
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

УДК 681.77+535(075.8)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ РЕЗКО ИЗОБРАЖАЕМОГО ПРОСТРАНСТВА И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ФОТО- И ВИДЕОСЪЕМКИ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ВИДЕОТЕХНИКИ

Зайцева Е. Г., Кислюк А. А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Усовершенствована методика определения глубины резкости для современной видеотехники. Разработана компьютерная программа для определения соответствующих параметров видеосъемки.

Введение

Профессиональным операторам и фотографам часто приходится решать две задачи: определять положение границ резко изображаемого пространства или выбирать параметры съемки, обеспечивающие вхождение объекта известной протяженности по глубине в границы резко изображаемого пространства [1, 2, 3]. Методика решения этих задач была успешно разработана для аппаратуры с пленочным носителем информации. Появление и быстрое совершенствование цифровой видеотехники, а также тенденция перехода к записи и воспроизведению 3D-изображений вызвало необходимость учесть ряд новых факторов для определения соответствующих параметров глубины резкости.

Постановка задачи исследований

Переход к дискретным системам преобразования «свет-сигнал» и «сигнал-свет», а также большое разнообразие типоразмеров цифровых записывающих и воспроизводящих матриц обусловило невозможность использования ранее известных формул для расчета параметров глубины резкости, так как в них были заложены параметры, связанные только с

геометрией киноплёнок. Большинство видеооператоров, работающих с полупрофессиональными видеокамерами, вынуждено использовать длиннофокусные объективы (их фокусное расстояние превышает удвоенную диагональ кадра), так как они дешевле короткофокусных для меньших, чем 35-мм кинокадр, матриц. Известно [1], что длиннофокусные объективы уменьшают глубину резко изображаемого пространства, поэтому ее границы должны быть определены более тщательно. В то же время в современной видеосъемочной технике отсутствует функция автоматического выделения зоны резко изображаемого пространства. Введение в современную аппаратуру такой функции становится особенно актуальным при переходе на 3D-видеосъемку, так как выход снимаемых объектов из глубины резко изображаемого пространства, особенно при изменении этой глубины во времени, не позволит оператору быстро скорректировать настройки и приведет к техническому браку. Известные в настоящее время попытки корректировать последствия неправильно установленной глубины резкости программными средствами при обработке отснятых материалов имеют ряд серьезных недостатков [4]. Целью приведенных ниже исследований является совершенствование методики опреде-

ления параметров глубины резкости с учетом особенностей современной цифровой видеотехники, разработка компьютерной программы для расчета этих параметров и формирование концепции ввода такой программы в процессорную часть камеры.

Классическая методика

В соответствии с [2] передней границей резко изображаемого пространства является ближайшая к объективу и перпендикулярная его оптической оси плоскость в пространстве предметов, ограничивающая пространство, где точки предметов изображаются в плоскости кадра как допустимые кружки рассеяния. Аналогично задняя граница ограничивает указанное пространство с дальней от объектива стороны.

Диаметр допустимого кружка рассеяния – это максимальный диаметр изображения точки в виде круглого пятна на киноплёнке или матрице, который воспринимается зрителем на фотографии или на экране как точка.

На рисунке 1, приведенном в [2], показано построение объективом изображения точек, лежащих вне и на плоскости фокусировки. Из рисунка видно, что изображение A' точки A на фокусируемой плоскости представляет собой точку (абберации не учитываются), а изображения B' и C' точек B и C превращаются в кружки рассеяния.

