

# Мир Кино

**ТЕХНИКИ**

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ | 17-2010 |

# 3D

**АНАЛИЗ  
ПАРАМЕТРОВ  
МНОГООБЪЕКТИВНОЙ  
СЪЁМКИ**

**В СИСТЕМЕ БЕЗОЧКОВОГО  
КИНОПОКАЗА  
МНОГОРАКУРСНЫХ  
СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ**

**СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО  
КОНТРОЛЯ**

**ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТИ  
КИНОЛЕНТ**

**СТЕРЕОСЪЁМКА  
ОДНОЙ  
ЦИФРОВОЙ  
КАМЕРОЙ**

**ПО СИСТЕМЕ «СТЕРЕО-70»**

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ  
ТРЕБОВАНИЯ  
К ЦИФРОВОМУ  
СТЕРОКИНОПОКАЗУ**



стр. 2

## № 17 СОДЕРЖАНИЕ

### Технологии

В.А. Елхов, Н.В. Кондратьев, Ю.Н. Овечкис, Л.В. Паутова

**Анализ параметров многообъективной съёмки**

**в системе безочкового кинопаказа многокадровых стереоизображений**

2

И.В. Газеева, А.М. Спичихин

**Пути построения систем**

**для автоматического контроля износа поверхности кинолент**

8

### Стандарты

Н.С. Ковалевская

**XXI пленарное заседание ИСО/ТК 36 «Кинематография»**

14

### Мастер-класс, семинары, новости SMPTE, отзывы

С.Н. Рожков, Д.Г. Чекалин

**Специальные требования к цифровому стереокинопоказу**  
**и возможности улучшения его качества**

17

А.С. Мелкумов

**Стереосъёмка одной цифровой камерой по системе «Сtereo-70»**

25

### Страницы истории кино

В.А. Бабенко

**Гиросtabilизирующий комплекс**

**для проведения киносъёмок с подвижных оснований 2 ГСП**

29

Н.А. Майоров

**Цветной кинематограф**

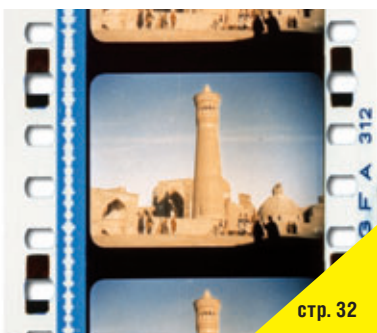
32



стр. 8



стр. 17



стр. 32

### Требования для публикации научных статей в журнале «МИР ТЕХНИКИ КИНО»

1. Статья представляется на электронном носителе, либо по почте Kevin@paradiz.ru, объёмом не более 40 000 знаков.
2. Рисунки должны быть отдельно в JPG или TIF с разрешением не менее 300 dpi.
3. Статьи должны содержать (на русском и английском языках):
  - название;
  - аннотацию (краткую);
  - ключевые слова.
4. С авторами заключается лицензионное соглашение на публикацию.
5. Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

Электронная версия [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Подписной индекс Роспечать: № 81923

Научно-технический журнал «Мир Техники Кино»  
Выходит 4 раза в год  
Издатель: ООО «ИПП «КУНА»  
Учредители: ОАО «НИКФИ», ООО «ИПП «КУНА»  
при поддержке Министерства культуры Российской Федерации

Руководитель проекта:  
Костылев Олег Юрьевич  
Главный редактор:  
Индлин Юрий Александрович, к.т.н.  
Выпускающий редактор:  
Захарова Тамара Владимировна  
Арт-директор, оформление обложки:  
Шишкин Владимир Геннадьевич  
Вёрстка и дизайн:  
Копошилова Мария Васильевна  
Корректор:  
Сайкина Наталья Владимировна

Редакционный совет:  
Комар В.Г., проф., д.т.н., ОАО «НИКФИ»  
Белоусов А.А., проф., д.т.н., СПбГУКИТ  
Тихомирова Г.В., проф., д.т.н., СПбГУКИТ  
Сакварелидзе М.А., д.х.н., МКВИ  
Тимофеев А.Е., к.т.н., ОАО «НИКФИ»  
Ковалевская Н.С., к.т.н., ОАО «НИКФИ»  
Перегудов А.Ф., к.т.н., СПбГУКИТ  
Блохин А.С., к.т.н., ОАО «НИКФИ»  
Лишин Л. Г., к.т.н., ВНИИТР  
Барский И.Д., к.т.н., ОАО «Кинотехника»  
Одиноков С.Б., к.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Раев О.Н., к.т.н., МКБК  
Волков А.С., Министерство культуры РФ

Отпечатано в ООО «Типография ПАРАДИЗ»  
Объём 5 п.л. Заказ № 1364.  
Тираж 1100 экземпляров.

Свидетельство о регистрации  
СМИ-ПИ № ФС77-28384 от 23 мая 2007 года.

Перепечатка материалов осуществляется только с  
разрешения редакции, ссылка на журнал обязательна.  
Редакция не несёт ответственности за достоверность  
сведений о рекламе и объявлениях.  
Мнение редакции не всегда совпадает со взглядами  
авторов статей.

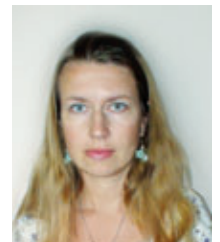
[www.mtk-magazine.ru](http://www.mtk-magazine.ru), e-mail: [kevin@paradiz.ru](mailto:kevin@paradiz.ru)  
телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97



# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МНОГООБЪЕКТИВНОЙ СЪЁМКИ

## В СИСТЕМЕ БЕЗОЧКОВОГО КИНОПОКАЗА МНОГОРАКУРСНЫХ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

д.ф.-м.н. В.А. Елхов,  
Н.В. Кондратьев,  
д.т.н. Ю.Н. Овечкис,  
к.т.н. Л.В. Паутова,  
ОАО «НИКФИ»



### Аннотация

Приводятся аналитические выражения для оценки параметров многообъективной киносъёмки из условий ограничений, накладываемых физиологией зрения и технологическими особенностями растровых систем безочкового показа стереоизображений. Приводятся характеристики экспериментального образца многокурсовой цифровой видеокамеры, составленной из 12 цифровых камер «Sony Handycam HDR-TG1». Представлены результаты испытаний камеры, в том числе, проведённой впервые в мире репортажной многокурсовой цифровой видеосъёмки на полигоне в г. Балашихе.

**Ключевые слова:** стереоизображение, многокурсное изображение, безочковый стереопоказ, параллакс-панорамограмма, стереосъёмка, параллакс, конвергенция, аккомодация, линзовый растр, многокурсовая цифровая видеокамера.

■ Применение многокурсового способа демонстрации стереоскопических изображений на основе рассматривания так называемой параллакс-панорамограммы через цилиндрический линзовый растр [1, 2] находит в настоящее время широкое применение, как в перспективных разработках, так и в изделиях, уже выходящих на рынок. Это и всем известные растровые объёмные открытки [1], мониторы и телевизоры на основе наклонных цилиндрических растров [3], разрабатываемые в ОАО «НИКФИ» проекционные растровые системы, ори-

ANALYSIS OF PARAMETERS OF MULTIOBJECTIVE SHOOTING IN THE SYSTEM OF GLASSLESS STEREOSCOPIC CINEMA

*E. Elhov, N. Kondratiev, Yu. Ovechkis, L. Pautova*

### Abstract

*Analytical expressions for an estimation of parameters of multiojective shooting from conditions of the restrictions imposed by physiology of sight and features of raster systems of glassless stereoscopic display are received. The data of the experimental sample of the digital many view videocamera made of 12 digital camera «Sony Handycam HDR-TG1» are given. The results of this camera test, including many viewing digital shootings, that was for the first time in the world on range in Balashikha are presented.*

**Keywords:** Stereo image, multi viewing image, glassless stereo demonstration, parallax-panoramogram, stereoscopic shooting, parallax, convergence, accommodation, lenticular raster, multi viewing digital video camera.

ентированные на кинопоказ [4, 5]. Несмотря на разнообразие способов реализации подобных систем, физиологические особенности восприятия искусственно сформированного стереоизображения, а также технологические возможности воспроизведения объёмных изображений этими системами диктуют ограничения, которые необходимо учитывать при создании контента. Именно этим вопросам посвящена данная работа, включая получение аналитических выражений для оценки параметров съёмки разработанной многообъек-

тивной цифровой камерой в системе безочкового показа стереоскопических киноизображений.

Основным препятствием для восприятия стереоскопического изображения является тот факт, что ощущение глубины формируется изменением конвергенции глаз, в то время как аккомодация остаётся постоянной и определяется расстоянием от наблюдателя до плоскости расположения параллакс-панорамограммы (проекционного экрана, открытки, монитора или телевизора и т.п.). Максимально допустимое рассогласование аккомодации и конвергенции точек стереоскопического изображения (предельная поперечная диспаратность) определяет возможную глубину предэкранного ( $z_{\text{предэкр}}$ ) и заэкранного ( $z_{\text{заэкр}}$ ) пространств. Для обеспечения комфортного наблюдения слитного стереоскопического изображения величина этого рассогласования, согласно [1], не должна превышать  $70'$ . С учётом этого, глубину заэкранного и предэкранного пространства можно легко рассчитать по формулам [1]:

$$z_{\text{предэкр}} = \frac{\delta \cdot L^2}{b + \delta \cdot L} \quad (1)$$

$$z_{\text{заэкр}} = \frac{\delta \cdot L^2}{b - \delta \cdot L}, \quad (2)$$

где  $\delta = \frac{1}{50}$  – предельная поперечная диспаратность,

выраженная в радианах,  $L$  – расстояние от наблюдателя до экрана,  $b = 65$  мм – межзрачковое расстояние. Предельные значения глубины пространства, на которой возможно комфортное наблюдение слитного стереоизображения в зависимости от расстояния между зрителем и экраном представлены в табл. 1. Для кинотеатра рассмотрен случай, когда первые ряды расположены примерно на 8 м от экрана. На расстоянии примерно 50–60 см пользователь сидит перед экраном монитора ПК. Обычно расстояние просмотра телевизора в домашних условиях составляет 2–3 м. С расстояния наилучшего зрения, равного 25 см, зритель рассматривает линзово-растровые стереооткрытки.

Табл. 1. Максимально допустимая глубина пространства, на которой возможно наблюдение слитного стереоизображения в зависимости от расстояния до экрана

Варианты просмотра стереоизображений	Расстояние до экрана, см	Глубина пространства, см	
		предэкранного	заэкранного
стереокинотеатр	800	568,9	$\infty$
монитор ПК	50	6,7	9,1
	60	9,4	13,6
стереотелевидение	200	76,2	320
	300	144	3600
растровые открытки	25	1,8	2,1

Наряду с ограничениями предельно возможной глубины воспроизводимого стереоскопического пространства, связанными с физиологией зрения, в конкретных реализациях устройств могут возникать ограничения, связанные с особенностями конструкции и выбранного метода воспроизведения объёмной сцены. Если они оказываются более жёсткими, то именно их надо принимать во внимание при анализе возможностей воспроизведения глубины. Так, например, применение в системе наклонного цилиндрического раstra (стереомониторы типа «Philips» [3], модульная проекционная система [4,5]) ограничивает глубину качественного воспроизведения из-за переналожения зон наблюдения соседних ракурсов.

Результаты расчётов для модульной пятнадцатиракурсной системы с наклонным линзовым растром с шагом 2,5 мм, поперечным размером зон видения  $D = 300$  мм, размерами экрана  $3 \times 1,125 \text{ м}^2$ , расстоянием от экрана до среднего зрительского ряда 7,5 м, опубликованные нами в работе [5], показывают, что глубина воспроизводимого пространства с достаточным для хорошего качества изображения разрешением лежит в пространстве от  $z_{\text{предэкр}} = 125$  см до  $z_{\text{заэкр}} = 187,5$  см.

Из теории и практики стереоскопической съёмки и воспроизведения известно [1], что пространственные соотношения в воспроизводимом пространстве зависят от таких параметров, как базис стереосъёмки, коэффициент увеличения и выбранный параллакс при проекции, размер экрана и т.п. Поэтому в данной работе поставлена задача – найти зависимости глубины воспроизводимого заэкранного и предэкранного пространства от условий осуществления многоракурсной стереосъёмки и формирования параллакс-панорамограммы.

Пусть стереокадр, снятый цифровыми камерами, имеющими фокусное расстояние объектива  $f$ , проектируется на экран с увеличением  $k$ . Тогда произвольный объект пространства, имеющий с точки расположения камеры при съёмке угловой размер  $\theta$ , на матрице камеры будет иметь линейный размер  $C' = 2f \times \text{tg}(\theta/2) \approx f \times \theta$ . На экране линейный размер этого объекта будет равен  $C = kf\theta$ , а угловой размер для зрителя, находящегося на расстоянии  $L$  от экрана,

$$\theta' = \frac{C'}{L} = \frac{kf\theta}{L} \quad (3)$$

Отсюда следует условие идентичности воспроизводимого виртуального пространства реальному по угловым размерам

$$kf = L \quad (4)$$

Очевидно, что при обработке отснятого материала (формировании параллакс-панорамограммы) в плоскость экрана можно выве-

сти любую плоскость реального пространства простым изменением параллакса отдельных кадров. Пусть эта плоскость находится на расстоянии от плоскости расположения объективов камер. Можно показать (рис. 1), что при условии съёмки на параллельных осях для произвольной точки реального пространства, находящейся на расстоянии  $Z_0$ , суммарный линейный параллакс на матрице двух камер будет равен:

$$\Delta'(z+Z_0) = \frac{bf}{z+Z_0} \quad (5)$$

где  $z>0$  для заэкранной, и  $z<0$  для предэкранной областей.

