

ГЛУБИНА РЕЗКОСТИ В СИСТЕМАХ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

А.Гонта

Термин глубина резкости хорошо известен всем, кто хоть раз сталкивался с фотографией или посещал выставки профессиональных фотографов. Умело используя глубину резкости, фотографы создают высокохудожественные снимки, выделяя главный сюжет и сглаживая все, что находится на втором плане. Такие возможности открылись перед фотографами с появлением на корпусе объектива шкалы, с нанесенными на ней расстояниями глубины резкости. Для создания такой шкалы была создана методика расчета, использующая в качестве переменных расстояние наводки на резкость, диафрагменное число, фокусное расстояние объектива, а так же диаметр допустимого кружка рассеяния. Из перечисленных параметров только диаметр допустимого кружка рассеяния для нас является новым, но о нем немного позже.

В отличие от фотографических объективов, объективы, используемые в системах видеонаблюдения, не имеют шкалы глубины резкости. Объясняется это тем, что для объективов имеющих автоматическую диафрагму не существует постоянного значения глубины резкости. В таких объективах она меняется в зависимости от значения диафрагмы, которая обусловлена реальной освещенностью на объекте. Для объективов с ручной диафрагмой, отсутствие шкалы глубины резкости можно объяснить, скорее всего, невостребованностью потребителями систем охранного телевидения этого параметра.

В данной статье мы попытаемся сформулировать подход к нахождению численного значения допустимого кружка рассеяния и на примерах показать, как изменяется глубина резкости, при различных вариантах использования диафрагменных чисел и расстояний наводки на резкость.

Глубиной резкости называется свойство объектива изображать в одной плоскости и практически с одинаковой резкостью предметы, удаленные от объектива на различные расстояния.

Рассмотрим, что такое глубина резкости при формировании изображения на ПЗС матрице видеокамеры. Назовем пространство перед объективом – "Предметное пространство", а пространство между объективом и видеокамерой – "Пространство изображений". Пусть у нас имеется три точечных источника изображения "В", "С" и "D" (рис.1), находящихся на разном удалении от видеокамеры. Наведем резкость объектива на точку "В". Объектив сфокусирует ее в точке "В'" на ПЗС матрице. Монитор, подключенный к видеокамере, сформирует резкое изображение точечного источника. Точки "С" и "D", лежащие в других плоскостях так же сфокусируются в точках "С'" и "D'", а на ПЗС матрице создадут не точки, а кружки диаметром δ . Монитор тоже отобразит их на экране. В зависимости от того, на сколько точки "D" и "С" отстоят от точки наводки на резкость "В", кружки будут иметь разный диаметр. Из этих построений следует, что оптическая система, формируя изображение, не имеет никакой глубины резкости. Резкими будут только те точки, которые лежат в плоскости наводки на резкость. Это подтверждает и основное уравнение линзы.

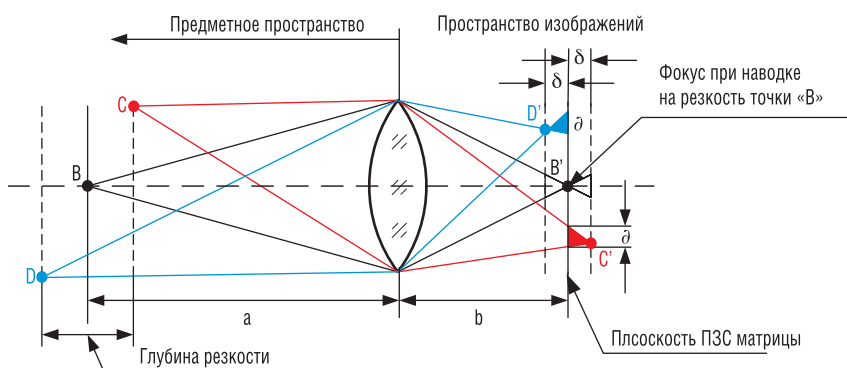


Рис. 1

Но из практики мы хорошо знаем, что глубина резкости существует и более того ею можно управлять, выбирая нужный диапазон в зависимости от поставленных за-