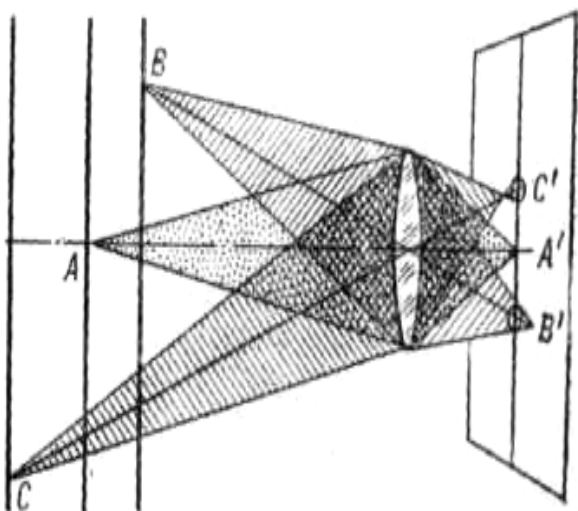


Рисунок 1 – Схема построения изображений точек A , B , C , лежащих на и вне плоскости фокусировки

Если диаметр кружков рассеяния большой, то зритель будет воспринимать изображения соответствующих точек на экране как нерезкие.

Уменьшая этот диаметр приближением плоскостей точек B и C к плоскости резкой наводки, где расположена точка A , можно достигнуть некоторого порогового значения кружков, когда из-за неидеальности зрения эти кружки при воспроизведении изображения будут восприниматься как точки. Эти два пороговых значения допустимых кружков рассеяния B' и C' , образованных точками B и C , лежащими перед и за плоскостью фокусировки, и определяют глубину резко изображаемого пространства.

Расстояния от объектива до передней a_n и задней a_3 границ резко изображаемого пространства вычисляются по следующим формулам [3]:

$$a_n = \frac{af^2}{f^2 - fnz_{\text{фок.доп}} + anz_{\text{фок.доп}}}, \quad (1)$$

$$a_3 = \frac{af^2}{f^2 - f^2 + fnz_{\text{фок.доп}} - anz_{\text{фок.доп}}}, \quad (2)$$

где a – расстояние от объектива до плоскости резкой наводки или дистанция резкой наводки; f – фокусное расстояние объектива; n – знаменатель относительного отверстия объектива; $z_{\text{фок.доп}}$ – диаметр допустимого кружка рассеяния в плоскости преобразователя «свет–сигнал» (матрица, киноплёнка и т.д.), обусловленный удалением объекта от плоскости резкой наводки.

Необходимо отметить, что формула (2) корректна только при неотрицательном знаменателе, в противном случае следует считать a_3 равным бесконечности.

Глубина резко изображаемого пространства Δ есть разность расстояний до вышеупомянутых границ:

$$\Delta = a_3 - a_n. \quad (3)$$

Таким образом, зная расстояние от объектива до плоскости резкой наводки, фокусное расстояние объектива, знаменатель его относительного отверстия и допустимый кружок рассеяния в плоскости преобразователя «свет–сигнал» за счет удаления объекта от плоскости

резкой наводки, можно рассчитать расположение границ резко изображаемого пространства и его глубину. Если определение первых трех необходимых для расчета параметров (a, f, n) не представляет собой технических трудностей, то с развитием техники усложнилась методика определения диаметра допустимого кружка рассеяния $z_{\text{фок.доп}}$.

Усовершенствование методики

Проблема заключается в том, что диаметр допустимого кружка рассеяния отнесен к плоскости преобразователя «свет–сигнал» в фотоили кинокамере, а заметность кружка рассеяния оценивается при воспроизведении на фотографии или на экране зрителем, находящимся на некотором расстоянии от них, причем заметность зависит от яркости экрана или фотографии, яркости фона адаптации, расстояния до зрителя.

Ранее при фото- и киносъемке на светочувствительный материал кадр на киноплёнке имел определенные размеры, количество размерных вариантов было ограничено.