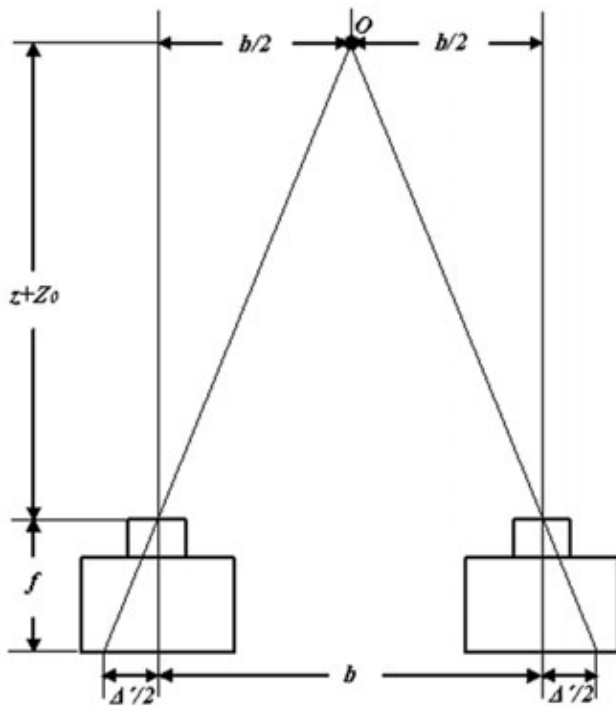


Рис. 1. Геометрическая схема съёмки произвольной точки пространства  $O$  двумя камерами на параллельных осях ( $\Delta'$  - суммарный параллакс на матрице камер)

Отсюда:

$$\Delta'(z) = \Delta'(z+Z_0) - \Delta'(Z_0) = \frac{bf}{z+Z_0} - \frac{bf}{Z_0} = \frac{bfz}{(z+Z_0)Z_0} \quad (6)$$

и линейный экранный параллакс при воспроизведении:

$$\Delta(z) = k\Delta'(z) = \frac{bz}{(z+Z_0)Z_0} kf \quad (7)$$

где  $b$  – линейное расстояние между «сопряжёнными» камерами, парные изображения с которых попадают в глаза зрителя при воспроизведении (размер, кратный шагу камер  $d$  в линейке  $b = nd$ ). Следовательно, точки бесконечности реального пространства будут иметь линейный параллакс ( $z \rightarrow \infty$ )

$$\Delta(\infty) = \frac{bkf}{Z_0} = \frac{ndkf}{Z_0} \quad (8)$$

а видимое расположение точки бесконечности или глубина заэкранного пространства ( $z_\infty$ ), как следует из простых геометрических построений, будет определяться отношением:

$$\frac{B}{L+z_\infty} = \frac{\Delta(\infty)}{Z_\infty} \quad (9)$$

где  $B$  – межзрачковое расстояние глаз зрителя, а глубина заэкранного пространства равна

$$z_\infty = \frac{L\Delta(\infty)}{B-\Delta(\infty)} = \frac{L}{B/\Delta(\infty)-1} = \frac{L}{BZ_0/bkf-1} \quad (10)$$

Введём коэффициент углового увеличения

$$\mu = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{kf}{L} \quad (11)$$

Тогда

$$z_\infty = \frac{L}{\frac{BZ_0}{ndL\mu} - 1} \quad (12)$$

Глубина предэкранного пространства определяется параллаксом при воспроизведении и, используя формулу (7), получаем:

$$\Delta(Z_0/2) = -bkf/Z_0 \quad (13)$$

а видимое расположение точки  $z_{z_0/2}$  или глубина предэкранного пространства, как следует из простых геометрических построений, будет определяться отношением:

$$\frac{B}{L-z_{z_0/2}} = \frac{|\Delta(Z_0/2)|}{Z_{z_0/2}} \quad (14)$$

Таким образом,

$$z_{z_0/2} = \frac{L}{BZ_0/bkf+1} = \frac{L}{\frac{BZ_0}{ndL\mu} + 1} \quad (15)$$

В частном случае съёмки объектов в реальном стереомасштабе, когда межцентровое расстояние между сопряжёнными объективами (базис съёмки) приблизительно равно межзрачковому расстоянию ( $B \approx b = nd$ ), справедливы следующие формулы:

$$z_\infty = \frac{L}{Z_0 - 1} \cdot \frac{1}{L\mu} \quad , \quad a \quad z_{z_0/2} = \frac{L}{Z_0 + 1} \cdot \frac{1}{L\mu}$$

Приведённые выше соотношения позволяют правильно выбирать параметры съёмки и демонстрации видеофильма натуральных объектов, имеющих задний план на бесконечности. Допустим, мы хотим снять натурную сцену, в которой есть как бесконечный фон, так и близко расположенные объекты. Границы резкости по глубине заэкранного пространства в разрабатываемом варианте модульной многокурсной системы [5] составляют  $\approx 1,8$  метра от плоскости экрана. Из графика на рис. 2 следует, что для выполнения этого условия для заэкранного пространства следует выбрать в качестве плоскости нулевого параллакса плоскость, лежащую приблизительно в 15 метрах от плоскости объективов камер при съёмке. При этом глубина предэкранного пространства будет не превышать 0,5 метров, если ближний план снимаемой сцены расположен не ближе  $Z_{z_0/2}(Z_0) = 7,5$  метров (рис. 3), что также удовлетворяет критерию резкости изображения для данного устройства воспроизведения.

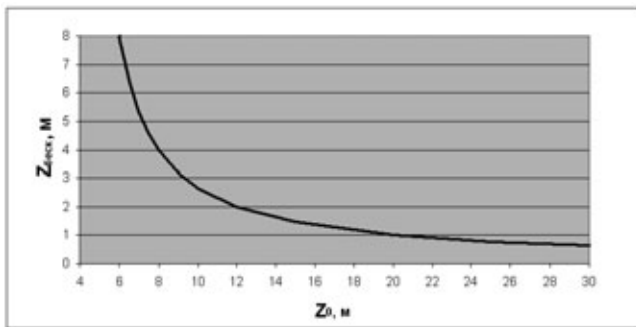


Рис. 2. График зависимости глубины заэкранного пространства от расстояния  $Z_0$  между плоскостью нулевого параллакса и объективами камер

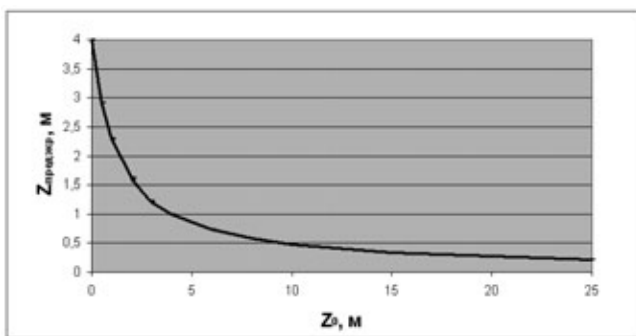


Рис. 3. График зависимости глубины предэкранного пространства  $Z_{z_0/2}(Z_0)$  от расстояния  $Z_0$  между плоскостью нулевого параллакса и объективами камер

Другой важный случай, часто встречающийся на практике, это съёмка сцены, имеющей глубину (расстояние между задним  $z_3$  и передним  $z_n$  планами при съёмке)  $G = z_3 - z_n$ , где  $z_n$  и  $z_3$  – расстояния от плоскости расположения кинокамер до переднего и заднего плана, соответственно. Используя соотношения (3)–(7), можно получить следующие выражения для глубины предэкранно-

го ( $Z_{предэкр.}$ ) и заэкранного ( $Z_{заэкр.}$ ) пространств при демонстрации:

$$Z_{предэкр.} = \frac{L}{\frac{Bz_n Z_0}{b\mu(Z_0 - z_n)L} + 1} \quad (16)$$

$$Z_{заэкр.} = \frac{L}{\frac{Bz_3 Z_0}{b\mu(z_3 - Z_0)L} - 1} \quad (17)$$

Приведённые выше соотношения позволяют правильно выбирать параметры съёмки и демонстрации видеофильма натуральных объектов с ограниченной глубиной сцены. На рис. 4 приведены зависимости расстояния между съёмочной камерой и средней плоскостью сцены от глубины сцены, полученные на основании выражений (16), (17), в предположении, при различных коэффициентах углового увеличения (4; 2; 1; 0,5; 0,25)

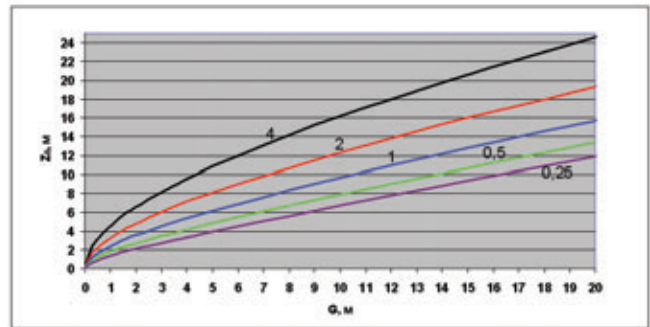


Рис. 4. Графики зависимости расстояния от камер до средней плоскости сцены от глубины сцены при различных коэффициентах углового увеличения

для условий показа на разрабатываемом варианте модульной многокурсной системы [5]. Например, для сцены глубиной 6 метров необходимое для получения хорошего качества расстояние съёмки должно быть не менее 7 метров при угловом увеличении 1. Это расстояние можно уменьшить до 5,5 метров, прибегая к угловому уменьшению 0,5 при демонстрации. Обратное, применение углового увеличения (например, при съёмке небольших объектов) потребует увеличения расстояния съёмки или ограничения глубины снимаемой сцены.

Экспериментально найденные соотношения были использованы при испытаниях разработанного и изготовленного в рамках данной работы специализированного устройства, обеспечивающего многокурсную съёмку натурального фильма с помощью 12 цифровых видеокамер. В качестве основы для создания устройства была выбрана цифровая видеокамера Sony Handycam HDR-TG1 с разрешением стандарта «Full HD», которая на момент начала работ имела минимальный размер по ширине.

Sony Handycam HDR-TG1 оснащена высокоскоростным процессором «BIONZ», который моментально об-



Рис. 5. Линейка видеокамер (вид спереди)

работывает изображение, устраняет шумы и обеспечивает высокую скорость работы камеры. Также в арсенале камеры есть CMOS-матрица «ClearVid» и технология «Exmor», которые дают чёткое изображение превосходного качества. Кроме того, устройство имеет технологию «x.v.Colour», которая обеспечивает в два раза больше цветов, чем полная палитра RGB.

Камера Sony Handycam HDR-TG1 оборудована высококачественной оптикой «Carl Zeiss Vario-Tessar» с 10-кратным зумом и удобным 2,7-дюймовым сенсорным ЖК-экраном «Clear Photo LCD Plus». Запись видео и фото производится на компактные карты памяти Memory Stick.

Основной геометрический параметр, обусловивший выбор камеры, её минимальная ширина – 32 мм. Это позволяет минимизировать межзрачковое расстояние в линейке камер. Фотография многообъективного съёмочного устройства приведена на рис. 5.

С использованием приведённых соотношений и оценок с помощью разработанного экспериментального образца 12-ти объективной съёмочной камеры был создан трёхминутный демонстрационный цифровой видеofilm для показа на четырёхмодульной проекционной системе [5].

На рис. 6 представлен кадр этого фильма, снятый из зоны видения – сцена с ограниченной глубиной в сочетании с компьютерной анимацией.

Хотя изменение продольного масштаба в приведённом примере весьма значительно, на восприятие глубины оно не оказывает существенного влияния вследствие вовлечения вторичных факторов стереовосприятия [1, 2] та-



Рис. 6. Кадр из многокаурсного фильма, снятый из зоны видения

ких, как частичное перекрытие задних объектов передними, распределение светотеней, геометрическая и воздушная перспектива и т.д.

Полученные выражения для расчёта параметров съёмки были использованы также при испытании разработанной многообъективной цифровой видеокамеры в реальных условиях. Цифровая многокаурсная видеосъёмка производилась 4 мая 2010 года на полигоне Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России в г. Балашихе Московской области, где проходил «День передовых технологий и инноваций».

