкости и никак не влияет на ее величину. Резкими будут только те точки изображения, которые лежат в плоскости наводки на резкость.

На самом деле глубина резкости проявляется на изображении в связи с ограниченными возможностями человеческого зрения. Если напечатать на листе бумаги кружки с разным диаметром, но меньше 0,1 мм и рассматривать их невооруженным глазом с расстояния наилучшего зрения (25 см), то будет казаться, что все они одного размера. Другими словами человеческий глаз не в состоянии различить ни размеры кружка, ни тем более его содержание, если диаметр кружка равен или меньше 0,1 мм.

В оптике эти кружки, определяющие глубину резкости, получили название «кружок рассеяния». Поэтому когда оператор смотрит на монитор, то все мелкие элементы изображения, которые его зрение не в состоянии увидеть, и будут определять диапазон глубины резкости. В подтверждение этого, на рисунке 2 приведен увеличенный фрагмент ближней границы глубины резкости. На снимке хорошо видны нерезкие штрихи, вплоть до цифры 16, хотя на рисунке 1 они казались резкими. Если продолжать увеличение линейки, то нерезкой будет выглядеть вся линейка за исключением места фокусировки объектива.

Глубина резкости видеокамеры в течение суток изменяется. Связано это с тем, что меняющаяся освещенность сцены вызывает у объектива с автоматической диафрагмой изменение отверстия диафрагмы. Обратимся к рисунку 3, на котором приведена иллюстрация того, как изменяющееся отверстие диафрагмы формирует глубину резкости различной величины.

Если диафрагма полностью открыта (рис. 3а), то все лучи

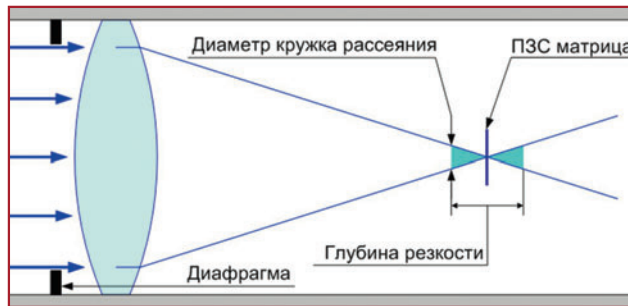
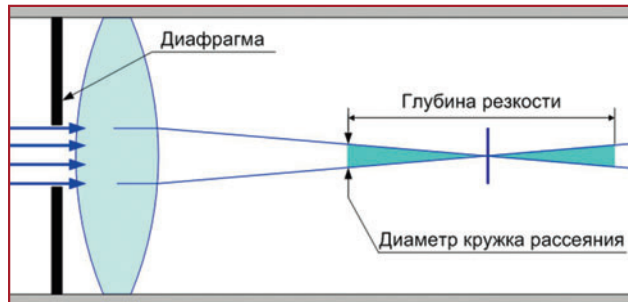


Рис. 3а

Рис. 3б



сходятся в фокусе на ПЗС матрице. Зная диаметр допустимого кружка рассеяния, можно определить глубину резкости относительно плоскости ПЗС матрицы. На рисунке глубина резкости выделена треугольниками голубого цвета. Если закрыть объектив диафрагмой (рис. 3б), то лучи сойдутся в той же точке фокуса, но допустимый кружок рассеяния будет находиться от плоскости ПЗС матрицы значительно дальше, и, как следствие, глубина резкости будет больше.

Зная это свойство объектива его необходимо учитывать при проектировании секторов наблюдения, не допуская потерю резкости на контролируемых службой безопасности участках.

Пример, который рассмотрен на рисунке 3, иллюстрирует изменение глубины резкости вокруг ПЗС матрицы, т.е. в пространстве изображений. Поскольку оптические построения подчиняются закону дуальности, то такое же изменение глубины резкости, но в другом масштабе расстояний, будет происходить и в пространстве объектов, т.е. в реальной действительности.