В профессиональном кинематографе использовались плёнки шириной 35, 70, 16 мм. В соответствии с нормативной документацией зритель первого ряда (самое критичное для значения допустимого диаметра кружка расположение) должен был находиться на расстоянии 1,5 ширины экрана. Освещенность экрана также нормировалась. Поэтому существовал ограниченный перечень значений диаметра допустимого кружка рассеяния: 0,03 мм для фильмов, снятых на 35-мм и 70-мм пленку, и 0,015 мм для 16-мм фильмов [3]. У фотографий, рассматриваемых на расстоянии 250–300 мм, диаметр допустимого кружка рассеяния для негативной пленки находился в пределах 0,02–0,05 мм [2]. Фотографирование производилось, как правило, на 35-мм пленку, реже на плёнки шириной 61,5 и 70 мм. В фотоателье использовали стеклянные фотопластинки, с которых фотографии печатались без увеличения, методом контактной печати. В этом случае диаметр допустимого кружка рассеяния на негативе был равен его значению на позитиве и составлял 0,1 мм [2].

В настоящее время при фото- и видеосъемке используется разнообразнейшая гамма техники с различными размерами и геометрией светочувствительных матриц. Не меньшим раз-

нообразием отличаются и системы воспроизведения изображений (позитивы на фотобумаге, компьютерные планшеты, дисплеи, цифровые и отражающие экраны), расстояние от изображения до самого близко расположенного зрителя тоже варьируется в широком диапазоне. Каждому варианту соответствует свое значение допустимого кружка рассеяния на преобразователе «свет–сигнал». Поэтому необходимо ввести в методики определения границ резко изображаемого пространства и выбора параметров съемки по заданной глубине резкости уточненный расчет диаметра допустимого кружка рассеяния.

Исходным значением следует считать диаметр допустимого кружка рассеяния в плоскости сетчатки. Он зависит от яркости адаптации и расстояния до рассматриваемого изображения, но для упрощения расчетов будем считать его постоянным и равным 0,005 мм [5], соответствующим размеру колбочки глаза. Это значение совпадает с рассчитанным по допустимому кружку на позитиве, равному 0,1 мм [2], с учетом расстояния рассматривания 300 мм и средним значением переднего фокусного расстояния глаза (в воздухе) 15,85 мм [5].

Чтобы определить диаметр допустимого кружка на экране, необходимо знать размер экрана и расстояние до зрителя. Анализ всех возможных ситуаций привел к возможности использования двух вариантов. В первом случае зритель рассматривает небольшое изображение (оно полностью помещается на сетчатку) на расстоянии наилучшего зрения 250–300 мм. В этом случае диаметр допустимого кружка рассеяния в плоскости фотографии составляет 0,1 мм [2].

Расстояние рассматривания до 300 мм является оптимальным для изображений, размеры которых не превышают 15х20 см. Вторую группу образуют изображения больших размеров. Чтобы изображение полностью поместилось на сетчатку, самые близко расположенные зрители должны находиться от него на расстоянии, равном полторы ширины изображения. Так как расстояние рассматривания фотоснимков (расстояние наилучшего зрения) в основном и составляет полторы ширины изображения, то в дальнейшем можно анализировать только второй случай.

Во втором случае диаметр $z_{\text{экр.доп}}$ допустимого кружка рассеяния в плоскости воспроизведенного изображения (экран, дисплей, фото-

графия больших размеров) вычисляется по формуле:

$$z_{\text{экр.доп.}} = \frac{1,5z_{\text{сетч}} bd_{\text{диспл}}}{f_{\text{гл}}(b^2 + h^2)^{1/2}}, \quad (4)$$

где $z_{\text{сетч}}$ – диаметр допустимого кружка рассеяния в плоскости сетчатки глаза; b и h – коэффициенты соотношения ширины и высоты изображения, например, 4 и 3, если соотношение сторон дисплея 4:3, или 16 и 9, если соотношение сторон дисплея 16:9; $d_{\text{диспл}}$ – диагональ дисплея или экрана; $f_{\text{гл}}$ – среднее переднее фокусное расстояние глаза (в воздухе), равное 15,85 мм [5]. Если известна не диагональ изображения, а его ширина $B_{\text{экр}}$, формула (4) приобретает более простой вид:

$$z_{\text{экр.доп.}} = \frac{1,5z_{\text{сетч}} B_{\text{экр}}}{f_{\text{гл}}}. \quad (5)$$

Диаметр $z_{\text{доп}}$ допустимого кружка рассеяния на преобразователе «свет–сигнал» связан с диаметром кружка в воспроизведенном изображении соотношением:

$$z_{\text{доп.}} = \frac{z_{\text{экр.доп.}} d_{\text{матр}}}{d_{\text{диспл}}}, \quad (6)$$

где $d_{\text{матр}}$ – диагональ матрицы или кадра на пленке; прочие обозначения приведены ранее.