Демонстрировавшиеся технические средства, а также руководители МЧС и многочисленные зрители были главными «действующими лицами» проведенной впер-

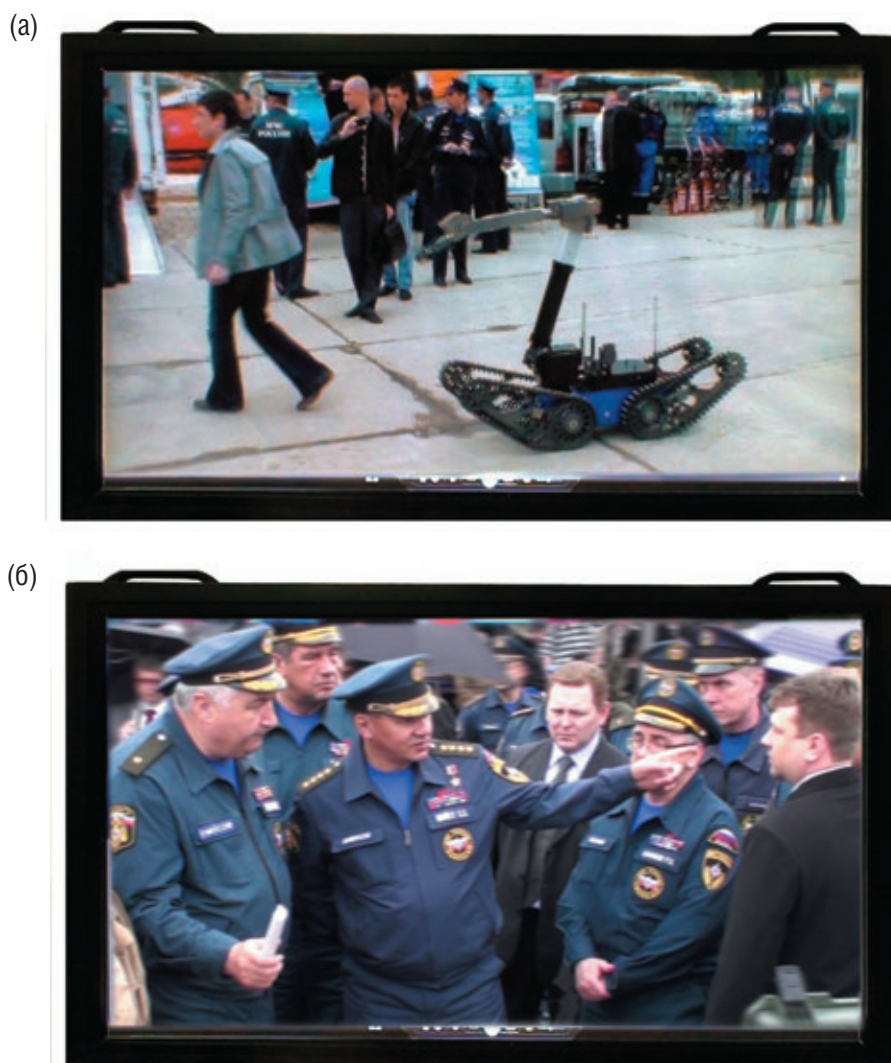


Рис. 7. Кадры из экспериментального многообъектного фильма, снятого на полигоне в Балашихе

глава МЧС России Сергей Шойгу после просмотра отметил, что данная технология многообъектной съёмки и безочкового показа, разработанная в ОАО «НИКФИ», вполне может быть использована в интересах МЧС для повышения объективности принятия решений как при мониторинге чрезвычайных ситуаций, так и при управлении роботизированной техникой.

### Выводы

1. Получены аналитические выражения для оценки параметров многообъективной съёмки из условий ограничений, накладываемых физиологией зрения и особенностями растровых систем безочкового показа стереоизображений.

2. Разработан экспериментальный образец многообъектной цифровой видеокамеры.

3. Впервые в мире проведена репортажная цифровая многообъектная видеосъёмка, по результатам которой был изготовлен стереоскопический фильм, демонстрировавшийся без использования очков на Международном салоне «Комплексная безопасность 2010».

Работа по созданию безочкового стереоскопического кинематографа проводится при финан-

совой поддержке Министерства культуры Российской Федерации. ■

вые в мире цифровой многообъективной репортажной видеосъёмки. Параметры съёмки рассчитывались таким образом, чтобы после соответствующей компьютерной обработки безочковый многообъектный показ производить на ЖК-панели с растром (диагональ – 46 дюймов, 1920 элементов в строке, 9 ракурсов).

По видеоматериалам данной съёмки был изготовлен четырёхминутный многообъектный стереоскопический фильм, который демонстрировался в мае этого года во Всероссийском выставочном центре в Москве на Международном салоне «Комплексная безопасность 2010». Безочковый показ осуществлялся на ЖК-панели с указанными выше параметрами, предоставленной фирмой ООО «Be First». Число зрителей для одновременного просмотра составляло 12 человек. На рис. 7 представлены кадры из данного фильма – управляемый робот для работы в опасных для человека условиях (а) и руководство МЧС при осмотре экспозиции (б), снятые из зоны видения.

Экспонат пользовался заметным успехом у посетителей салона. В частности, присутствовавший на открытии

свой поддержки Министерства культуры Российской Федерации. ■

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Валюс Н.А. Стерео фотография. Стерео кино. Стерео телевидение. М: «Искусство», 1986.
2. Рожков С.Н., Овсянникова Н.А. Стереоскопия в кино-, фото-, видеотехнике. Терминологический словарь. «Парадиз». Москва. 2003.
3. Cornelis van Berkel et al., "Autostereoscopic display apparatus", U.S. Patent 6064424, 2000.
4. Елхов В.А., Овечкис Ю.Н., Кондратьев Н.В., Паутова Л.В. Устройство для демонстрации растрового стереоскопического изображения. – Заявка на патент РФ № 2008121381/28(025303) (Приоритет от 29.05.2008, решение о выдаче патента от 11.02.2010).
5. Елхов В.А., Кондратьев Н.В., Овечкис Ю.Н., Паутова Л.В. Безочковая система показа объёмных многообъектных киноизображений. МТК № 11, «Парадиз», Москва, 2009.





# ПУТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТИ КИНОЛЕНТ



И.В. Газеева, к.т.н., доцент кафедры киновидеоаппаратуры,  
А.М. Спичихин, аспирант кафедры киновидеоаппаратуры, СПбГУКиТ

## Аннотация

*В статье рассматриваются методы автоматического контроля дефектов поверхности киноленты. Анализируются варианты построения таких систем и возможность встроить их в лентопротяжный тракт киноаппаратуры.*

*Ключевые слова: износ, дефекты, поверхность киноленты, автоматический контроль, сканирование.*

WAYS OF CONSTRUCTION SYSTEMS FOR AUTOMATIC CONTROL OF WEAR ON A SURFACE FILMS

*I. Gazeeva, A. Speechikhin*

## Abstract

*In the article methods of the automatic control of defects on a surface of a film are examined. Variants of construction of such systems and possibility to build in them in a tape drive path of cinematographic equipment are analyzed.*

*Keywords: deterioration, defects, surface of film, the automatic control, scanning.*

## Введение

Дефекты поверхности фильмовых материалов в значительной мере влияют на качество изображения, поэтому при эксплуатации этих материалов стремятся максимально уменьшить вероятность их появления. Причиной образования дефектов на киноленте могут стать нагар и загрязнение на рабочих поверхностях механизма транспортирования ленты (МТЛ), затягивание витков в рулонах, неточная регулировка элементов МТЛ, неправильная заправка киноленты и пр.

Контроль состояния поверхности киноленты осуществляют в фильмофонде, прокатной сети, кинотеатрах. Традиционно определение категории износа поверхности киноленты происходит на основании визуальной оценки через лупу выборочных её участков [1]. Контроль возможен только для неподвижного носителя, поэтому его необходимо периодически останавли-

вать при перематывании на фильмопроверочном столе, что является достаточно трудоёмким процессом. Вследствие субъективности оценки точность подобных измерений не высока.

Контролировать текущее состояние фильмовых материалов непосредственно во время их движения в киноаппаратуре, анализировать характер повреждений по всей длине носителя, а также своевременно выявлять возможную причину их возникновения возможно только при использовании автоматической системы обнаружения. Как известно, нивелирование дефектов поверхности уже повреждённых кинолент возможно при помощи реставрационно-профилактической обработки. При выборе методов реставрации фильмовых материалов необходимо определить ширину и длину царапин, установить, на какой поверхности они образованы: на эмульсии или основе [2]. Здесь также будет полезно применение

системы автоматического обнаружения поверхностных дефектов. При оцифровке плёночных материалов система автоматического контроля поверхности киноленты позволит выявить дефекты и их расположение по полю кадра, с тем, чтобы затем они могли быть устранены.

Устройства автоматического контроля поверхности киноленты разрабатывались и ранее [3–5]. В 70–80-х г. работа таких устройств строилась на оптико-механическом сканировании световым пятном и применении одноэлементных фотоприёмников. Указанные системы имели ограниченные функциональные возможности. Например, не было возможности дифференцировать расположение царапин по полю кадра. Кроме того, все эти устройства не давали полной объективной информации о форме и размерах царапин.

С приходом электронных технологий оцифровки изображения, созданием высококачественных матричных и линейных сенсоров появились новые возможности по выявлению дефектов поверхности плёночных материалов.

Так, например, технология коррекции и улучшения изображения Digital ICE (Image Correction & Enhancement), разработанная специалистами фирмы Applied Science Fiction (позднее ASF волилась в компанию Eastman Kodak), успешно применяется в фото-сканерах Minolta и Nikon [6], а также в некоторых моделях плёночных сканеров [7]. С её помощью из отсканированного изображения удаляются следы пыли, грязи и царапин на носителе. В сканерах с функцией Digital ICE сканирование производится дважды: вначале в видимом, а затем в проходящем инфракрасном (ИК) излучении. На тех участках, где имеются какие-либо физические дефекты, падающий на поверхность киноленты луч рассеивается. Таким образом, в первом случае считывается цветное изображение, а во втором – чёрно-белое изображение следов пыли, грязи и царапин на киноленте, в результате чего может быть получена карта дефектов. Далее на основании полученной карты дефектные места на оцифрованном изображении удаляются, а значения плотностей и цветов в указанных участках изображения восстанавливаются интерполяцией данных с соседних областей или последующих (предыдущих) кадров.

Однако технология Digital ICE не может работать с чёрно-белыми плёнками, так как последние содержат металлическое серебро, непрозрачное для ИК-излучения. Кроме того, назначение функции Digital ICE заключается не в том, чтобы диагностировать царапины, а сразу их устранять. Очевидно, что рассмотренный подход выявления дефектов путём сканирования и цифровой обработки может быть использован также и для автоматического контроля поверхности киноленты.

### Принципы построения систем для автоматического контроля износа поверхности киноленты

Вариантов построения систем автоматического контроля поверхности киноленты может быть несколько. Все они могут быть упорядочены по четырём основным

признакам: по способу сканирования, по спектру излучения источника света, по способу транспортирования киноленты и по типу применяемого сенсора. На рис. 1 показана схема построения вариантов практически целесообразных конструкций.

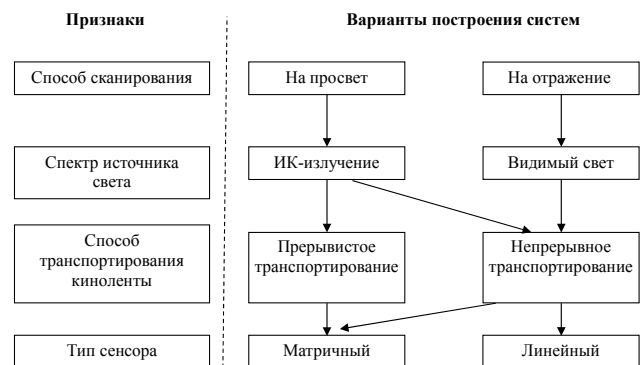


Рис. 1. Схема вариантов построения систем автоматического контроля износа поверхности киноленты

Сканирование киноленты световым потоком может производиться двумя способами: на просвет или на отражение. При сканировании на просвет считывание информации о дефектах происходит одновременно с обеих поверхностей киноленты (основы и фотослоя). Следствием этого является невозможность дифференцирования дефектов по плоскостям носителя. Для того чтобы контролировать отдельно состояние поверхности основы и фотослоя, необходимо использовать сканирование на отражение.

Спектр излучения источника света выбирается в зависимости от способа сканирования киноленты. При сканировании на просвет необходимо исключить влияние сюжетной части фильма, чтобы получить в итоге изображение поверхностных дефектов носителя. Для этой цели удобно применять источник ИК-излучения с длиной волны порядка 800÷1000 нм. Этот интервал длин волн превышает спектральный диапазон поглощения красителей цветных многослойных фотографических материалов, но в то же время входит в область спектральной чувствительности кремниевых сенсоров. В варианте со сканированием на отражение свет падает под некоторым углом к нормали поверхности киноленты. Это связано с тем, что при малом угле падения на полученном изображении дефектов заметен сюжет изображения [4]. В исследованиях, выполненных в работе [4], указанный угол предлагается выбирать в пределах 60÷90 градусов. В этом случае источник света может иметь видимый спектр излучения.

Транспортирование киноленты может производиться двумя способами: непрерывно и прерывисто. Непрерывное транспортирование киноленты позволяет увеличить скорость сканирования по сравнению с прерывистым и исключить применение механизма прерывистого движения. Общим недостатком способа с непрерывным транспортированием являются колебания скорости движения киноленты. Для их устранения необходимо применять

стабилизатор скорости движения носителя. Допустимая скорость непрерывного транспортирования киноленты ограничивается временной частотой считывания данных самого сенсора. Эти два параметра определяют механическое разрешение (по длине киноленты).

В зависимости от трёх выше перечисленных признаков могут применяться линейные и матричные сенсоры. Линейный сенсор, как правило, используется для сканирования при непрерывном транспортировании киноленты. При этом сканирование осуществляется построчно. Особенностью сканирования линейным сенсором является отсутствие разбивки по кадрам. Однако кадры могут быть определены программно, например, при помощи счётчика перфораций. Матричный сенсор в основном применяется в системах с прерывистым транспортированием носителя. В некоторых случаях матричный сенсор может применяться и в системах с непрерывным транспортированием киноленты. Здесь для устранения смаза изображения [8] используется малое время выдержки электронного затвора сенсора, а, следовательно, требуется более мощный источник излучения и высокая чувствительность сенсора. В случае сканирования отражённым световым потоком применение матричного сенсора нецелесообразно, так как будут возникать значительные геометрические искажения изображения дефектов по полю кадра.

