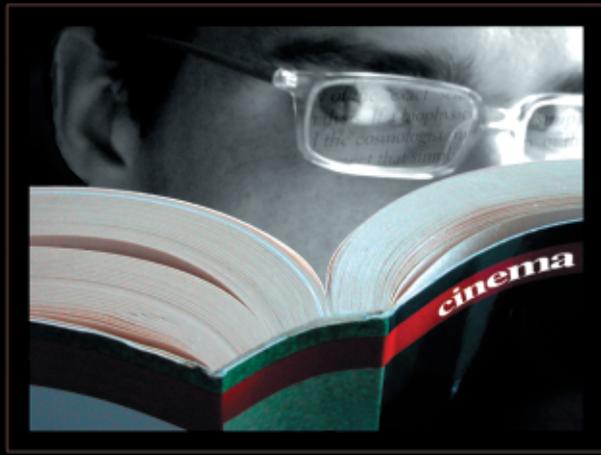


Справочник по кинооборудованию



ЦИФРОВЫЕ КИНОКАМЕРЫ

Камеры для цифрового кинематографа

В этом году цифровой кинематограф отмечает свое десятилетие. Именно десять лет назад, весной 1999 года на ежегодной выставке NAB в Лас-Вегасе специалистам был представлен первый цифровой кинопроектор Multiplex, а 18 ноября с него была проведена демонстрация фильма Джорджа Лукаса "Звездные войны. Эпизод I. Скрытая угроза". Однако средства цифровой проекции не могли создаваться без параллельной разработки цифровых съемочных камер для кинематографа, которым и посвящен справочник этого номера журнала.

Работы в области создания электронного изображения высокой четкости (HD) начались в 50-е годы прошлого века, сразу после появления магнитных видеоносителей в США, Японии и Советском Союзе. В 1958 году специалистами Московского научно-исследовательского телевизионного института была создана система военно-штабной связи "Трансформатор", которая позволяла передавать изображения с разрешением до 1125 строк. В 1969 году японская компания NHK первой разработала систему HDTV с форматом экрана 5:3 (15:9 или 1,67:1) и разрешающей способностью в 1125 горизонтальных линий, отображаемых в чересстрочном режиме. Кадр данной системы был немного шире по сравнению с телевизионным. В 1981 году в Соединенных Штатах Америки была проведена первая демонстрация телевидения высокой четкости с такими же количеством эффективных строк и отношением сторон изображения 5:3, как и в японской системе. Примечательны достижения и отечественных специалистов, создавших в 80-е годы два различных стандарта высокой четкости в 1250 и 1525 строк.

Но мировое телевидение в то время оказалось и морально, и технически не готово к внедрению новых стандартов, поэтому разработчики уделили большее внимание применению новых технологий в кинематографе.

Стоит отметить, что с самого начала формат HD разрабатывался не только как телевизионный стандарт, но и как достойный конкурент киноплёнки, поэтому его развитие шло сразу в двух направлениях – для цифрового кинематографа и для телевидения высокой четкости.

Технологии высокой четкости стали интенсивно развиваться в начале девяностых, после того как была разработана глобальная модель ТВЧ, а также

определены и доработаны его параметры для студийного использования и обмена информацией.

В 1997 году благодаря объединенным усилиям компаний Sony и Panavision была представлена первая камера высокой четкости HD-900F формата HDCAM, базировавшаяся на системе из трех 2/3" матриц FIT с разрешением 1920×1080 и совместимая со стандартом 1080p/24. В настоящее время эта камера известна специалистам как модель Sony HDW-F900. В 2000 году Джордж Лукас анонсировал фильм "Звездные войны. Эпизод II. Атака клонов", ряд сцен которого был снят именно на F900. Но, поскольку данная модель имела ряд недостатков, ограничивающих ее выразительные возможности для кинематографа, в начале третьего тысячелетия для съемок фильма "Звездные войны. Эпизод III. Месть Ситхов" Sony выпускает уже доработанную камеру HDC-F950, формирующую некомпрессированный видеосигнал 1920×1080, 10 бит, 4:4:4 RGB с частотой смены кадров до 50 кадров в секунду. Специальный адаптер для анаморфотных съемок, созданный компанией Canon, позволял "растягивать" изображение до формата кадра 2,35:1 без потери пикселей (отсечки изображения). В 2003 году Sony анонсировала новый формат записи HDCAM SR, обеспечивающий запись изображения в прогрессивной развертке на металлопорошковую магнитную ленту 1/2" в полном разрешении 1920×1080 и предоставлении RGB 4:4:4, с глубиной цвета 10 бит и потоками данных в 440 и 880 Мбит/с. Триумфом данного формата можно назвать появление в прошлом году камеры Sony F35.