Если известны значения ширины кадра $B_{\text{кадра}}$ и экрана $B_{\text{экр}}$, то можно воспользоваться аналогичной формулой:

$$z_{\text{доп.}} = \frac{z_{\text{экр.доп.}} B_{\text{кадра}}}{B_{\text{экр}}}. \quad (7)$$

С учетом формул (5, 4, 6) окончательное выражение для $z_{\text{доп}}$ примет вид:

$$z_{\text{доп.}} = \frac{1,5z_{\text{сетч}} bd_{\text{матр}}}{f_{\text{гл}}(b^2 + h^2)^{1/2}}, \quad (8)$$

Если учесть, что $z_{\text{сетч}}$ и $f_{\text{гл}}$ – известные постоянные, а также выражать $d_{\text{матр}}$ не в миллиметрах, а в дюймах, то формула (8) приобретет более удобный для расчета вид:

$$z_{\text{доп}} = \frac{0,01202bd_{\text{матр}}}{(b^2 + h^2)^{1/2}}. \quad (9)$$

Из формулы (9) видно, что диаметр допустимого кружка рассеяния $z_{\text{доп}}$ на преобразователе «свет – сигнал» определяется диагональю $d_{\text{матр}}$ матрицы камеры или кадра на пленке, а также коэффициентами соотношения ширины и высоты изображения b и h .

Ухудшение резкости изображения вызывается не только расфокусировкой за счет нахождения объекта вне плоскости резкой наводки, но и фильтрующим действием звеньев системы записи и воспроизведения изображений: объектива, кинопленки или матрицы камеры, матрицы дисплея или видеопроектора, объектива видеопроектора.

Известна приближенная формула, позволяющая оценить суммарное воздействие всех ухудшающих резкость факторов [2]:

$$\frac{1}{N_{\Sigma}} = \Sigma\left(\frac{1}{N_i}\right), \quad (10)$$

где N_{Σ} – суммарная разрешающая способность системы в целом; N_i – разрешающая способность i -го звена системы записи и воспроизведения изображений, приведенная при необходимости к плоскости, где определяется суммарная разрешающая способность.

Разрешающая способность в первом приближении обратно пропорциональна диаметру кружков рассеяния, поэтому из формулы (10) следует:

$$Z_{\Sigma} = \Sigma Z_i, \quad (11)$$

где Z_{Σ} – диаметр суммарного кружка рассеяния; Z_i – диаметр кружка рассеяния i -го звена системы записи и воспроизведения изображений, приведенный при необходимости к плоскости, где определяется суммарный кружок рассеяния.

Для цифровых камер, кроме ухудшения резкости за счет удаления объекта от плоскости резкой наводки (кружок диаметром $z_{\text{фок}}$), в состав слагаемых входят кружок рассеяния объектива диаметром $z_{\text{об}}$, «кружок рассеяния» матрицы камеры диаметром $z_{\text{матр}}$ и масштабно приведенный к плоскости матрицы камеры «кружок рассеяния» матрицы дисплея или видеопроектора диаметром $z_{\text{экр.пр}}$. (Понятие «кру-

жок рассеяния» используется здесь в переносном смысле, так как матрицы преобразуют точки не в кружки, а в фигуры, повторяющие форму пикселя.)