Таким образом, следует выделить четыре варианта построения систем автоматического контроля поверхности киноленты:

1. Сканирование на отражение => Видимый свет => Непрерывное транспортирование => Линейный сенсор
2. Сканирование на просвет => ИК-излучение => Непрерывное транспортирование => Линейный сенсор
3. Сканирование на просвет => ИК-излучение => Непрерывное транспортирование => Матричный сенсор
4. Сканирование на просвет => ИК-излучение => Прерывистое транспортирование => Матричный сенсор.

Отдельно рассмотрим конструктивные решения рабочих зон МТЛ для систем автоматического контроля. Под рабочей зоной будем понимать часть МТЛ, где осуществляется считывание информации с носителя [12]. Принципиально их построение может осуществляться несколькими способами, показанными на рис. 2.

Проанализируем достоинства и недостатки рабочих зон МТЛ. На рис. 2а показан первый способ, где кинолента 1

удерживается в области сканирования относительно объектива прямолинейным фильмовым каналом 2. Он состоит из неподвижных салазок и прижимной рамки. В основном такой тип фильмового канала используется при прерывистом транспортировании носителя. Данный способ построения рабочей зоны является худшим для МТЛ с непрерывным движением, так как ему присущ сильный поверхностный износ киноленты вдоль зон контакта с салазками кадрового окна [12]. Кроме того, при работе с коробленным фильмовым материалом здесь может возникать нерезкость сканируемого изображения по полю кадра.

Для возможности сканирования коробленной киноленты практичнее использовать второй способ с криволинейным фильмовым каналом. Этот способ позволяет выпрямлять носитель в области считывания [9]. В случае применения криволинейного фильмового канала 2 (рис. 2б), прижим киноленты 1 к криволинейным неподвижным салазкам может осуществляться двумя способами: как за счёт прижимной рамки, так и натяжения самой ленты. Первый способ оптимален для рабочих зон МТЛ с прерывистым транспортированием носителя. Второй может быть использован в МТЛ с непрерывным движением киноленты. Однако при непрерывном транспортировании трение между носителем и фильмовым каналом будет служить генератором переменных сил, что, в свою очередь, будет обуславливать появление колебаний скорости движения носителя. Помимо этого, скольжение киноленты по ползкам фильмового канала в данной схеме будет вызывать её дополнительный износ, что делает данный способ малоприменимым в использовании.

Добиться минимального поверхностного износа носителя в рабочей зоне МТЛ возможно только с переходом на схемы построения без скольжения фильмокопии по элементам МТЛ [12].

В третьем способе (рис. 2в) вместо фильмового канала используются два гладких барабана 2 и 3, к которым прижата кинолента 1. Достоинством данного способа является простота конструкции. Но свободное положение в области сканирования может привести к колебаниям киноленты в направлении, перпендикулярном к её поверхности. Для устранения этого недостатка гладкие барабаны 2 и 3 должны располагаться на достаточно близком расстоянии, а участок киноленты между ними натянут.

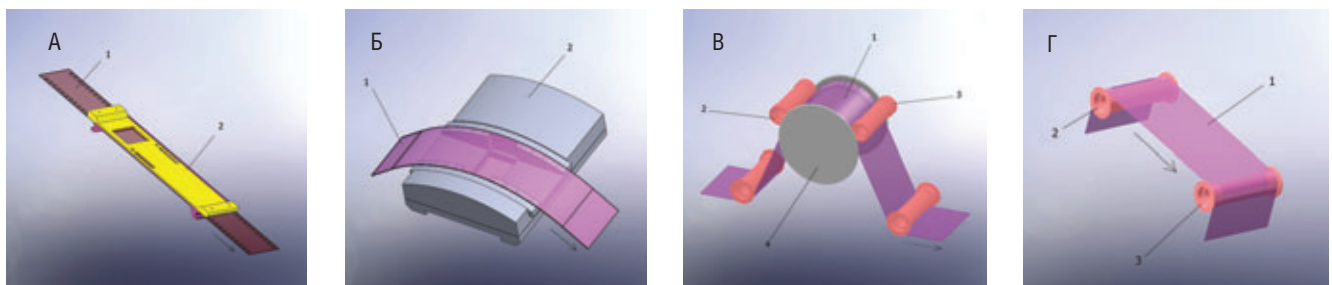


Рис. 2. Способы построения рабочих зон МТЛ: а) прямолинейный фильмовый канал; б) криволинейный фильмовый канал; в) натянутый участок киноленты; г) гладкий барабан

Четвёртый способ (рис. 2г) реализован при помощи гладкого барабана 4, к которому прижимается кинолента 1. Гладкий барабан имеет выемку под изображение и фонограмму, чтобы не было контакта киноленты с его поверхностью. Для стабилизации носителя в поперечном направлении гладкий барабан имеет с одной стороны неподвижную, а с другой стороны – подпружиненную реборду. Прижим киноленты к гладкому барабану может осуществляться прижимными роликами 2 и 3, либо за счёт натяжения носителя. Гладкий барабан здесь может приводиться во вращение либо самой кинолентой, либо от отдельного привода. Следует отметить, что данный способ построения рабочей зоны МТЛ может быть совмещён с делителем натяжения киноленты. Преимуществом такого способа является наилучшая стабилизация положения носителя в поперечном и продольном направлении. К недостаткам такого способа можно отнести требующуюся прецизионность изготовления конструкции узлов крепления для уменьшения радиального биения.

Выбор той или иной схемы построения рабочей зоны МТЛ системы автоматического контроля зависит от способа сканирования и транспортирования киноленты. Для системы со сканированием на отражение и непрерывным транспортированием оптимальным будет применение в качестве рабочей зоны МТЛ гладкого барабана, так как он позволяет стабилизировать и выпрямить ленту в области сканирования. Также здесь легко реализовать необходимый угол падения света для сканирования дефектов киноленты на отражение.

Принципиально рабочая зона МТЛ с гладким барабаном может быть применена и для случая сканирования непрерывно движущегося носителя в проходящем свете. Здесь барабан может представлять собой полый цилиндр из прозрачного материала (например, из оргстекла). Световой поток для освещения кадра может заводиться в цилиндр с помощью зеркала, установленного внутри полости под углом. В этом случае сохраняются все достоинства схемы на рис. 2г. К недостаткам данного способа следует отнести то, что царапины и пыль на поверхности барабана будут накладываться на изображение дефектов поверхности киноленты. Кроме того, здесь будут происходить значительные потери светового потока в цилиндре и при отражении зеркалом.

В системе со сканированием на просвет и непрерывным транспортированием носителя подходящим будет использование натянутого участка ленты между двумя гладкими барабанами. Это позволит избавиться от скольжения киноленты в рабочей зоне по элементам МТЛ и устранить её коробление.

В системе со сканированием на просвет и прерывистым транспортированием киноленты применение криволинейного фильмового канала предпочтительнее. Такой фильмовый канал обеспечивает более жёсткое положение сканируемого кадра и позволяет выпрямить киноленту в области считывания.

На основе приведённых выше способов построения рассмотрим возможные варианты конструкций систем автоматического контроля, имеющих практическую ценность.

Схема конструкции для первого варианта системы с линейным сканированием на отражение и непрерывным движением киноленты приведена на рис. 3. Оптическая система 1 вместе с источником света под углом к поверхности киноленты 6 формирует на ней световой штрих. Изображение освещённой полосы строится объ-

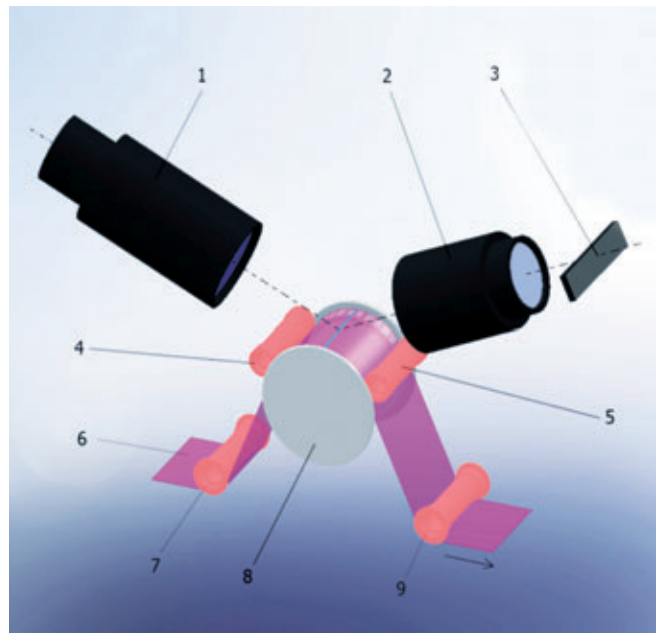


Рис. 3. Линейное сканирование киноленты отражённым световым потоком

ективом 2 на светочувствительной поверхности линейного сенсора 3. Рабочая зона МТЛ построена на гладком барабане 8. Последний вращается от отдельного двигателя и выполняет функцию делителя натяжения. Сцепление киноленты с барабаном обеспечивают прижимные ролики 4 и 5. Для ориентации киноленты в поперечном направлении на гладком барабане имеются реборды. Ролики 7 и 9 – продольно направляющие.

Системы контроля поверхности киноленты, выполненные по данной схеме, позволят дать объективную информацию о состоянии основы и фотослоя киноленты отдельно, поэтому они могут быть востребованы в фильмофонде для автоматического контроля поверхностного износа архивных фильмовых материалов перед их реставрацией. Кроме того, такие системы могут использоваться для диагностики состояния поверхности чёрно-белых кинолент.

Для второго варианта системы с линейным сканированием на просвет и непрерывным транспортированием носителя схема конструкции представлена на рис. 4. Кинолента 6 движется непрерывно и просвечивается источником ИК-излучения 4. Прошедший сквозь

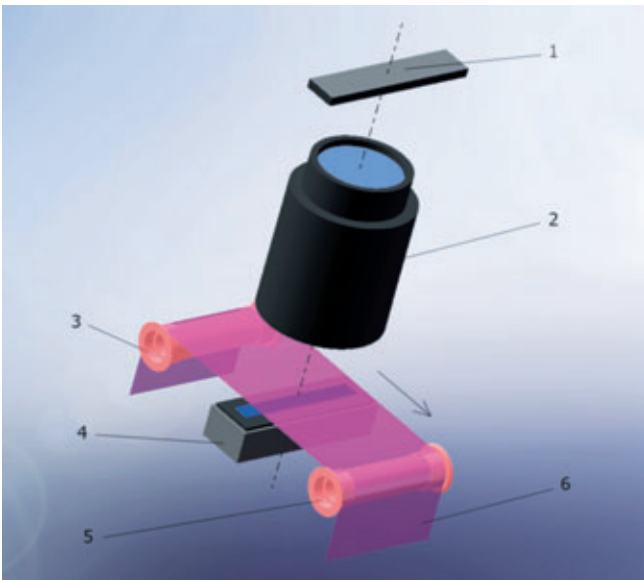


Рис. 4. Линейное сканирование киноленты на просвет ИК-излучением

неё световой поток объектив 2 фокусирует на линейный сенсор 1. Натянутый участок киноленты формируется при помощи гладких барабанов 3 и 5 и натяжных роликов (на схеме не показаны). Для ориентации киноленты в поперечном направлении на гладких барабанах имеются реборды. Так как здесь могут возникать колебания киноленты вдоль оптической оси объектива 2, то для удержания носителя в его фокусе необходимо увеличить глубину резко изображаемого им пространства. Это достигается уменьшением относительного отверстия объектива (или использованием большего диафрагменного числа).

Системы контроля с указанной схемой конструкции могут применяться на киноустановках и фильмопроверочных столах для контроля текущего состояния киноленты. Если такую систему встроить, например, на участке МТЛ между задерживающим зубчатым барабаном и наматывателем кинопроектора (или перед платтером), то она может выполнять функцию детектора царапин на киноленте, предупреждая оператора об их появлении уже во время киносеанса.

В третьем варианте системы автоматического контроля осуществляется матричное сканирование на просвет ИК-излучением. Схема конструкции указанной системы представлена на рис. 5. Кинолента 6, как и в предыдущем варианте, транспортируется непрерывно и просвечивается источником ИК-излучения 4. Прошедший сквозь киноленту световой поток объективом 2 фокусируется на матричном сенсоре 1. Участок носителя между близко расположенными гладкими барабанами 3 и 5 имеет натяжение. Здесь, как было сказано ранее, будут особые требования к длительности выдержки электронного затвора матричного сенсора и к его чувствительности, а также потребуется более высокий уровень освещения. Кроме того, в данной системе необходимо обеспе-

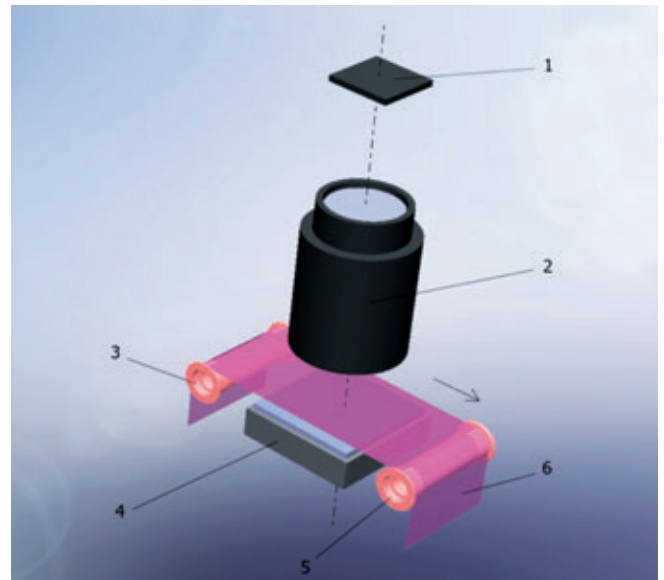


Рис. 5. Матричное сканирование киноленты на просвет ИК-излучением

чить синхронизацию частоты сканирования данных с частотой прохождения кадров киноленты. Синхронизирующие импульсы можно получать при помощи датчика перфораций.