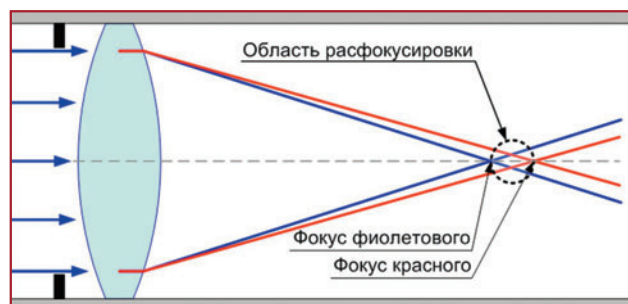
ЧЕТКОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Зачастую все ухищрения, связанные с получением резкого изображения на экране монитора, не приводят к положительным результатам. Как не пытается инсталлятор добиться хорошей резкости, все равно остается ощущение размытости очертаний предметов и границ ярких переходов.

В таких случаях правильнее говорить не о недостатке резкости, а об отсутствии четкости изображения. Потеря четкости изображения имеет место в связи с недостаточно качественным объективом.

У объектива четкость формируемого изображения в основном

Рис. 4. Аберрация – потеря четкости



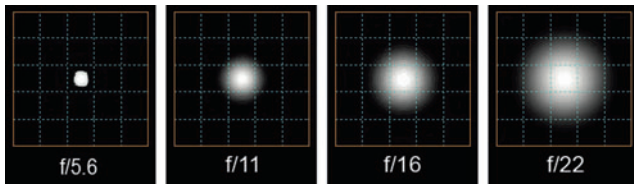


Рис. 5. Усиление дифракционного эффекта при закрытии диафрагмы [1]

определяется двумя параметрами – хроматическими aberrациями и дифракцией.

Хроматические aberrации проявляются при сильно открытой диафрагме и связаны с тем, что лучи света с разной длиной волны (разный цвет) преломляются в объективе под разными углами (рис. 4). При этом каждый из цветов пересекает оптическую ось в разных местах (точка фокуса), создавая на ПЗС или CMOS матрице расфокусированное изображение, приводящее к потере четкости.

При закрытии отверстия диафрагмы хроматические aberrации уменьшаются, но усиливается влияние дифракции, которая так же, как и aberrации, проявляется в размытии изображения.

На рисунке 5 показан дифракционный эффект, который изменяется при изменении отверстия диафрагмы. Нанесенная сетка на рисунках представляет собой пиксели квадратной формы, а белое пятно – проявление дифракционного эффекта. Максимально четким будет изображение при размере дифракционного пятна равном или меньшему размеру пиксела ($f/5.6$). При закрытии диафрагмы размеры дифракционного пятна начинают увеличиваться, создавая паразитную засветку соседним пикселям ($f/11$ - $f/22$). Чем большее количество пикселей подвержено такой засветке, тем сильнее ощущение потери четкости изображения.

Но не всегда объектив является основной причиной дифракционных искажений. В некоторых случаях, когда размеры пиксела в видеокамере очень маленькие, дифракционный эффект может возникнуть и с объективом, параметры которого не вызвали нареканий.

В современных видеокамерах для снижения влияния aberrационных и дифракционных искажений, приводящих к потере четкости, появился режим P-iris. Использование этого режима позволяет видеокамере, несмотря на изменяющиеся условия освещенности в течение продолжительного времени, поддерживать такое значение диафрагмы, при котором и aberrационные