При использовании видеопроектора дополнительно необходимо ввести в сумму также диаметр $z_{об.пр}$ кружка рассеяния объектива видеопроектора, масштабированный к плоскости матрицы камеры. Тогда формула (11) приобретет вид :

$$Z_{\Sigma} = Z_{фок} + Z_{об} + Z_{матр} + Z_{экр.пр} + Z_{об.пр} \quad (12)$$

Масштабное приведение к плоскости матрицы камеры «кружков рассеяния» матрицы дисплея или видеопроектора $z_{экр.пр}$ и кружка рассеяния объектива видеопроектора $z_{об.пр}$ к плоскости матрицы камеры осуществляется по одной из формул :

$$Z_{экр.пр} = \frac{Z_{экр} d_{матр}}{d_{диспл}}, \quad (13)$$

$$Z_{экр.пр} = \frac{Z_{экр} B_{кадра}}{B_{экр}}, \quad (14)$$

$$Z_{об.пр} = \frac{Z_{об.вид} d_{матр}}{d_{диспл}}, \quad (15)$$

$$Z_{об.пр} = \frac{Z_{об.вид} B_{кадра}}{B_{экр}}, \quad (16)$$

где $z_{экр}$ – диаметр «кружка рассеяния» матрицы дисплея или видеопроектора; $z_{об.вид}$ – диаметр кружка рассеяния объектива видеопроектора в плоскости матрицы видеопроектора.

В пространстве между границами глубины резкости диаметр z_{Σ} суммарного кружка рассеяния не должен превышать значение $z_{доп}$ допустимого кружка рассеяния на преобразователе «свет–сигнал» :

$$Z_{\Sigma} \leq Z_{доп} \quad (17)$$

Проверка неравенства (17) в практике показала возможность его несоблюдения в определенных условиях. Нами был рассмотрен вариант фотосъемки изображения фотоаппаратом Canon (модель IXSUS 75) с диагональю матрицы 1/2,5 дюйма и воспроизведения на ЖК мониторе SAMSUNG 740N с диагональю матрицы 17 дюймов. Расчеты показали, что:

$$Z_{матр} = 1,87 \text{ мкм}; \quad Z_{экр.пр} = 6,21 \text{ мкм}.$$

Диаметр $z_{об}$ кружка рассеяния объектива, как и его разрешающая способность, в общем случае является функцией фокусного расстояния, относительного отверстия, дистанции резкой наводки. Известна приближенная экспериментальная методика нахождения разрешающей способности [6], по которой можно определить кружок рассеяния. Согласно этой методике, разрешающая способность исследованных авторами [6] объективов составляет 40–60 линий/мм. Для среднего значения (50 линий/мм) диаметр $z_{об}$ отдельно воспроизводимой точки, то есть кружка рассеяния составляет 10 мкм. Таким образом, сумма трех слагаемых в правой части неравенства составляет 18,08 мкм, причем основной вклад вносит кружок рассеяния объектива.

Диаметр $z_{фок.доп}$ допустимого кружка рассеяния в плоскости преобразователя «свет–сигнал», рассчитанный для выбранного сочетания матрицы камеры и дисплея, составляет 3,76 мкм, что почти в 5 раз меньше фактического значения. Это означает, что даже и в плоскости резкой наводки изображение будет нерезким, размытым. Однако в большинстве случаев зритель не замечает эту нерезкость из-за малой контрастности, цветности и движения объектов съемки.

Если изображение объекта, находящегося на дистанции наводки, уже нерезкое, то логично предположить, что критерием допустимой дополнительной нерезкости за счет выхода точки объекта из плоскости резкой наводки является максимально возможное незаметное зрителю приращение кружка рассеяния. Зритель не замечает изменений размера кружка рассеяния, если приращение его радиуса в плоскости сетчатки не превышает размеров колбочки глаза, то есть 5 мкм. Поэтому и в случае несоблюдения неравенства (17) можно использовать для расчета $z_{доп}$ формулу (12) с учетом того, что :

$$z_{фок.доп} = \frac{0,01202bd_{матр}}{(b^2 + h^2)^{1/2}}, \quad (18)$$

т. е. :

$$Z_{доп} = Z_{фок.доп} + Z_{об} + Z_{матр} + Z_{экр.пр} + Z_{об.пр} \quad (19)$$