Указанная система, так же как и в предыдущем варианте, может быть реализована в фильмопроверочных столах и кинопроекторах для текущего контроля поверхностного износа киноленты в кинотеатрах и организациях кинопроката.

В четвертом варианте системы автоматического контроля киноленты сканирование осуществляется источником ИК-излучения с прерывистым транспортированием. Схема конструкции данного устройства представлена на рис. 6. Кинолента 3 транспортируется механизмом прерывистого движения (грейферным или мальтийским). Фиксируется она при помощи криволинейного фильмового канала 4. Кадровое окно фильмового канала освещается источником ИК-излучения 5. Прошедший сквозь киноленту световой поток фокусируется объективом 2 на матричном сенсоре 1. В этом варианте область сканирования ограничивается размерами кадрового окна.

Использование механизма прерывистого движения усложняет конструкцию системы. Однако, система автоматического контроля, построенная по данной схеме, не обязательно требует отдельной аппаратной реализации. Она может быть встроена в другое устройство, например, в фильм-сканер с четырёхпроходным сканированием (последовательно в RGB и ИК лучах) [10, 11]. Рассмотренный вариант конструкции наиболее удобен при оцифровке изображения архивных кинолент. На основании получаемой информации о поверхностных дефектах киноленты в оцифрованном изображении будут исправляться дефектные места.

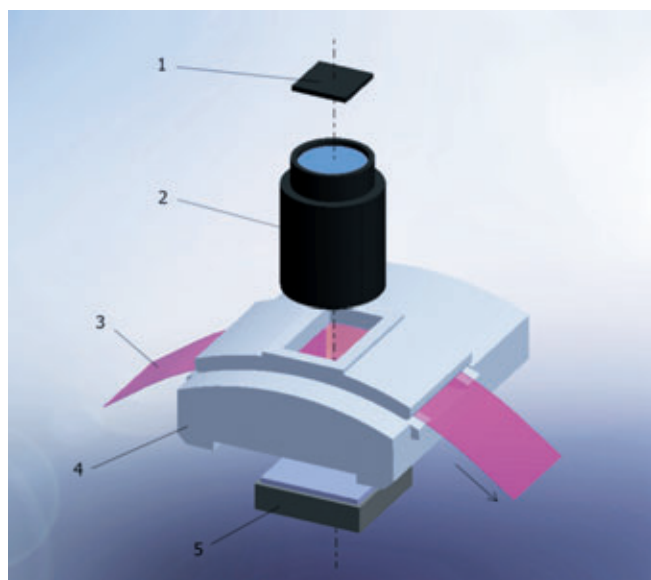


Рис. 6. Сканирование киноленты матрицей в ИК-излучении с прерывистым транспортированием

Наиболее целесообразные варианты построения систем автоматического обнаружения поверхностных дефектов киноленты сведены в таблицу 1.

Табл. 1. Варианты построения систем автоматического контроля поверхностного износа киноленты

Характеристики	Способ сканирования	Спектр источника излучения	Способ транспортировки киноленты	Тип сенсора	Оптимальный способ построения рабочей зоны МТЛ
1 вариант	на отражение	видимый свет	непрерывный	линейный	гладкий барабан
2 вариант	на просвет	ИК-излучение			прерывистый
3 вариант			натянутый участок киноленты		
3 вариант			криволинейный फिल्मный канал		

### Заключение

1. Системы автоматического контроля поверхности киноленты позволят ускорить процесс определения категории износа киноленты и устранить выборочность и субъективизм диагностики.

2. Все рассмотренные системы автоматического контроля могут быть встроены в лентопротяжный тракт киноаппаратуры.

3. Вариант схемы 1 (рис. 3) целесообразно применять в фильмофонде для автоматического контроля поверхностного износа архивных फिल्मных материалов перед их реставрацией, а также для контроля чёрно-белых кинолент. Данная система контроля может быть построена непосредственно на гладком барабане делителя натяжения фильмопроверочного стола.

4. Варианты схем 2 и 3 (рис. 4 и 5) подходят для контроля текущего состояния киноленты на киноустановках

и фильмопроверочных столах. Системы, построенные по данным схемам и встроенные в кинопроектор, могут сигнализировать оператору о появлении повреждений на киноленте уже во время киносеанса.

5. Вариант схемы 4 (рис. 6) наиболее удобен при оцифровке изображения архивных кинолент и необходим для последующего устранения дефектных участков из изображения. ■

### ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации фильмокопий. Инструкция по определению технического состояния фильмокопий и материальной ответственности кинотеатров и киноустановок за получаемые в прокат фильмокопии. М., Госкино СССР, 1986.
2. Бурдыгина Г.И. Фильмокопии. Свойства, профилактика, реставрация, хранение. М.: Искусство, 1991, с. 207.
3. Алмазов В.Е., Болховитянова О.Н. Автоматизированные системы контроля फिल्मных материалов (методы и средства контроля). Обзорная информация НИКФИ, вып. 6 (44), 1980.
4. Neumeier J. Die Messung und Bewertung von Oberflächenbeschädigungen an Filmmaterialien// Bild und Ton, 1971, № 7, s. 197–202, №8, s. 229–236, № 9, s. 261–264.
5. Киселев Н.Г. Принципы построения устройств контроля износа фильмокопий. ТКИТ, № 7, 1984.
6. <http://www.compress.ru/article.aspx?id=9881&iid=414>
7. <http://www.dlr.de/os/Portaldata/48/Resources/dokumente/projekte/fr-handout.pdf>
8. Гребенников О.Ф., Тихомирова Г.В. Основы записи и воспроизведения информации (в аудиовизуальной технике). СПб.: СПбГУКиТ, 2002, с. 712.
9. Кузнецов С.А., Левитин Г.В. Теоретический анализ процесса формирования рулонов киноленты с учётом её коробления. ТКИТ, № 2, 1997.
10. Перегудов А.Ф. Фильм-сканеры: между прошлым и будущим// ТТК, № 5, 2007.
11. Чекалин Д.Г. Телекинопреобразователи и технология сканирования. МТК, № 5, 2007.
12. Гребенников О.Ф., Кузнецов С.А. Варианты построения рабочих зон механизмов транспортирования киноленты кинопроектора системы КВК-М. Сборник научных трудов СПбГУКиТ. Проблемы развития техники, технологии и экономики кино и телевидения, Вып. 14, 2002.



# XXI ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ ИСО/ТК 36 «КИНЕМАТОГРАФИЯ»

Н.С. Ковалевская,  
к.т.н., ОАО «НИКФИ»



Участники XXI-го Пленарного заседания



Председатель Д. Пинн (Великобритания), секретарь П. Сайнс (США)



М. Голицинский (Канада)



И. Аллен (США)



Н. Ковалевская, В. Комар (Россия)



Д. Грэм (Великобритания)

■ В период с 7 по 9 июня 2010 г. в Москве проходила работа очередного 21-го Пленарного заседания Технического Комитета 36 «Кинематография» Международной организации по стандартизации (ИСО/ТК36 «Кинематография»). ОАО «НИКФИ», при финансовой поддержке Министерства культуры Российской Федерации, выполнял функции принимающей стороны по организации, подготовке и проведению этого заседания.

Проведение очередных заседаний ИСО ТК36 последовательно возлагается секретариатом технического комитета на страны-участницы. В нашей стране заседания ИСО ТК 36 не проводились с 1967 года.

Более сорока лет Научно-исследовательский кинофотоинститут выполняет функции постоянно действующего национального рабочего органа в Международной организации по стандартизации ИСО ТК 36 «Кинематография». Для координации действий при проведении работ по стандартизации в области кинематографии, в 1999 году по инициативе НИКФИ создан Технический комитет по стандартизации ТК 015 «Кинематография» (приказ Госстандарта России от 13 октября 1999 г. № 429). На ТК 015 Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии возложены функции посто-

янно действующего национального рабочего органа ISO (Международная Организация по стандартизации) в комитетах TC 36 Cinematography и TC 42 Photography; и IEC (Международная электротехническая комиссия) в комитете TC 100 Audio, video and multimedia systems and equipment.

Участниками 21-го Пленарного заседания были делегации стран Великобритании, Канады, Китая, США, России, Южной Кореи - действительные члены ИСО.

Председателем 21-го заседания ИСО ТК 36 был избран Д. Пинн (Великобритания).

Обсуждение международных документов проходило по четырём рабочим группам:

- рабочая группа № 1 Техника и технология киносъёмки (председатель М. Голицинский, Канада);
- рабочая группа № 2 Техника и технология печати и обработки фильмовых материалов (председатель В. Комар, сопредседатель Н. Ковалевская, Россия);
- рабочая группа № 3 Техника и технология записи и воспроизведения звука кинофильмов (председатель И. Аллен, США);
- рабочая группа № 4 Техника и технология воспроизведения (председатель Д. Грэм, Великобритания).

В рабочих группах обсуждалось 33 международных стандарта. По 30 стандартам проведено обсуждение актуальности и продлены сроки действия. По трём документам были высказаны замечания, и в результате дискуссии выработаны согласованные решения:

1. ISO 4246:1994 Cinematography – Vocabulary – продлить срок действия с изменением в названии – для классических технологий. Поручено Д. Грэму подготовить документ на основе существующего британского документа.
2. ISO 12612:1997 Cinematography – Interchange of post-production materials – **продлить срок действия с изменением в названии** – для классических технологий. Поручено США и России подготовить версию для исходных фонограмм кинофильмов.
3. ISO 2939:2002 Cinematography – Picture image area on 35 mm motion-picture release prints – Position and dimensions – **внести изменения, включить расположение** фонограммы.

На заседании от России были внесены разработанные ОАО «НИКФИ» предложения по подготовке новых международных стандартов ИСО:

- Система показателей качества кинопоказа. Номенклатура показателей.
- Параметры записи стереопар для кинотеатрального кинематографа.

### Предложения по разработке международного стандарта «Контролируемые параметры качества проекции и звуковоспроизведения»

Предложения по разработке международного стандарта внесены НИКФИ, исходя из следующих соображений:

1. Совокупность требований к качеству показа кинофильмов не определена в международных стандартах. Требования должны сопровождаться соответствующими методами и средствами контроля.

2. По сложившейся практике, контроль качества показа кинофильмов, состояния зрительского комфорта осуществляются авторитетными комиссиями технических экспертиз, которые работают по своим национальным стандартам. К ним относятся высшая кинотехническая комиссия (ВКК) во Франции, система сертификации THX в США, сертификация Dolby laboratories, НИКФИ в России.

3. Предлагается на основе существующих национальных требований разработать международный стандарт, определяющий номенклатуру параметров качества проекции и звуковоспроизведения, способных с необходимой и достаточной степенью оценить параметры качества показа кинофильмов.

4. Стандарт должен содержать ссылки на уже существующие методы и средства измерений и разработку недостающих, что обеспечит единство измерений.

5. Для оценки качества проекции и звуковоспроизведения предлагается контролировать параметры, изложенные в Спецификации:

## СПЕЦИФИКАЦИЯ

### Параметры зрительного зала (Зрительские места. Экран. Размеры. Расположение)

Требования к экрану (размещение, тип, форма, размеры рабочего поля)
Кашетирование экрана и предэкранный занавес
Длина зрительного зала (предельное расстояние по оси зрительного зала от киноэкрана до последнего ряда)
Расстояние до первого ряда зрительских мест
Зона оптимальной видимости и зона расположения зрителей
Превышение луча зрения зрителя над головой впереди сидящего
Расстояние от нижнего проекционного луча до пола в зоне зрительских мест

### Параметры киноплёночной проекции

Яркость экрана
Равномерность яркости
Цветность белого
Равномерность яркости и цветности при работе различных постов одной киноустановки
Разрешающая способность проекционной системы в центре и по полю изображения
Неустойчивость изображения
Засветка экрана (посторонним и отражённым светом)
Геометрические искажения
Размеры и расположение проецируемого поля изображения относительно экрана
Определение «тяги» изображения, проверка установки обтюратора

### Дополнительные параметры стереопроекции

Идентичность изображений левого и правого ракурсов
- яркость;
- цветность;
- масштаб;
- разрешающая способность;
- геометрические искажения
Допустимый уровень перекрёстных помех
Минимально допустимая частота обновления изображений на экране (для однообъективной цифровой стереопроекции)
Допустимый вертикальный параллакс
Допустимая величина зон неперекрывания в совмещённом изображении стереопары

### Параметры звуковоспроизведения А-цепь

Track - Dolby SR*D	Параметр
Analog	Угол наклона и фокусировка читающего штриха
	Положение фильмокопии относительно читающего штриха
	Равномерность освещённости читающего штриха
	Номинальные уровни и АЧХ воспроизведения
	Переходные искажения между каналами
	Детонация



Track - Dolby SR*D	Параметр
Digital	Горизонтальное и вертикальное положение блока цифровых данных
	Положение углов блока цифровых данных
	Вертикальное дрожание
	Значение азимута за секундный интервал
	Неравномерность плотности блока цифровых данных
	Отсчёт переключений процессора с цифровой дорожки на аналоговую
	Проверка синхронности воспроизведения цифровой фонограммы
	Проверка коммутации каналов воспроизведения
	Коэффициент увеличения

#### Параметры звуковоспроизведения В-цепь

Архитектурная акустика:
частотная характеристика времени реверберации
уровень мешающего шума
Электроакустика:
электроакустическая частотная характеристика
уровень общего звука
неравномерность уровня прямого звука
индекс разборчивости речи
индекс ясности музыки

#### Параметры звуковоспроизведения А+В-цепь

Analog/Digital	Субъективная оценка качества звуковоспроизведения
----------------	---

В результате дискуссии по этому предложению было согласовано решение о разработке международного документа со статусом «Технический отчёт». Работы будут проводиться в рабочей группе № 4.