Рис. 6. Тест-таблица

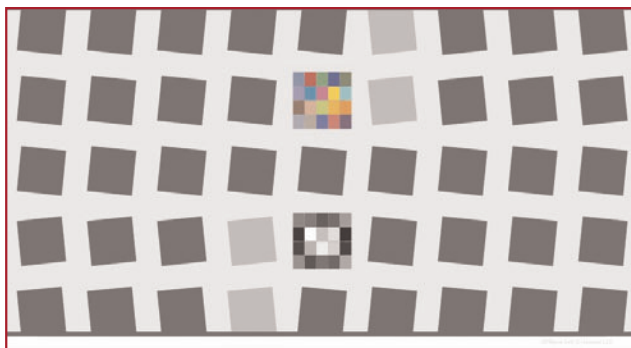
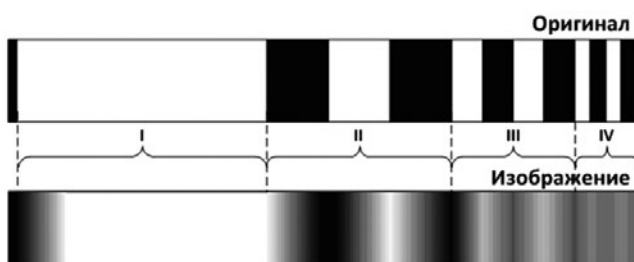


Рис. 7. Искажение изображения при уменьшении длительности штрихов



и дифракционные искажения минимальны, а это залог того, что картинка будет резкой и четкой.

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

На протяжении всего времени развития отрасли CCTV объективы были устройствами, разрешающая способность которых была тайной за семью печатями. В настоящее время параметр «разрешающая способность» так и не появился среди характеристик объектива, зато его стали подменять многообещающими понятиями типа «мегапиксельный» объектив.

Попробуем приоткрыть завесу неизвестности над разрешающей способностью, пусть и не самих объективов, а связки объектив плюс камера (в дальнейшем – объектив).

Для эксперимента возьмем 2 Мп видеокамеру 1/3" с размером матрицы 1600x1200 пикселей и четыре объектива от разных производителей с разрешением 2 Мп и 1,3 Мп. В качестве испытательной таблицы будем использовать тест-таблицу, предназначенную для построения функции передачи модуляции (ФПМ) по наклонной кромке (рис. 6). Результат измерений представим в виде графиков (рис. 8). По графикам можно определить, что предельные разрешения 2 Мп объективов на уровне 10% модуляции находятся в диапазоне от 1150 твл до 1250 твл., а для 1,3 Мп – 920 твл. Чтобы представить, что такое снижение модуляции до уровня 10%, нужно сравнить «оригинал» и «изображение», отмеченные как область III или IV на рисунке 7. 10% контраст почти стерт разницу между белыми и черными полосами тест-таблицы. У изображения границы яркостных переходов очень сильно размыты, а о четкости изображения говорить вообще не приходится.

Стоит задуматься еще и о том, что тест-таблица имеет максимальную модуляцию, т.е. представляет собой абсолютно черные и белые полосы. И измеренная предельная разрешающая способность оборудования справедлива для объектов идеально белых и черных, т.е. с модуляцией, равной 1.

А что же будет с изображением реальных объектов при таком сильном искажении? Ничего хорошего ожидать не стоит.

В связи с этим попробуем оценить объективы, когда «создаваемые» ими изображения не имеют таких сильных искажений. Хотелось бы найти критерий, который был бы ближе к качественному изображению, к изображению, анализ которого позволил бы службе безопасности и другим структурам получать максимум полезной видеoinформации.

Для этого обратимся к опыту фотографов и посмотрим, каким образом они выбирают объективы и как при этом им помогает ФПМ.

Правило для выбора объективов очень простое. Характеристики ФПМ объектива ниже 30% модуляции не рассматриваются. Связано это с тем, что начиная с этого уровня модуляции и ниже, изображение выглядит все более размытым с явными признаками искажений цветопередачи, что на профессиональных фотографиях недопустимо.

Если воспользоваться таким критерием, то можно определить по графикам ФПМ для уровня 30% модуляции, какие разрешения изображений создают рассматриваемые нами объективы.

Результаты сведем в таблицу 2.