дач. Так чем же определяется глубина резкости и от чего она зависит? На самом деле глубина резкости это следствие ограниченных возможностей человеческого зрения. Если напечатать на листе бумаги кружки с разным диаметром но меньше 0,1мм и рассматривать их невооруженным глазом с расстояния наилучшего зрения (25см), то нам будет казаться, что все они одного размера. Другими словами человеческий глаз не в состоянии различить ни размеры кружка, ни тем более их содержание, если диаметр кружка равен или меньше 0,1мм.

Допустим, что отображаемый на мониторе кружок \varnothing (рис.1), который передает изображение точек "С" или "D", имеет на мониторе такой размер, что глаз не в состоянии отличить его от точки "В". Тогда точки D' и В' сфокусированные рядом с ПЗС матрицей, на мониторе будут тоже резкими, потому, что мы видим их не как кружок, а как точку. Следовательно, и в предметном пространстве точки D, В и все предметы между ними будут резкими, а расстояние между плоскостями D и С будет называется глубиной резкости. Параметр " \varnothing " в профессиональной терминологии называется кружком рассеяния. Наша задача состоит в том, чтобы связать размер кружка рассеяния с характеристиками человеческого зрения в зависимости от диагоналей мониторов и расстояний, с которых оператор анализирует изображение. В дальнейшем размер этого кружка будет использоваться для расчета глубины резкости и гиперфокального расстояния, а сам кружок будет называться допустимым кружком рассеяния.

Как, мне кажется, в фотографии методология в обосновании диаметров допустимых кружков рассеяния может помочь выбрать их размеры и для систем охранного телевидения.

Из чего исходили классики в фотографии? Прежде всего, они выбрали критерий и, руководствуясь им, проводили все расчеты. Критерий самый банальный – это разрешающая способность человеческого глаза или свойство человеческого зрения видеть мелкие предметы на изображении.

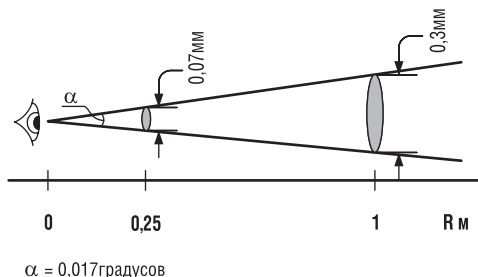


Рис. 2

И действительно, человеческое зрение имеет конечные возможности, которые определяются минимальным углом α (рис.2), под которым глаз способен различать мелкие детали на изображении. В зависимости от удаления предмета рассматривания, линейные размеры нечувствительности глаза увеличиваются. Для средне статистического человека глаз в состоянии различать мелкие детали с углом зрения не менее 0,017 градусов, что соответствует диаметру кружка рассеяния 0,074мм на расстоянии рассматривания 25см. В то же время на расстоянии в один метр диаметр кружка будет уже 0,3мм. Зная предельный угол зрения глаза и, задавшись расстоянием просмотра можно построить таблицу минимальных кружков рассеяния.

В фотографии размеры кружков рассеяния были определены как раз таким способом (Таблица 1). Однако предельный угол зрения человек не всегда способен или хочет реализовать, тем более, что у каждого человека зрение абсолютно индивидуально. Наверно поэтому, а может быть и из многолетнего опыта работы, размеры кружков рассеяния в фотографии приняли в 1,33 раза больше чем теоретически обоснован-

Таблица 1

| Предмет рассматривания | Расстояние просмотра, м | Диаметр кружка рассеяния, мм | |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------|
| | | Теоретический | Практический |
| Негатив | 0,1 | 0,03 | 0,04 |
| | 0,15 | 0,04 | 0,06 |
| | 0,2 | 0,06 | 0,08 |
| Фотография | 0,25 | 0,07 | 0,1 |
| | 0,3 | 0,09 | 0,12 |
| | 0,4 | 0,12 | 0,16 |
| | 0,5 | 0,15 | 0,2 |
| Выставочные фотографии | 0,75 | 0,22 | 0,3 |
| | 1 | 0,29 | 0,4 |
| | 1,5 | 0,44 | 0,6 |