#### Предложения по разработке международного стандарта Стереоскопического кинематографа «Система показателей качества кинопоказа»

В связи с возросшим в последние годы интересом к стереоскопическому кинематографу и созданием новых технических средств и технологий, используемых на различных стадиях производства и демонстрации стереофильмов, НИКФИ предложил разработать международный стандарт «Система показателей качества кинопоказа. Номенклатура показателей». Предложения были сделаны из следующих соображений:

1. Актуальность этой работы стала очевидной после множества ошибок, отмеченных нами в последнее время. Ошибки в области производства и особенно демонстрации стереокинофильмов приводили к многочисленным случаям серьёзных нарушений зрительного восприятия и дискомфорта при демонстрации 3D кинокартин. Например, у зрителей начинали болеть глаза, когда экранные параллаксы достигали чрезмерно больших

значений. Яркость экрана, например, оказывалась в 5 и более раз ниже, чем при обычной проекции. Наблюдались и другие не менее существенные нарушения.

2. Как показали проведённые НИКФИ контрольные измерения и опросы зрителей, подобные нарушения создают серьёзную угрозу снижения интереса зрителей к этому виду кино, а также к неоправданному отказу в производстве от многих эффектных сцен.

3. Необходимость комплексного рассмотрения в одном предложении параметров, как киносъёмки, так и кинопроекции, обусловлена той особенностью, что они гораздо теснее связаны между собой в 3D кинематографе, чем в обычном кино с двухмерным изображением.

4. Предлагается контролировать параметры записи стереопар по следующим характеристикам:

#### Параметры записи стереопар для кинотеатрального кинематографа

Идентичность изображений левого и правого ракурсов
плотность (яркость);
цветность;
масштаб;
резкость;
геометрические искажения.
Предельная величина положительного параллакса
Предельная величина общего диапазона положительных и отрицательных параллаксов
Вертикальный параллакс одноимённых точек
Допустимая величина зон перекрытия в совмещённом изображении стереопары

От России было сделано предложение о создании новой рабочей группы – 3D кинематография.

Согласовано решение о включении работ по разработке предложенного стандарта по 3D в составе рабочей группы № 1.

Участие нашей страны в проведении мероприятий такого уровня направлено на повышение авторитета России в области международной стандартизации, продвижение интересов российской киноиндустрии на международный уровень, обеспечение конкурентоспособности отечественной кинопродукции на мировом рынке, а также на развитие научно-технического сотрудничества. Мы надеемся, что расширение международного сотрудничества в области стандартизации принесёт пользу нашему общему делу развития национального кинематографа. ■





## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЦИФРОВОМУ СТЕРЕОКИНОПОКАЗУ И ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО КАЧЕСТВА

С.Н. Рожков,  
Д.Г. Чекалин,  
ОАО «НИКФИ»



### Аннотация

В статье рассматриваются особенности и специальные требования к демонстрации стереофильмов в кинотеатрах при использовании плёночных и цифровых технологий. Рассмотрены применяемые в настоящее время методы цифрового кинотеатрального стереопоказа. Проведены анализ и оценка различий яркостных характеристик обычного и стереоскопического цифрового киноизображения. Предложен метод расчёта необходимого светового потока цифрового проектора для стереопроекции. Рассмотрена проблема совместимости обычной и стереоскопической цифровой кинопроекции в одном кинозале. Перечислены параметры и характеристики, определяющие качество стереокинопоказа. Обоснована необходимость разработки стандартов, нормирующих основные параметры стереопары, светотехнические параметры стереокинопроекции, параметры стереокинотеатра.

**Ключевые слова:** стереокино, цифровая стереокинопроекция, 3D киноизображение, 3D фильм, цифровые форматы.

■ Сегодняшний этап развития стереокино базируется на достижениях цифровых технологий обычного (двухмерного) кино.

Стереокиносъёмка и демонстрация стереофильмов имеют свои специфические особенности, поэтому цифровая регистрация стереокиноизображения и цифровой стереокинопоказ отличаются от аналогичных процессов в обычном двухмерном кинематографе.

Как и в любой другой отрасли, для успешного развития и внедрения новых технических средств и технологий должны быть определены, формализованы и стандартизованы основные характеристики, параметры и их значения. Первым и наиболее существенным шагом в этом направлении была разработка консорциумом семи ведущих голливудских киностудий DCI (Digital Cinema Initiatives) «Спецификации DCI», которая была опубликована в 2005 году [1]. Сейчас действует вторая версия этого документа (Digital Cinema Initiatives, LLC, Digital Cinema System Specification, Version 1.2, March 07, 2008)

SPECIAL REQUIREMENTS FOR 3D DIGITAL DISPLAY AND POTENTIALITIES OF IMPROVEMENT OF ITS QUALITY

Rozhkov S., Chekalin D.

### Abstract

Features and special requirements for film and digital theatrical stereoscopic cinema demonstration are considered in the article. Up to date methods for digital theatrical stereo display are reviewed. Analysis and assessment of luminosity differences between regular and stereo digital images are made. Method of luminous flux calculation for digital stereo projection is proposed. The issue of 2D and 3D digital projection compatibility in the same cinema hall is discussed. Settings and characteristics determining the quality of the stereo display are listed. The necessity of working out the 3D display standards of the stereopair parameters, settings of the 3D projection lighting and cinema hall is proved.

**Keywords:** stereoscopic movie, digital stereo projection, 3D cinema image, 3D movie, 3D display, digital formats.

на 156 страницах [2]. Далее на основе этого документа обществом SMPTE были утверждены стандарты для цифрового кино. И, наконец, с 2008 года в ISO осуществляется планомерное утверждение стандартов D-Cinema (цифрового кинематографа).

Значительно хуже обстоит дело со стандартизацией в области стереоскопического кинематографа. На сегодняшний день та же DCI опубликовала единственный односторонний документ, относящийся к цифровому стереокино (Digital Cinema Initiatives, LLC, Stereoscopic Digital Cinema Addendum, Version 1.0, July 11, 2007) [3]. В ISO принят единственный стандарт, относящийся к стереокино и описывающий структуру файлов для цифрового стереокино – ISO 26429-10:2009 Digital cinema (D-cinema) packaging – Part 10: Stereoscopic picture track file [4]. Наиболее проработанным и, вероятно, единственным нормативным документом в области стереокинопоказа является PTM 19-77-94 «Развитие и техническое оснащение киносети», в котором специальный раздел посвящён во-

просам оборудования кинотеатров для стереокинопоказа применительно к плёночным технологиям [5].

Отличия цифрового кинопоказа от плёночного обусловлены как принципиально другим носителем записи, так и способом формирования изображения. Эти отличия прежде всего связаны с необходимостью обеспечения качества и точности цветопередачи, с выполнением соответствующих настроек при наличии методов контроля. В плёночной технологии цветопередача обеспечивается и контролируется на стадии фильмопроизводства, в цифровом кинопоказе окончательные настройки и контроль цветовоспроизведения производятся непосредственно в кинотеатре с применением специального оборудования, тестов и методик применительно к каждому из видов проекции.

В стандартах для плёночной и цифровой проекции также отличаются: уровень яркости, степень равномерности яркости, методики их измерения, форматы изображения, цветность белого.

В цифровом кинопоказе стандартизованы две частоты кадров и две величины разрешения изображения.

Основные параметры цифрового кино для кинотеатров:

- цветность – цветовое пространство X Y Z, 12 бит;
- координаты белого:  $X = 0,314 \pm 0,006$ ;  $Y = 0,351 \pm 0,006$ ;
- яркость  $48 \pm 10,2$  кд/м<sup>2</sup>;
- разрешение: 2048x1080 (24 и 48 кадр/сек), 4096x2160 (24 кадр/сек);
- равномерность яркости экрана 75–90 %.

В цифровом кинематографе стандартизованные базовые форматы определяются разрешением проекционной матрицы, которое составляет 2048 × 1080 или 4096 × 2160 квадратных пикселей, что соответствует соотношению сторон 1,9:1. Это соотношение не совпадает с форматами, принятыми в плёночном кино или телевидении. Для этих случаев существует правило: изображение, не совпадающее с проекционной матрицей по соотношению сторон, должно полностью её заполнять либо по горизонтали, либо по вертикали.

Большинство кинозалов оснащено широкими экранами с соотношением сторон 2,35:1 (в США 2,39:1). Цифровой показ на таких экранах осуществляется в трёх форматах (рис. 1):

1,9 : 1 (цифровой стандарт) с механическим горизонтальным кашетированием экрана;

2,35 : 1 анаморфированный, с применением анаморфотной оптики;

2,35 :1 кашетированный с увеличением кашетированного на матрице изображения на весь экран.

## Методы современного цифрового кинотеатрального стереопоказа

Человек видит окружающие предметы объёмными благодаря присущим человеку свойствам стереоскопического зрения, при котором вследствие наличия некоторого расстояния между глазами (базиса зрения) в каждом глазу формируются изображения, несколько отличающиеся друг от друга. Для воспроизведения стереоскопических изображений необходимо предъявлять левому и правому глазу зрителя только «свое» изображение, то есть обеспечить сепарацию – раздельное предъявление каждого из изображений стереопары только «своему» глазу.

Для кинотеатрального стереокинопоказа используются два подхода – с одновременным либо поочерёдным последовательным предъявлением двух изображений стереопары. Сепарация изображений осуществляется несколькими методами с применением различных оптических принципов и технологий: цветовая сепарация, сепарация с применением линейных или циркулярных (круговых) поляризационных светофильтров, затворные методы, автостереоскопические (безочковые) методы (последние в настоящее время для кинотеатрального кинопоказа не применяются).

### Цветовая сепарация

Метод цветовой сепарации изображений стереопары начал использоваться с середины XIX века. Он получил название «анаглифный». Совмещённые изображения стереопары, окрашенные в дополнительные цвета,

рассматривались через стереочки с соответственно окрашенными светофильтрами. В эпоху цветного кино иногда использовали «квазианаглифный» метод, совмещая в одном кадре красную составляющую одного ракурса и сине-зелёную другого. Просмотр фильма осуществлялся в анаглифных очках. Стереоразнообразие воспринималось как цветное благодаря эффекту бикулярного смешения цветов. Преимущество метода: возможность показа в любом кинозале на любом экране. Недостатки: невозможность получения качественного полноцветного изображения и повышенная нагрузка на глаза из-за больших потерь света при сепарации изображения и часто возникающего эффекта борьбы полей зрения при значительных различиях цветности сопряжённых участков в изображениях стереопары.

Развитие современных оптических технологий позволило разработать новый метод цветовой сепарации, позволяющий добиться до-



Рис. 1. Форматы экрана и изображения при цифровом кинопоказе

статочного высокого качества цветопередачи. Новая методика была разработана немецкой компанией Infitec GmbH (сокращение от Interferenzfiltertechnik) и основана на применении интерференционных фильтров. Данная технология основана на способности человеческого зрения воспринимать любой цвет как комбинацию сочетания трёх основных цветов спектра – красного, зелёного и синего. С помощью спектральных интерференционных фильтров участки спектра каждого из этих цветов разделяются на две зоны с различными диапазонами длин волн и затем формируют два изображения – для левого и правого глаза (рис. 2). В 2006 году Dolby Laboratories приобрела лицензию у Infitec и разработала систему стереопоказа Dolby 3D. Этот метод может быть реализован по схеме с одновременным применением двух проекторов, в которых установлены отдельные фильтры для левого и правого глаза, или по схеме с использованием только одного проектора с последовательной поочерёдной проекцией левых и правых изображений через соответствующий фильтр. Для этого в проекторе между источником света и матрицей устанавливается быстро вращающийся, работающий синхронно с проектором, интерференционный диск (рис. 3), состоящий из двух половин с разными светофильтрами и модулирующий по цвету световой поток последовательно для левого и правого кадров стереопары. На каждом кадре фильма диск проворачивается трижды, поэтому при частоте фильма 24 кадра в секунду скорость его вращения составляет 4320 оборотов в минуту. Зритель смотрит изображение в стереочках с такими же фильтрами (рис. 4), как и на диске, благодаря чему каждый глаз видит своё изображение. При проекции обычных нестереоскопических фильмов интерференционный диск автоматически выводится из светового луча. Достоинством метода является возможность его применения с любыми экранами, а к недостаткам следует отнести большие светопотери (до каждого из глаз зрителя доходит менее 13% светового потока), наличие искажений цветопередачи и необходимость дополнительной цветокоррекции.