HDC-F950 – первая камера, позволяющая получить на выходе некомпрессированный видеосигнал 1920×1080, 10 бит, 4:4:4 RGB

Следует отметить, что с 2000 года началось стремительное развитие систем HD. На IBC2003 ведущим производителем съемочной кинотехники компанией ARRI был представлен прототип цифровой камеры Arriflex D-20, ориентированной именно на цифровую кинематографию. Модель D-20 с одним сенсором CMOS на базе шаблона Байера размером 6 мегапикселей имела зеркальный обтюратор и оптический видоискатель, на выходе формировался поток необработанных данных RAW 12 бит с эффективным разрешением 3018×2200 пикселей. Камера позволяла вести съемку с переменной частотой смены кадров – до 60 кадров/с. На D-20 можно было устанавливать стандартные кинообъективы с креплением PL. Серийное производство данной модели началось только осенью 2004 года.

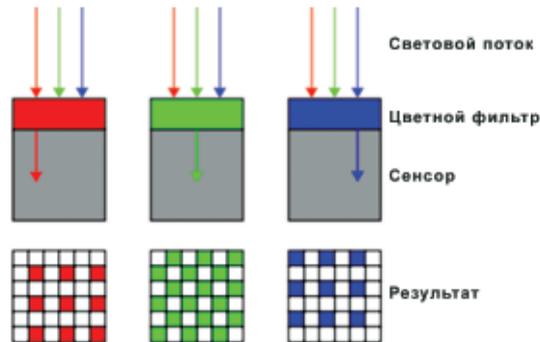
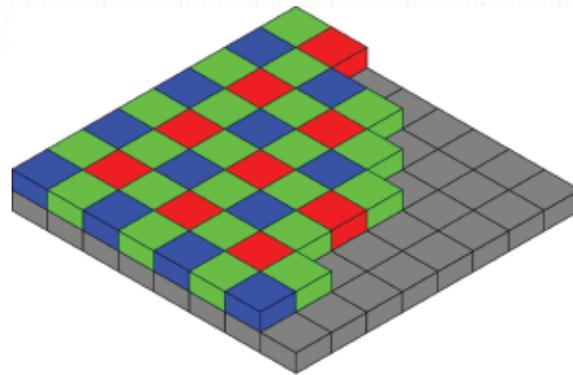
Примерно в это же время компанией Thomson была представлена камера Viper FilmStream, оснащенная тремя 2/3" матрицами FT 9,2 мегапикселей и позволяющая вести съемку в форматах 1,78:1 (16:9) и 2,37:1 без потери разрешения. Поток света перекрывался обтюратором, который работал по тому же принципу, что и в кинокамерах. Viper FilmStream на выходе формировала логарифмические видеопотоки RAW RGB 4:4:4, 10 бит в стандарте 1080p/24, 25. В настоящее время, к сожалению, камера снята с серийного производства.

Немаловажную роль в становлении цифрового кинематографа сыграла представленная в 2004 году компанией Dalsa модель Dalsa Origin, которая поддерживала переменные кадровые частоты и выходной формат необработанных данных RAW с глубиной цвета 16 бит при рабочем разрешении 4046×2048.

С 2006 года на рынке начинают появляться камеры для высокоскоростной съемки в формате высокой четкости, такие как Weisscam HS-1 (ныне HS-2) компании P+S Technick и модели Phantom компании Vision Research, позволяющие полноценно работать с кадровыми частотами вплоть до 1000 кадр/с.

Не остались в стороне и отечественные специалисты. Несмотря на экономические трудности во второй половине девяностых годов прошлого столетия группа разработчиков приступила к созданию цифровых кинокамер. И уже на выставке NAB2000 был продемонстрирован прототип камеры Kinor DCHS, которая позволяла снимать в формате HD с кадровой частотой до 400 кадров/с и формировать видеосигнал в формате RAW 10 бит.

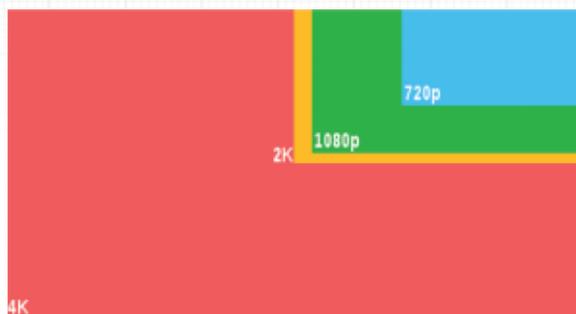
В настоящее время на рынке представлено несколько десятков моделей камер для цифрового кинематографа и их ассортимент расширяется столь стремительно, что творческие работники просто не успевают следить за новинками.



Шаблон Байера и принцип его работы

А теперь стоит попытаться определить стандарт цифрового кинематографа и базовую основу требований к качеству изображения, которое дает цифровая камера, так как в настоящее время в связи с активным развитием технологий HDTV граница между настоящим цифровым кинематографом и телевидением высокой четкости очень сильно размыта.