ИНТЕЛЛЕКТ

возможности безграничны

ВИДЕТЬ... глобально

Тысячи видеокамер в единой сети контроля, сотни видеосерверов передают информацию в Центры Мониторинга. Благодаря распределенной архитектуре ИНТЕЛЛЕКТ способен управлять крупномасштабной сетью безопасности любого предприятия, и даже целого города. Работа системы не зависит от расположения оборудования, модули и объекты взаимодействуют по сети, находясь физически в различных местах



БЕЗОПАСНЫЙ

ГОРОД

- Глобальная сеть видеомониторинга в масштабе города
- Системы доступа на чердаки и в подвалы
- Пункты экстренной связи с правоохранительными органами
- Реализован на улицах столицы

www.itv.ru
интеллект. технологии. видео.

127018 Москва
 ул. Складочная 1, стр. 5, 4 этаж
 т/ф: 775-6161 (многоканальный)

Санкт-Петербург
 ул. Ефимова, д. 4а, м. «Сенная площадь»
 Тел./Факс (812) 441-3322

ные. Такой размер кружков соответствует углу зрения глаза 0,023 градуса. В таблице 1 это столбец "Практический".

Нетрудно заметить, что самый маленький кружок рассеяния относится к негативу при минимальном расстоянии просмотра. И это вполне естественно, так как при увеличении негатива до размеров даже среднего формата фотографии, кружок рассеяния так же увеличится пропорционально выбранному масштабу и может превысить свое допустимое значение. В результате чего расчетная глубина резкости не будет соответствовать ее действительному значению. Хочется обратить внимание читателей, что в фотографии при обосновании параметра допустимого кружка рассеяния никакие технические характеристики объективов, фотопленок или фотокамер не использовались.

Если подходить к выбору кружка рассеяния, для охранного телевидения используя опыт фотографии, то правильней было бы пересчитать размер кружка рассеяния на мониторе к его размеру на ПЗС матрице. Кружок рассеяния на мониторе можно выбрать, руководствуясь предельным разрешением человеческого зрения в зависимости от удаления оператора от монитора. Но однозначно определить с какого расстояния оператор будет смотреть на монитор, а тем более значение диагонали монитора предвидеть достаточно трудно. Тем не менее, удаление оператора от монитора, при проектировании рабочего места регламентируется медицинскими ограничениями (Таблица 2), которые составляют величину порядка 4-х диагоналей экрана. Для детального изучения изображения оператор обычно смотрит на монитор с минимальных расстояний и использует для этих целей специальные просмотрные мониторы, имеющие увеличенную

Таблица 2

| Диагональ монитора | Рекомендуемое расстояние (м) | |
|--------------------|------------------------------|--------------------|
| | медицинские ограничения | наилучший просмотр |
| 9" | 0,91 | 0,5 |
| 12" | 1,22 | 0,7 |
| 14" | 1,42 | 0,8 |
| 17" | 1,73 | 1 |
| 21" | 2,13 | 1,2 |

Таблица 3

| Диагональ монитора (дюйм) | Расстояние просмотра, (м) | Диаметр кружка рассеяния на ПЗС матрице, мкм | | | |
|---------------------------|---------------------------|--|-----|-----|------|
| | | Формат кристалла матрицы | | | |
| | | 1/4 | 1/3 | 1/2 | 2/3 |
| 9 | 0,5 | 2,8 | 3,9 | 5,2 | 7,1 |
| | 0,91 | 5,0 | 7,1 | 9,4 | 12,0 |
| 12 | 0,7 | 2,9 | 4,1 | 5,4 | 7,5 |
| | 1,22 | 5,0 | 4,0 | 9,2 | 13,0 |
| 14 | 0,8 | 2,8 | 4,0 | 5,3 | 7,3 |
| | 1,42 | 5,0 | 7,1 | 9,5 | 13,0 |
| 17 | 1 | 2,9 | 4,1 | 5,5 | 7,6 |
| | 1,73 | 5,0 | 7,0 | 9,5 | 13,0 |
| 21 | 1,2 | 2,8 | 4,0 | 5,3 | 7,0 |
| | 2,13 | 5,0 | 7,0 | 9,5 | 13,0 |