**Временная сепарация**

Временная сепарация (с использованием obturatorных и затворных технологий), как и цветовая, начала применяться с середины XIX века. По этому методу изображения стереопары предъявляются поочерёдно каждому глазу зрителя. Современные методы временной сепарации предусматривают применение затворных жидкокристаллических беспроводных очков (рис. 5).

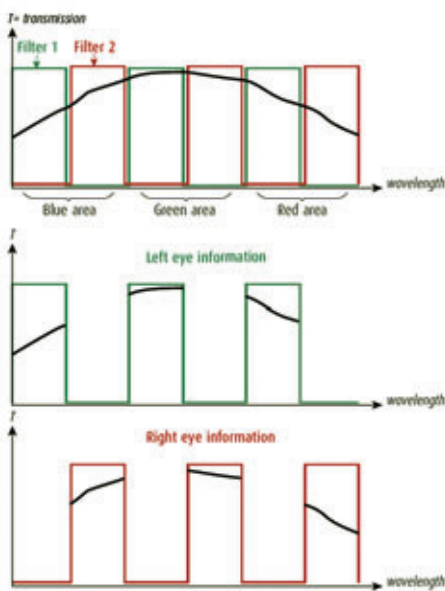


Рис. 2. Принцип работы фильтров системы Infitec

Активным элементом в очках являются жидкокристаллические клапаны, затемняющиеся и перекрывающие световой поток кинопроектора при подаче на них электрического сигнала. Смена «левого» и «правого» изображений на экране и затемнение соответствующего светофильтра стереочков жёстко синхронизированы. Переключение осуществляется с помощью инфракрасного сигнала от специального эмиттера с ИК-светодиодами с частотой 72 Гц на каждый глаз. В очки встроены элементы питания и приёмник ИК-излучения от эмиттера. Наибольшее распространение получила система ХрапD 3D, разработанная компанией NuVision. Достоинство: не требуется специально го экрана. Основные недостатки затворного метода:

- высокая стоимость очков;
- необходимость замены элементов питания (или самих очков при несменных элементах питания);
- эффект мерцания изображения в периферийных зонах зрения;
- повышенная утомляемость глаз;
- повышенный вес очков, создающий дополнительную нагрузку на переносицу.

Следует отметить, что любой метод сепарации, применяемый в сочетании с однообъективной стереопроекцией (Dolby 3D, Real D Cinema, Master Image), также предусматривает поочерёдное предъявление каждому глазу изображений стереопары, то есть в этих случаях имеет место временная сепарация с применением пассивных стереочков.



Рис. 3. Узел цифрового кинопроектора с вращающимся диском системы Dolby 3D



Рис. 4. Очки Dolby 3D



Рис. 5. Затворные очки ХрапD

### Поляризационная сепарация

Поляризационный способ стереопроекции начал применяться в конце XIX века.

В настоящее время поляризационные технологии с пассивными очками востребованы и применяются при цифровом стереокинопоказе.

В цифровой системе IMAX 3D применяются два кинопроектора и светофильтры с линейной поляризацией. Линейная поляризация требует, чтобы зритель не наклонял голову в стороны, иначе возникает двоение изображения.

Циркулярная (круговая) поляризация применяется в системах Real D Cinema и Master Image. В обеих системах проектор попеременно проецирует кадры для каждого глаза, причем эти кадры проецируются в циркулярно поляризованном свете: по часовой стрелке для правого глаза, против часовой – для левого. Очки с взаимно противоположной круговой поляризацией обеспечивают процесс, при котором каждый глаз видит свою собственную картинку. Качество сепарации при этом практически не зависит от наклона головы зрителя. Разница между системами состоит только в поляризующем устройстве, установленном перед объективом проектора. В системе Real D поляризующим устройством является специальный электронно-управляемый поляризационный фильтр Z Screen с изменяемой в зависимости от сигналов контроллера поляризацией (рис. 6). В Master Image в качестве поляризующего элемента применяется установленный на подъёмном механизме вращающийся диск (рис. 7), сектора которого представляют собой поочередно сменяющие друг друга поляризационные светофильтры с различным направлением вращения вектора поляризации.

Достоинством метода являются недорогие и лёгкие очки, допускающие наклон головы зрителями. К недостаткам можно отнести необходимость недеполяризующего экрана.

Отдельно следует выделить систему стереопроекции SONY (рис. 8) для проектора с матрицей 4K, на которой формируются изображения сразу двух кадров стереопа-



Рис. 6. Поляризующее устройство системы Real D



Рис. 7. Подъёмный механизм Master Image с вращающимся поляризующим диском

ры, расположенные одно над другим (рис. 9), а проекция осуществляется специальной насадкой с двумя объективами. В качестве недостатка этой системы следует отметить неэффективное использование площади матрицы и светового потока кинопроектора.

Наибольшее распространение в силу более низкой стоимости и простоты технической эксплуатации получили технологии стереокинопоказа с одним проектором. По этой схеме работают системы: Infitec (Dolby 3D), Real D, Master Image, XpanD.

Принципиальным отличием стереокинопроекции от обычной является многократная потеря воспринимаемой яркости. Для систем, использующих один проектор, световые потери достигаются 85% , для двухпроекторных систем эти потери существенно ниже.

Для увеличения общего светового потока, увеличения размеров экранов и улучшения качества изображения предпочтительнее применять двухобъективные схемы проекции с двумя источниками света. В таком режиме могут работать системы: Infitec (Dolby 3D), Real D, IMAX 3D. Следует отметить, что наибольший дополнительный выигрыш светового потока можно получить при использовании поляризационной сепарации и двух жидкокристаллических (LCD) проекторов, у которых на выходе после объектива свет уже поляризован. На рис. 10 приведены данные световых потерь для разных систем, опубликованные на сайте фирмы Varco [6].

### Определение необходимого светового потока цифрового проектора в режиме стереокинопоказа

Одним из основных параметров, влияющих на качество кинопоказа, является яркость изображения, её значение нормировано и представлено в стандартах и нормативных документах. Однако для цифрового стереокинопока-

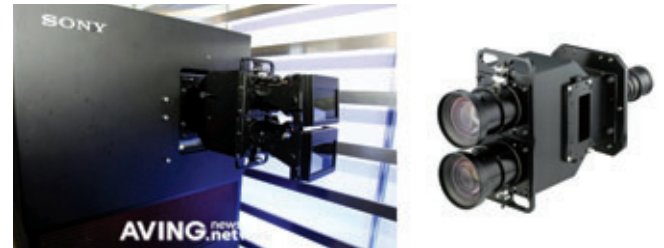


Рис. 8. Цифровой кинопроектор SONY и проекционная насадка с двумя объективами

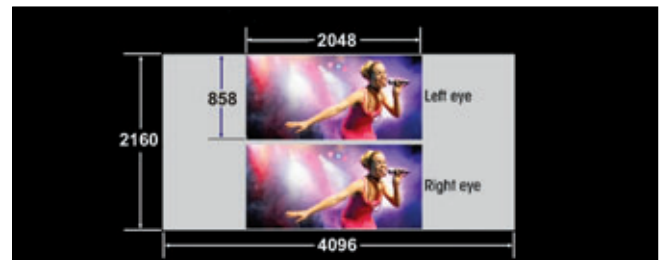


Рис. 9. Расположение кадров стереопары на матрице 4 К в проекторе SONY

за норма яркости на сегодняшний день не стандартизована. Это ещё только предстоит сделать.

Накопленный в НИКФИ опыт переоборудования кинотеатров для плёночного стереопоказа и многолетний опыт проката стереофильмов показали, что световой поток кинопроектора должен обеспечивать яркость, воспринимаемую зрителем через стереочки, равную яркости обычного киноизображения в обычном кинотеатре. Такой подход был положен в основу расчётов необходимого уровня яркости при стереокинопоказе. Эти расчёты, как и норма яркости, приведены в РТМ 19-77-94 «Развитие и оснащение киносети» [5].

В процессе освоения и внедрения цифровой проекции высказывались суждения, что при использовании для стереокинопоказа одного цифрового проектора, работающего с частотой мельканий 144 сек<sup>-1</sup> и поочерёдном (с частотой предъявления одного ракурса 72 сек<sup>-1</sup> и скважностью 0,5) предъявлении изображений стереопары левому и правому глазу зрителя зрительная система воспринимает максимальное мгновенное значение уровня яркости и удерживает его практически на том же уровне за счёт инерции зрения.

Чтобы уточнить разницу восприятия яркости обтюрированного и ламинарного световых потоков, в НИКФИ был проведён соответствующий эксперимент. Сравнивались две половины экрана, одна из которых освещалась осветительной системой кинопроектора с остановленным двигателем и открытым кадровым окном (световой поток ламинарный), а другая – прерывистым световым потоком с частотой мельканий 72 сек<sup>-1</sup> и скважностью 0,5. При визуальном одинаковой яркости двух половин экрана измеренные люксметром освещённости для ламинарного и обтюрированного потоков показали одинаковые величины.

Результаты данного несложного эксперимента позволяют утверждать, что нет никаких оснований для снижения воспринимаемой яркости при стереокинопоказе относительно нормированной яркости для обычного кинопоказа, и что уровень воспринимаемой яркости при любом виде кинопоказа должен в равной мере соответствовать современным стандартам для обычной проекции.

В кинотехнике определение светового потока является необходимым элементом при проектировании кинозалов и выборе необходимого проекционного оборудования. Для классических плёночных технологий этот процесс хорошо известен и отработан, однако технология цифровой проекции имеет свои специфические особенности и отличия. Например, в цифровом кинопоказе нормированная яркость несколько ниже, чем в плёночном, но это объясняется тем, что измерения яркости проводятся при отсутствии плёнки в фильмовом канале кинопроектора, и что требования к равномерности яркости по полю изображения более жёсткие.

Определять величину необходимого светового потока цифрового проектора, предназначенного для работы в режиме стереокинопроекции, предлагается по следующей формуле:

$$F = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot \beta_0} \cdot \pi \cdot S \cdot L, \quad (1)$$

где:

F – требуемый световой поток кинопроектора, лм;

K<sub>1</sub> – коэффициент неравномерности освещённости экрана;

K<sub>2</sub> – коэффициент запаса светового потока, учитывающий снижение яркости лампы в процессе её эксплуатации;

K<sub>3</sub> – коэффициент пропускания проекционного окна;

K<sub>4</sub> – коэффициент падения уровня воспринимаемой яркости при стереокинопоказе;

K<sub>5</sub> – коэффициент, учитывающий падение яркости при анаморфировании (из-за увеличения площади проецируемого изображения и потерь в оптических элементах анаморфотной насадки)\*;

K<sub>6</sub> – коэффициент, учитывающий падение яркости при кашетировании матрицы до соотношения 2,35:1\*\*;

β<sub>0</sub> – осевой коэффициент усиления яркости экрана;

S – площадь изображения полной матрицы на экране, м<sup>2</sup>;

L – нормированная яркость экрана, кд/м<sup>2</sup>.

Расчёт требуемого светового потока при стереокинопоказе определяется максимальными размерами экранного изображения и параметрами используемых технических средств.

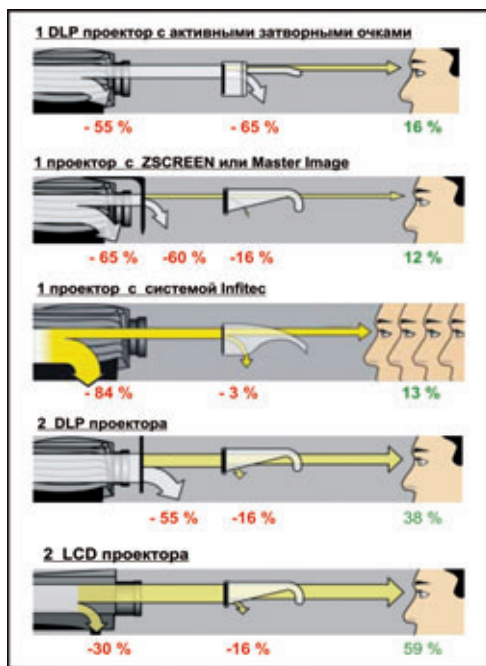


Рис. 10. Потери светового потока при различных технологиях цифрового стереокинопоказа. Зелёным цветом приведены величины светового потока, формирующего одно изображение стереопары, воспринимаемое одним глазом зрителя

\*) K<sub>5</sub> принимается равным 1, если использование анаморфотной насадки не предусматривается;

\*\*) K<sub>6</sub> принимается равным 1, если формат 2,35:1 реализуется с помощью анаморфотной насадки.