Если же неравенство (17) соблюдается, и, кроме того, необходимо во всем пространстве глубины резкости обеспечить качественное по резкости изображение, то диаметр допустимого кружка рассеяния в плоскости преобразователя «свет–сигнал», обусловленный удалением объекта от плоскости резкой наводки, с учетом выражений (12) и (17), следует определять по формуле:

$$Z_{\text{фок.доп}} = Z_{\text{доп}} - (Z_{\text{об}} + Z_{\text{матр}} + Z_{\text{экр.пр}} + Z_{\text{об.пр}}). \quad (20)$$

Очевидно, что во всех случаях, кроме постановочных кадров, результаты решения вышеуказанных задач должны быть получены очень быстро. В ранних моделях фото- и кинокамер определение указанных параметров осуществлялось приближенно с использованием круговой шкалы (рисунок 2). Штрих на оправе объектива совмещался со значением дистанции наводки, а два штриха со значениями знаменателя относительного отверстия указывали положения границ глубины резкости. Метод не отличался высокой точностью из-за малых размеров шкалы.



Рисунок 2 – Шкала для определения границ резко изображаемого пространства для объектива «Волна-3» с фокусным расстоянием 80 мм в фотоаппарате «Киев 88» [7]

Существовали модели аппаратов, в которых расстояния до границ резко изображаемого пространства были нанесены на табличку на корпусе в виде матрицы (рисунок 3).

В большинстве случаев в современной цифровой фото- и видеотехнике используются объективы с переменным фокусным расстоянием, поэтому матрица расстояний до границ резко изображаемого пространства с введением фокусного расстояния как третьей независимой переменной становится трехмерной. Поэтому рационально создание компьютерных программ, обеспечивающих при вводе дистанции резкой наводки, фокусного расстояния и знаменателя относительного отверстия объектива

оперативное получение расстояний до границ резко изображаемого пространства и глубины резкости. Было разработано несколько таких программ, как для использования в компьютере [7], так и для ввода в мобильный телефон [8].

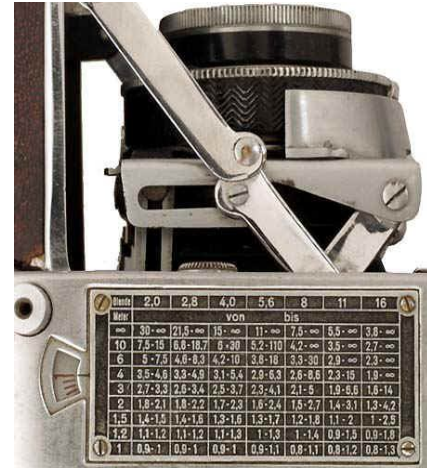


Рисунок 3 – Таблица глубин резкости на фотоаппарате Welta с объективом Xenon (фокусное расстояние 50 мм) [7]

Однако в первом случае допустимый кружок рассеяния обусловлен не свойствами зрения, а параметрами объектива или матрицы камеры, а во втором случае выбирается пользователем или составляет по умолчанию 1/1500 диагонали матрицы. Поэтому авторами была разработана оригинальная программа расчета, решающая такие же задачи, но позволяющая по диагонали матрицы камеры и соотношению сторон изображения вычислять допустимый кружок рассеяния в плоскости преобразователя «свет–сигнал» (матрицы). С помощью указанной программы также по положению границ резко изображаемого пространства возможно определять необходимые значения фокусного расстояния и знаменателя относительного отверстия объектива по формулам:

$$f = \left(\frac{2nz_{\text{фок.доп}} a_3 a_n}{a_3 - a_n} \right)^{1/2}, \quad (21)$$