Усредненные значения по:

| | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|------|
| наилучшему просмотру | 2,8 | 4,0 | 5,3 | 7,3 |
| медицинским ограничениям | 5,0 | 6,4 | 9,4 | 12,8 |

диагональ экрана. Но смотреть на монитор 21" с очень близкого расстояния не имеет смысла, так как оператор в этом случае видит не картинку, а структуру кинескопа. Поэтому для просмотрных мониторов существуют расстояния наилучшего просмотра картинки. Эти расстояния получены на основе свойства человеческого зрения, видеть изображение с высоким разрешением при минимальном зрительном напряжении. Это возможно только с расстояний, при которых угол зрения глаза находится в пределах 20 градусов. В таблице 2 эти расстояния сведены в столбец "Наилучший просмотр". На основании этих рассуждений получены значения кружков рассеяния (Таблица 3) для расстояний наилучшего просмотра (верхняя строка) и расстояний, нормируемых медицинскими ограничениями (нижняя строка). В расчетах использовался угол зрения глаза равный 0,017 градусов.

В качестве допустимых кружков рассеяния для различных форматов ПЗС матриц можно использовать усредненные значения по наилучшему просмотру. В связи с тем, что это расчетные значения, а практика, как правило, вносит свои коррективы, то вполне возможно, что кружки рассеяния могут быть большего размера, хотя бы как в фотографии в 1,33 раза.

Определив допустимые размеры кружков рассеяния можно попробовать рассчитать глубину резкости и гиперфокальные расстояния.

Найдем глубину резкости для видеокамеры с форматом матрицы 1/3", диафрагменным числом 1,3 и фокусными расстояниями в диапазоне от 2,8 до 16мм. Сфокусируем объектив на условный предмет, расположенный на удалении от камеры 10м.

Таблица 4

| Глубина резкости | Фокусные расстояния, мм | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-----|-----|------|------|------|
| | 2,8 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 |
| Минимальное расстояние (м) | 1,3 | 2,3 | 4,0 | 5,4 | 7,3 | 8,3 |
| Максимальное расстояние (м) | ∞ | ∞ | ∞ | 61,0 | 16,0 | 13,0 |

Резкость наводилась на объект, удаленный на 10м

Из результатов расчетов (таблица 4) видно как с увеличением фокусного расстояния объектива глубина резкости уменьшается, сходясь на расстоянии наводки на резкость 10м. Поскольку в нашем примере диафрагма полностью открыта, то эти данные справедливы для вечернего времени, когда освещенность мала или днем, но в том случае, когда используются видеокамеры с автоматическим затвором и бездиафрагменным объективом.

В дневное время, когда диафрагма закрывается, глубина резкости значительно увеличивается. В таблице 5, для этих условий приведены значения глубины резкости при диафрагменном числе 8.

Таблица 5

| Глубина резкости | Фокусные расстояния, мм | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|------|------|-----|-----|-----|
| | 2,8 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 |
| Минимальное расстояние (м) | 0,23 | 0,46 | 0,98 | 1,6 | 3,0 | 4,4 |
| Максимальное расстояние (м) | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |

Резкость наводилась на объект, удаленный на 10м

Объясним увеличение глубины резкости в зависимости от значения диафрагменного числа (Рис.3). Если диафрагма полностью открыта (Рис.3а), то все лучи сходятся в фокусе на ПЗС матрице. Зная диаметр допустимого кружка рассеяния можно