Табл. 2

Разрешение объектива	Разрешения изображений (30% модуляция)	
	в пикселях	в мегапикселях
2 Мп № 2	1233 × 925	1,14
2 Мп № 3	1187 × 890	1,06
2 Мп № 1	1120 × 840	0,94
1,3 Мп № 4	867 × 650	0,56

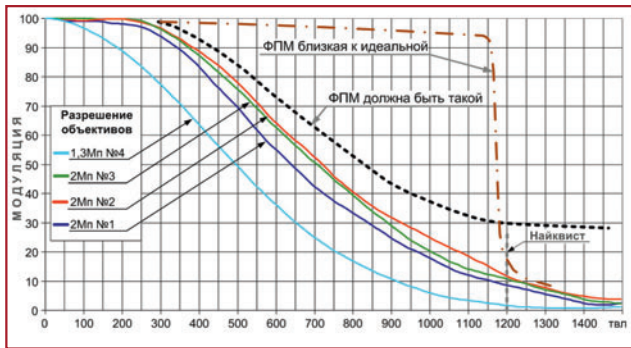


Рис. 8. ФПМ объективов+камера от разных производителей

Из результатов таблицы можно сделать заключение, что 2 Мп объективы не позволяют получить 2 Мп разрешения изображения на уровне 30% модуляции. Такой же вывод можно сделать и про объектив 1,3 Мп.

Для получения изображения с разрешением 2 Мп на уровне 30% модуляции вид кривой графика ФПМ должен быть как на рисунке 8, пунктирная кривая. В этом случае на предельных разрешениях видеокамеры (~1200 твл) изображение не будет иметь такие сильные искажения как на рисунке 7 (области III, IV). В результате, это приведет к увеличению четкости, резкости, а значит и большей разборчивости мелких деталей изображений. Качество картинки на пределе разрешающей способности видеокамеры будет значительно лучше. Следовательно, в чрезвычайных ситуациях у оператора появится возможность использовать электронное увеличение вплоть до пиксела.

Рассмотренные в статье характеристики объектива: резкость, глубина резкости, четкость и разрешающая способность, при правильном понимании происходящих процессов, позволят при проектировании и установке оборудования получить изображение максимально высокого качества.

В заключении статьи несколько рекомендаций.

1. Для получения максимально возможной резкости и четкости изображения применяйте видеокамеры поддерживающие режим P-iris.
2. Чаще используйте способ настройки объектива на «бесконечность». Это исключит ваши сомнения в том, что резкость объектива плохая из-за некачественной его настройки. Для получения резкого и четкого изображения вам придется просто заменить объектив на более качественный.
3. Начинайте требовать у поставщиков оборудования характеристики объективов. Вы должны быть уверены, что приобретенный объектив позволит видеокамере реализовать свои «мегапиксельные» возможности в формируемом изображении.
4. Обсуждая в кругу специалистов качество изображения на экране монитора, старайтесь придерживаться следующей терминологии:
 - «резкость» – используйте, когда речь идет о фокусировке объектива, т.е. получении максимально четких границ на изображении;
 - «четкость» – используйте, когда возможности в настройке на резкость исчерпаны, а изображение все равно размыто.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт <http://www.cambridgeincolour.com>

SONY
make.believe

Четкая съемка объектов в динамике становится одним из ключевых требований при выборе современной системы IP-видеонаблюдения. Камеры Sony отличает исключительно высокая детализация и возможность съемки в HD и Full HD. Они идеально подходят для систем видеонаблюдения за дорожным движением, распознавания номерных знаков автомобилей и для других ситуаций, где требуется четкая съемка динамичных сцен.

В камерах Sony нового поколения используется революционная платформа «Irela Engine», обладающая рекордной чувствительностью, системой подавления шума XDNR, частотой кадров до 60 кадр/с, максимальным среди существующих динамическим диапазоном в 130 дБ (технология View DR).

ЗАО «Сони Электроникс»
Москва, Карамышевский пр., 6
Тел. 8(495)258-76-67

www.sonybiz.ru

**Высокая четкость
даже при съемке
динамичных сцен**