$$n = \frac{f^2 (a_3 - a_n)}{2z_{\text{фок.доп}} a_3 a_n}. \quad (22)$$

Обсуждение

Уровень процессорной части современной цифровой фото- и видеотехники мог бы бес-

печатать ввод разработанной авторами программы в процессорную часть камеры, тем более что для конкретной камеры необходимые для расчета диаметра допустимого кружка рассеяния значения диагонали матрицы и соотношения сторон изображения являются вполне определенными. При этом возможны два варианта функционирования камеры для контроля расположения снимаемых объектов в пределах глубины резко изображаемого пространства: ручной и автоматический. В обоих случаях процессор камеры совместно с элементами устройства автофокусировки определяет расстояние до объектов в границе кадра. В автоматическом режиме процессор вычисляет и устанавливает при фиксированном фокусном расстоянии (оно определяет увеличение при съемке и границы кадра) относительное отверстие объектива, обеспечивающее резкость всех объектов в кадре. При ручном режиме работы, то есть при выборе фокусного расстояния и относительного отверстия пользователем включается функция маркировки участков изображения, не входящих в глубину резко изображаемого пространства. При этом пользователь принимает решение о необходимости коррекции параметров съемки. В качестве примера на рисунке 4 представлена фотография объекта, где элементы на верхней и нижней частях кадра вышли из глубины резкости, а на рисунке 5 – та же фотография с маркировкой этих элементов.



Рисунок 4 – Фотография объекта, где элементы на верхней и нижней частях кадра вышли из глубины резкости



Рисунок 5 – Фотография объекта с маркировкой элементов, вышедших за пределы глубины резкости

Особенно актуальной такая функция фото- и видеосъемки является для записи объемных изображений, где широко используются возможности вынесения изображения из плоскости в пространство.

Заключение

Методики определения параметров резко изображаемого пространства, разработанные для аппаратуры с киноплёнкой, не применимы для цифровой фото- и видеоаппаратуры.

При определении размера допустимого рассеяния на преобразователе «свет–сигнал» необходимо учитывать диагональ матрицы камеры, а также коэффициенты соотношения ширины и высоты воспроизводимого изображения.

В большинстве случаев при цифровой фото- и видеосъёмке изображение является нерезким даже в плоскости резкой наводки из-за низкого по сравнению с матрицей разрешения объектива, но зритель не замечает эту нерезкость за счет малой контрастности, цветности и движения объектов съёмки.

При совершенствовании и разработке перспективной фото- и видеосъёмочной аппаратуры, особенно для записи 3D изображений, необходимо введение в процессорную часть камеры функции контроля глубины резко изображаемого пространства на основании разработанной компьютерной программы.

Список использованных источников

1. *Ершов, К.Г.* Киносъемочная техника / К.Г.Ершов. – Л. : Машиностроение, 1988. – 272 с.
2. Фотокинетехника. Энциклопедия / научно-редакционный совет изд-ва «Советская энциклопедия»; гл. ред. Е.А. Иофис. – М.: Советская энциклопедия, 1981. – 447 с.
3. *Гордийчук, И.Б.* Техника киносъемки в искусстве кинооператора / И.Б.Гордийчук, Л.Ф.Снятинская. – М. : Искусство, 1983. – 303 с.
4. *Мурахович, В.И.* Большая книга цифровой фотографии / В.И. Мурахович, С.В. Симанович. – СПб. : Питер, 2010. – 320 с.
5. Теория оптических систем : учебник для вузов / Б.Н. Бегунов [и др]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 432 с.
6. Измеряем МТФ самостоятельно. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.afanas.ru/video/mtf.htm> – Загл. с экрана.
7. Программа расчета глубины резкости. [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/digimage/rezkost19.shtml> – Загл. с экрана.
8. IngSoft DOF 2.0. [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <http://s0m.narod.ru/dof.html> – Загл. с экрана.

Zaytseva E. G., Kisljuk A. A.

The determination of the sharpness depth borders and corresponding photography and video recording parameters for contemporary video technology

The method of determination of the sharpness depth borders was improved for contemporary video technology. The computer programme for determination of corresponding video recording parameters was created.

Поступила в редакцию 28.02.2011.