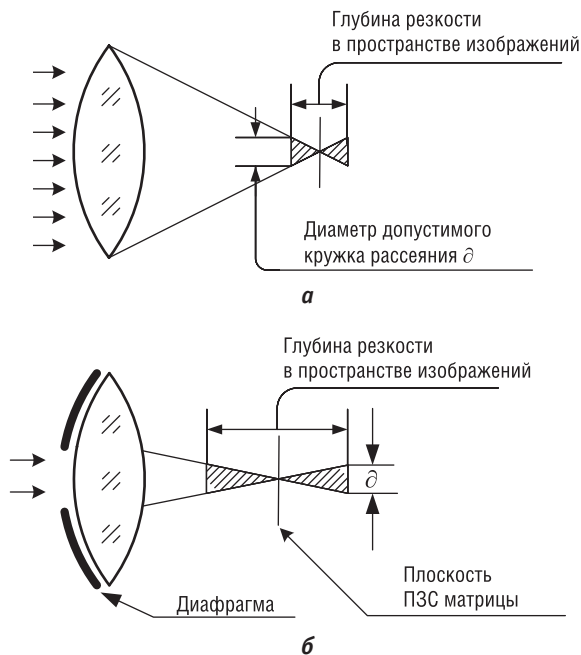


Рис. 3

определить глубину резкости относительно плоскости ПЗС матрицы. Если мы закроем объектив диафрагмой (Рис.3б), то лучи сойдутся в той же точке фокуса, но допустимый кружок рассеяния будет отстоять от плоскости ПЗС матрицы значительно дальше и как следствие глубина резкости будет больше.

В практической деятельности при монтаже и настройке видеосистем присутствует неприятный момент, связанный с настройкой объектива на резкость. Обычно эта операция проводится, когда все камеры установлены на своих местах и ориентированы в нужных направлениях. Чтобы навести объектив на резкость, приходится использовать переносной монитор, питаемый от аккумуляторов, а иногда использовать радиостанции и настраивать объектив в слепую по команде из мониторинговой. Поскольку работы, как правило, проводятся в дневное время при хорошей освещенности, то глубина резкости настолько большая, что в какое бы положение не был поставлен регулятор расстояний, картинка на мониторе все равно резкая. С наступлением сумерек глубина резкости значительно сокращается и, если регулятор расстояний был выставлен не правильно, резкими могут быть, совершенно второстепенные объекты. Чтобы избежать таких ситуаций, гораздо проще настроить объектив на гиперфокальное расстояние. Причем эту операцию можно делать как на объекте, так и в офисе.

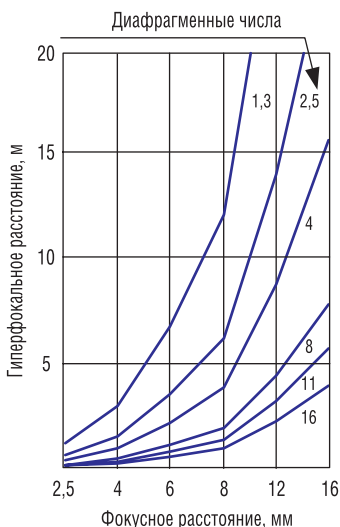


Рис. 4

Что такое гиперфокальное расстояние – это минимальное расстояние от объектива, начиная с которого и до бесконечности все предметы резкие. Для работы объектива в режиме гиперфокального расстояния, регулятор расстояний нужно установить в положение бесконечность. На рис.4 приведен график, который поможет ориентироваться в выборе параметров объектива для обеспечения нужного в заданных условиях гиперфокального расстояния. Например:



защита информации

**ПРОИЗВОДСТВО
ВИДЕООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ:**

**Промышленных предприятий
Транспортных инфраструктур
Охраны периметра
Офисных зданий
Структурированных
кабельных сетей**



**ВИДЕОУСИЛИТЕЛИ
ПЕРЕДАТЧИКИ ВИДЕОСИГНАЛА
ПО ПРОВОДНЫМ ЛИНИЯМ
ЗАЩИТА ВИДЕООБОРУДОВАНИЯ
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОМЕХ**