Для начала рассмотрим формат киноплёнки 35 мм. При академическом формате кадра физические размеры изображения составляют 22×16 мм, следовательно, при делении горизонтали кадра на идеальный размер пятна рассеяния (0,0125 мм) получаем разрешение в 1760 точек. Таким образом, можно говорить, что 35-мм негативная киноплёнка обеспечивает четкость изображения в среднем примерно в 1700...1800 пикселей. Исходя из этих соображений для систем Digital Intermediate был принят общий для современного кинопроизводства стандарт сканирования 2K, обеспечивающий разрешение в 2048 пикселей по горизонтали и некомпьютеризированное изображение в представлении RGB 4:4:4. Производство подавляющего большинства картин по технологии DI выполняется в формате 2K. А так как в большей части кинотеатров для проекции используется плёночная система, то на текущем этапе существования цифрового кинема-



Площадь кадра 16:9 для форматов 720p, 1080p, 2K и 4K

тографа его основная функция сводится к созданию изображения, которое в дальнейшем будет перенесено на киноплёнку.

Современные сенсорные блоки цифровых камер обеспечивают разрешение по горизонтали от 1920 пикселей в большинстве трехсенсорных систем и до 4096 пикселей в односенсорных. Но в камерах на базе одного сенсора применяются системы мозаичных фильтров (например, "шаблон Байера") с наложением цветных фильтров (красного, синего и зеленого) в определенной комбинации на четыре пиксела матрицы (2×2) для формирования одной точки изображения, что обычно приводит к двукратному падению разрешающей способности. Поэтому четкостью краев изображения, формируемого трехсенсорным светочувствительным блоком с разрешением 1920 пикселей, можно приравнять к четкости односенсорной системы с мозаичным фильтром размером в 4096 пикселей. Согласно критерию Найквиста (теоремы Котельникова), реальное число разрешаемых элементов в таких матрицах будет колебаться в пределах 960...1024 по горизонтали, что намного меньше разрешения киноплёнки. Поэтому полноценный эквивалент по ее разрешению будет достигнут в случае использования в трехматричных системах сенсоров с разрешением около 4000 пикселей по горизонтали (4K), а для односенсорных – около 8000 пикселей (8K).

Но следует учитывать, что кинематографический процесс состоит из ряда этапов обработки изображения (проявка, цветокоррекция, монтаж, печать копий, кинопоказ), связанных с потерей разрешения. Поэтому, вследствие несовершенной кинематографической системы в целом, конечное разрешение, с которым киноизображение демонстрируется зрителю, обычно составляет 1...1,4K.

С другой стороны, немаловажное значение имеет и размер пятна рассеяния. При расчете разрешения киноплёнки используется понятие идеального пятна рассеяния, размер которого соответствует 0,0125 мм, однако в реальности этот размер колеб-

лется в пределах 0,022...0,025 мм, а значит, и четкость плёночного изображения по горизонтали уменьшается до 880...1000 пикселей.

Эти два важных аспекта дают основание принять реальное число разрешаемых элементов описанных выше сенсоров как соответствующее кинематографическому "по нижней планке" при условии, если они обеспечивают формирование итогового изображения с разрешением не менее 1800 пикселей по горизонтали, чему соответствует формат 1920×1080.

Неотъемлемой частью кинематографа является "эффект присутствия", возникающий у зрителей при кинопоказе, поэтому цифровому киноизображению должны быть присущи не только соответствующее разрешение, но и ряд других характеристик (яркость, контрастность, цветопередача, особенности формирования кадра, частота смены кадра), необходимых для корректного формирования указанного эффекта.

Контрастность как градация воспроизведения темных и светлых участков изображения для достижения гладкости изображения, характерного для традиционного кинематографа, должна составлять более 1000:1 во избежание проявления "пиксельной" структуры (эффекта "решетки"). Для достижения данного значения цифровая камера обязана обеспечивать диапазон контрастности не менее 10 диафрагм ($2^{10} = 1024$) и разрядность квантования формируемого видеосигнала не менее 10 бит.

Так как экспонирование кадра в кинематографе осуществляется в неподвижном состоянии киноплёнки, то формирование кадра должно осуществляться аналогичным способом, т.е. в прогрессивной развертке, в таком же формате должно быть представлено итоговое цифровое изображение кадра. Частота смены кадров должна быть эквивалентна традиционной – 24 или 25 кадров/с.

Таким образом, съемочное оборудование, ориентированное на цифровой кинематограф, должно соответствовать следующим требованиям: светочувствительный блок должен иметь разрешение не менее 1920×1080 и обеспечивать диапазон контрастности не менее 10 диафрагм, а итоговое изображение соответствовать стандарту не ниже 1080p RGB 4:4:4 с глубиной цвета не менее 10 бит и поддержкой частоты смены изображения в 24 кадра/с.

Модели камер, не соответствующие перечисленным выше требованиям только по одному-двум показателям, являются уже "продвинутыми" камерами для HDTV и могут применяться для цифрового кинематографа, но лишь при соблюдении ряда условий и использовании дополнительных специфических схем производства.

Андрей Василенко –

режиссер, оператор, руководитель творческого объединения AVFILM