WWW.SINF.RU

НПО «Защита информации»
119192, Москва, Ломоносовский пр-т, 31, к. 2
тел.: (095) 143-1293, 143-1300, факс: (095) 143-3841
e-mail: sinf@sinf.ru, <http://www.sinf.ru>

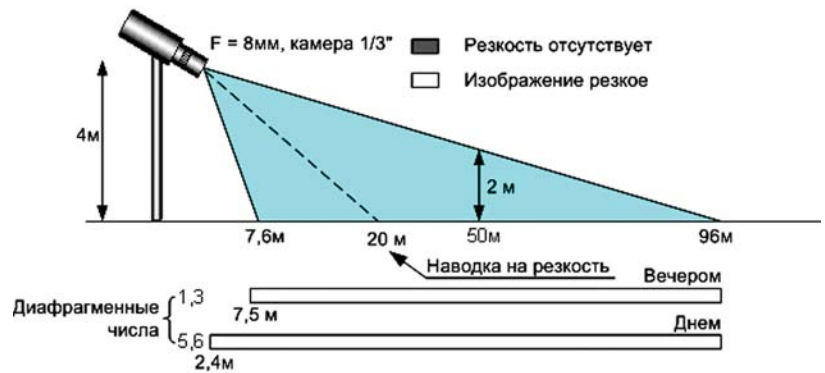
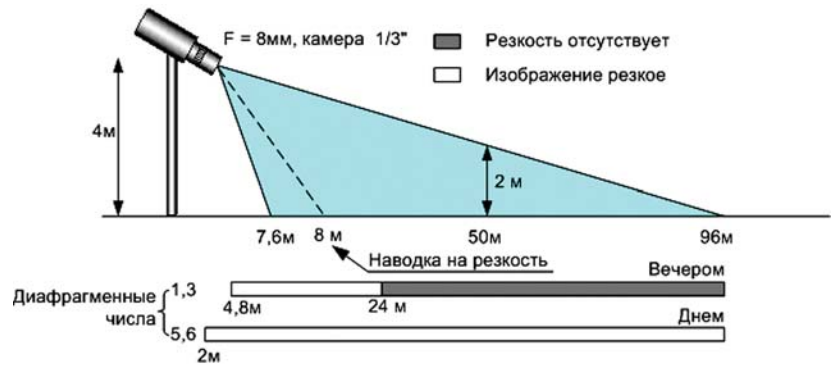


- Камера установлена в помещении с постоянным освещением, объективом с ручной диафрагмой и фокусным расстоянием 4мм. Установив движок расстояний на бесконечность, а диафрагму на такое значение, при котором изображение на мониторе будет передавать все градации яркости рассматриваемых объектов (диафрагменное число 8-16), глубина резкости будет составлять величину от 0,7 метров и до бесконечности.

- Камера установлена на улице, объектив с автоматической диафрагмой и F число 1,3, фокусным расстоянием 4мм. Установив движок расстояний на бесконечность в вечернее время, когда значение дифрагменного числа 1,3, глубина резкости будет от 3м до бесконечности, а в дневное время при диафрагменных числах 8-16 от 0,7м до бесконечности.

Если по каким то причинам использование гиперфокального расстояния нецелесообразно, то прогнозирование глубины резкости в дневное и вечернее время для объективов с автоматической диафрагмой имеет еще большее значение. Рассмотрим пример, как изменится глубина резкости в дневное и вечернее время в зависимости от расстояния наводки на резкость объектива с автоматической диафрагмой. На рис.5 изображена видеокамера, установленная на высоте 4м с форматом кристалла 1/3" и фокусным расстоянием объектива 8мм. Сектор, который способна видеть видеокамера простирается от 7,6м до 96м при угле ее наклона относительно горизонта 15 градусов. Предположим, что сектор наблюдения, интересующий службу безопасности, расположен от 8м до 50м. Наведем резкость объектива на расстояние 8 метров.

В вечернее время, когда диафрагма полностью открыта (диафрагменное число 1,3) резко изображаемое пространство на мониторе будет составлять величину от 4,8 до 24 метров. Это значит, что территория с 24 метров и до 50 в вечернее время суток будет выводиться на монитор нерезкой. С увеличением освещенности на объекте глубина резкости значительно увеличивается и, будет иметь значения от 2,0м и до бесконечности. Попробуем изменить расстояние наводки на резкость с 8 метров на 20 метров (Рис.6). Глубина резкости в вечернее время существенно изменилась. Если разместить видеокамеру на удалении от объектов, которые должны быть под постоянным контролем, не ближе 7,5 метров мы получим результат, при котором и днем и вечером все охраняемое пространство будет резким.



Этот пример хорошо показывает насколько важно правильно выбрать расстояние наводки на резкость.

Оперативно проводить такую оценку можно, имея под рукой специализированный программный продукт или калькулятор с аналогичными возможностями. В настоящее время такие задачи может решать "TV проектировщик-2", который к сожалению, не доступен для широкого круга пользователей.

Тем не менее, в Таблице 6 для наиболее распространенных значений фокусных расстояний объектива и расстояний наводки на резкость приведены расчетные значения глубины резкости в диапазоне диафрагм от 1,3 до 16.

Хочу обратить внимание читателей, что все расстояния, о которых шла речь в этой статье, будут соответствовать действительности только при условии правильной настройке "обратного фокуса" объектива. Порядок проведения такой настройки для различных объективов хорошо описан в "Библии охранного телевидения".

Таблица 6

| Наводка на резкость (м) | Диафрагменное число | Фокусные расстояния (мм) | | | | |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|--------|---------|-----------|-----------|
| | | 2,8 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 4 | 1,3 | 1,1/∞ | 1,7/ | 3,0/6,0 | 3,5/4,7 | 3,7/4,4 |
| | 5,6 | 0,3/∞ | 0,59/∞ | 1,64/∞ | 2,44/11 | 2,9/6,2 |
| | 8 | 0,22/∞ | 0,43/∞ | 1,3/∞ | 2,1/46 | 2,6/8,2 |
| | 16 | 0,12/∞ | 0,23/∞ | 0,78/∞ | 1,42/∞ | 1,98/∞ |
| 8 | 1,3 | 1,24/∞ | 2,18/∞ | 4,8/24 | 6,2/11,4 | 6,9/9,6 |
| | 5,6 | 0,33/∞ | 0,64/∞ | 2,1/∞ | 3,5/∞ | 4,7/28 |
| | 8 | 0,23/∞ | 0,46/∞ | 1,56/∞ | 2,8/∞ | 3,9/∞ |
| | 16 | 0,12/∞ | 0,24/∞ | 0,87/∞ | 1,7/∞ | 2,62/∞ |
| 16 | 1,3 | 1,34/∞ | 2,52/∞ | 6,8/∞ | 10,0/39,0 | 12,0/24,0 |
| | 5,6 | 0,33/∞ | 0,7/∞ | 2,4/∞ | 4,5/∞ | 6,6/∞ |
| | 8 | 0,23/∞ | 0,47/∞ | 1,7/∞ | 3,4/∞ | 5,2/∞ |
| | 16 | 0,12/∞ | 0,24/∞ | 0,9/∞ | 1,9/∞ | 3,1/∞ |
| 32 | 1,3 | 1,4/∞ | 2,7/∞ | 8,7/∞ | 14,6/∞ | 19,2/96,8 |
| | 5,6 | 0,34/∞ | 0,68/∞ | 2,6/∞ | 5,2/∞ | 8,2/∞ |
| | 8 | 0,24/∞ | 0,48/∞ | 1,8/∞ | 3,8/∞ | 6,3/∞ |
| | 16 | 0,12/∞ | 0,24/∞ | 0,94/∞ | 2,1/∞ | 3,5/∞ |