В случае определения требуемой величины светового потока  $F$  для формата 1,9 : 1 через ширину экрана  $W_{2,35}$  с учётом соотношения

$$S_{1,9} = 0,33W_{2,35}^2$$

формула принимает вид:

$$F = \frac{0,33 \cdot K_1 \cdot K_2}{K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot \beta_0} \cdot \pi \cdot W_{2,35}^2 \cdot L \quad (2)$$

Для случая определения требуемой величины светового потока  $F$  через высоту экрана  $H$  с учётом соотношения

$$S_{1,9} = 1,9H^2$$

формула принимает вид:

$$F = \frac{1,9 \cdot K_1 \cdot K_2}{K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot \beta_0} \cdot \pi \cdot H^2 \cdot L \quad (3)$$

Принимая значения коэффициентов

$$\begin{aligned} K_1 &= 0,75; \\ K_2 &= 1,15; \\ K_3 &= 0,85 \end{aligned}$$

и нормированную яркость  $L = 48$  кд/м<sup>2</sup>,

получаем шесть формул расчёта светового потока для трёх форматов стереопроекции (через ширину или высоту экранного изображения для каждого из трёх форматов) (табл. 1)

Табл. 1. Определение величины необходимого светового потока проектора для цифровой стереокинопроекции по ширине или высоте экранного изображения с учётом коэффициента яркости экрана

Формат	1,9:1	2,35:1 анаморфированный	2,35:1 кашетируванный
К <sub>4</sub>	0,15	0,15	0,15
К <sub>5</sub>	1,0	0,71	1,0
К <sub>6</sub>	1,0	1,0	0,63
F(W)	$336,5 \cdot \frac{W_{2,35}^2}{\beta_0}$	$473,9 \cdot \frac{W_{2,35}^2}{\beta_0}$	$534,1 \cdot \frac{W_{2,35}^2}{\beta_0}$
F(H)	$1927,1 \cdot \frac{H^2}{\beta_0}$	$2714,2 \cdot \frac{H^2}{\beta_0}$	$3058,9 \cdot \frac{H^2}{\beta_0}$

Используя полученные формулы и соотношения, можно решать обратную задачу и определять максимально допустимую ширину экрана при заданной величине светового потока проектора. В таблице 2 приведены значе-

ния световых потоков наиболее распространённых моделей цифровых проекторов. В качестве примера рассчитаем предельную ширину экрана для проекции с кашетируванным изображением в формате 2,35:1 самого мощного из существующих на сегодня проекторов со световым потоком 30 000 лм. В результате расчёта получаем, что при коэффициенте усиления яркости экрана  $\beta_0 = 1$  ширина изображения не должна превышать 7,5 м, а в случае применения светосильного экрана с осевым коэффициентом усиления яркости  $\beta_0 = 2,4$  ширина экрана не должна быть более 11,6 м.

Табл. 2. Значения мощности ксеноновых ламп и световых потоков современных цифровых кинопроекторов

	Lamps (kw)	Max Lumens
<b>CHRISTIE</b>		
CP 2000		
SB/XB		30 000
ZX	3 (SD LAMP)	17 000
	3	14 000
M	2	12 000
<b>BARCO</b>		
DP 3000	6.5	30 000
DP 2000	4	18 000
DP 1500	3	14 000
DP 1200	2	11 000
<b>NEC</b>		
NC 2500S	6	26 000
NC 16000C	4	17 000
NC 800C	1.25	6 400
<b>SONY</b>		
SRX R220	4.2	18 000
SRX R210	3	13 000

Таковы условия качественного стереокинопоказа, обеспечивающего уровень воспринимаемой яркости изображения, соответствующий современным международным стандартам яркости для обычного кинопоказа.

Применение направленных экранов позволяет увеличить яркость и, соответственно, их размеры, но при этом необходимо учитывать, что применять светосильные экраны можно в сравнительно узких залах и при условии ограничения числа боковых зрительских мест в первых рядах из-за ухудшения равномерности яркости.

### Проблема совместимости обычного и стереоскопического видов кинопроекции в одном кинозале

Демонстрация стереофильмов может производиться как в залах, переоборудованных или спроектированных специально для стереокинопоказа, так и в универсальных залах, предназначенных для демонстрации как стерео, так и обычных фильмов. Как уже было отмечено выше, можно достичь необходимого уровня яркости воспринимаемого стереокиноизображения, увеличив свето-

вой поток кинопроектора в  $6 \div 8$  раз. Однако осветительные системы современных цифровых проекторов изменять световой поток в таком диапазоне не позволяют.

Для цифровой кинопроекции принятая норма яркости составляет  $48 \pm 10,2$  кд/м<sup>2</sup>. В кинозалах, в которых сегодня демонстрируются как 2D-, так и 3D-фильмы, уровень яркости в пределах этого диапазона, как правило, выдерживается только для обычных фильмов, а пониженный в несколько раз уровень воспринимаемой яркости стереоизображения становится одной из главных причин дискомфорта восприятия и значительно усиливает нагрузку на зрительную систему.

Известны попытки хотя бы частично решить эту проблему, используя только один проектор. Световые параметры проекции подбирали таким образом, чтобы при 70% номинальной мощности лампы (это предельно допустимый минимальный уровень мощности ксеноновой лампы) яркость экрана была близка к максимально допустимому значению, равному  $58,2$  кд/м<sup>2</sup>. При переходе в режим стереопроекции мощность доводилась до 100%. Несложно подсчитать, что при таком варьировании мощности воспринимаемая яркость при стереокинопроекции будет колебаться (в зависимости от системы сепарации) в пределах от  $10,7$  до  $14,3$  кд/м<sup>2</sup>. Если норму воспринимаемой яркости (измеряемой сквозь фильтр стереочков) принимать равной  $48$  кд/м<sup>2</sup>, то в этом случае она окажется заниженной в  $3,4 \div 4,5$  раза.

Если же световой поток проектора выбирать исходя из воспринимаемой яркости при стереопроекции, то яркость изображения после перехода в режим обычной 2D проекции в несколько раз превысит нормированную.

Вышеизложенное означает, что проблему качественной демонстрации стереоскопических и обычных фильмов в универсальных залах, с применением одного и того же цифрового проектора, на сегодняшнем этапе решить нельзя. Но решение этой проблемы окажется возможным, если использовать два цифровых проектора. При этом есть различные решения в зависимости от совокупности исходных параметров зала.

*Вариант первый. Зал с экраном, размеры которого позволяют обеспечить необходимую яркость при стереопроекции одним цифровым проектором.* В этом случае для обеспечения необходимой яркости при стереопоказе и нормированной яркости при обычном кинопоказе рекомендуется использовать два проектора с различным световым потоком. Один из них, для обычной проекции должен обеспечивать яркость  $48 \pm 10,2$  кд/м<sup>2</sup>, для стереопоказа световой поток проектора должен быть в  $6-8$  раз выше (в зависимости от вида сепарации).

*Вариант второй. Зал с большим экраном, размеры которого не позволяют обеспечить необходимую яркость при стереопроекции одним проектором.* В этом варианте для стереопроекции рекомендуется использование двух одинаковых цифровых проекторов, один из которых отображает последовательность левых, а другой – правых изображений стереопары. Принципиально возмож-

но применение большего (но обязательно чётного) количества проекторов.

В этом случае могут быть использованы два метода сепарации:

- поляризационный, для этого требуются: недеполяризующий (металлизированный) экран, поляризационные светофильтры с линейной или циркулярной поляризацией светового потока и стереочки с соответствующим типом поляризации.

- спектральнональный, с любым типом экрана; на пути световых потоков устанавливаются спектральные светофильтры, стереочки – спектральнональные.

Поляризационный метод сепарации обеспечивает более высокую яркость благодаря использованию светосильного металлизированного экрана и лучшие, по сравнению со спектральнональным методом, цветовые характеристики.

Данный вариант не предусматривает применение метода временной сепарации с активными затворными стереочками.

Следует учитывать, что при использовании для стереопроекции двух проекторов LCD с пассивными поляризационными очками воспринимаемая яркость (по данным фирмы Barco) составляет 59%, а при использовании технологии DLP – 38%.

Обычный кинопоказ осуществляется одним проектором в режиме пониженного светового потока.

Максимально допустимая яркость для обычной проекции составляет  $58,2$  кд/м<sup>2</sup>. Если она достигается при допустимом снижении на 30% мощности лампы, то воспринимаемая яркость при стереопроекции в режиме 100% мощности двумя проекторами LCD составит  $49,1$  кд/м<sup>2</sup> (что соответствует норме), а двумя проекторами DLP –  $31,6$  кд/м<sup>2</sup>, что на 16% ниже нижнего предела нормированной яркости.

Последнее означает, что этот способ практически обеспечивает возможность реализации идеи универсального зала.

В универсальных залах следует учитывать необходимость более жёстких требований к размещению зрительских мест и предусматривать меры, ограничивающие использование некомфортных для просмотра стереофильмов кресел (например, использовать специальную разметку мест).

Решение о рекомендациях по применению вышеописанных технологий следует принять после разработки и принятия стандартов на параметры цифровой стереопроекции с учётом реальных характеристик цифровых проекторов, которые окажутся на рынке к моменту принятия стандартов. До принятия стандартов следует условно рекомендовать установку второго проектора в залах, которые используются как универсальные.

### **Необходимость нормирования основных параметров, определяющих качество стереокинопоказа и разработки стандартов в области стереокинематографа**

Характер работы зрительной системы при рассмотрении экранной стереопары и при рассмотрении натур-



ных объектов различен. Поэтому стереокинопоказ, правильная организация которого должна обеспечивать выполнение требований к техническим средствам стереопроекции и требований к кинозалу, должен регламентироваться как набором параметров, определяющих качество обычного стереокинопоказа, так и рядом дополнительных параметров, позволяющих приблизить условия восприятия объёмно-пространственной картины, формируемой в кинозале, к естественным условиям.

При этом требования к отдельным параметрам, общим для обоих видов кинопоказа, должны быть более жёсткими для стереокинопоказа. Например, восприятие стереоизображения, в отличие от обычного киноизображения, в значительной степени зависит от месторасположения зрителя по отношению к экрану. Проведённые в разное время исследования, накопленный опыт в части переоборудования кинотеатров для стереопоказа, а также анализ зрительских оценок показали, что очень важным является правильный выбор границ зоны зрительских мест. В первую очередь это относится к ограничению количества мест в первых рядах и, что особенно важно, к увеличению минимально допустимого расстояния от экрана до первого ряда зрителей.

Стереокинематограф отличается от традиционных двухмерных видов кинематографа рядом принципиальных особенностей:

- фиксация киноизображения в двух ракурсах, что налагает особые требования к одинаковости параметров изображений стереопары;
- увеличение размеров изображений стереопары до размеров экрана, которые определяют диапазон параллакса и являются основой для расчёта параметров стереосъёмки;
- раздельное предъявление изображений стереопары левому и правому глазу зрителя, что делает необходимым использование зрителями стереочков, которые создают дополнительный дискомфорт, особенно для тех зрителей, которым приходится надевать стереочки на собственные корректирующие;
- необходимость согласования параметров экранной стереопары с особенностями стереоскопического зрения человека с целью уменьшения нагрузки на зрительную систему.

Эти особенности накладывают определённые требования как на параметры стереопары, закладываемые в плёночную либо цифровую стереофильмокопию, так и на условия демонстрации стереофильмов в кинотеатрах. В НИКФИ составлен и предложен для разработки международного стандарта перечень параметров и характеристик, определяющих качество стереокинопоказа. В этот перечень входят светотехнические параметры, параметры зрительного зала, специальные требования к параметрам стереопары и стереопроекции.

Возросший в последние годы интерес к стереоскопическому кинематографу привёл к созданию новых технических средств и технологий, используемых на различных ста-

диях производства и демонстрации стереофильмов.

Прокат цифровых стереофильмов (3D-фильмов) оказался коммерчески успешным. В результате, из-за дефицита стереоконтента многие 2D-фильмы преобразуются в 3D-формат. Такое преобразование позволяет получить стереоизображение, как правило, невысокого качества, часто с нарушением пространственных соотношений и наличием других искажений, не позволяющих комфортно воспринимать стереоизображение.

В преобразованном 3D-фильме часто присутствует большое количество (до 80% и более) киноматериала, сохранённого в 2D-формате. Последнее является прямым обманом зрителя, оплачивающего то, чего он не получает. При этом замалчивается факт, что демонстрируемый фильм не является продуктом стереокиносъёмки или компьютерного синтеза в стереоформате.

При демонстрации стереофильмов не выполняются ряд требований, связанных с физиологической комфортностью восприятия стереокиноизображения. Как уже отмечалось выше, в большинстве кинотеатров яркость воспринимаемого стереоизображения в несколько раз ниже по сравнению с яркостью изображения при демонстрации в том же зале 2D-фильма. Большой дискомфорт вызывает просмотр киноизображений, полученных при неправильно выбранных параметрах стереосъёмки, а также синтезированных и комбинированных стереокинокадров, изготовленных с нарушением основных требований к стереоизображению.

Всё вышесказанное вызывает активную отрицательную реакцию у зрителей, многие из которых начинают терять интерес к стереокино. И если не принять необходимых мер, то стереокинзалы опустеют, как это уже не раз бывало в истории стереокино. Одной из таких мер, направленных на обеспечение качества стереокинопоказа, может стать разработка и утверждение нормативов и стандартов на параметры записи стереопар для кинотеатрального кинематографа и параметры качества стереокинопроекции. ■

#### ЛИТЕРАТУРА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Digital Cinema Initiatives, LLC, Digital Cinema System Specification, Version 1.0, July 20, 2005. [http://www.dcinovies.com/archives/spec\\_v1/](http://www.dcinovies.com/archives/spec_v1/)
2. Digital Cinema Initiatives, LLC, Digital Cinema System Specification, Version 1.2, March 07, 2008. [http://www.dcinovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1\\_2.pdf](http://www.dcinovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf)
3. Digital Cinema Initiatives, LLC, Stereoscopic Digital Cinema Addendum, Version 1.0, July 11, 2007. [http://www.dcinovies.com/DCI\\_Stereoscopic\\_DC\\_Addendum.pdf](http://www.dcinovies.com/DCI_Stereoscopic_DC_Addendum.pdf)
4. ISO 26429-10:2009, Digital cinema (D-cinema) packaging -- Part 10: Stereoscopic picture track file.
5. PTM 19-77-94, Развитие и техническое оснащение киносети. М. Комитет Российской Федерации по киноматографии, 1994.
6. Stereoscopic Projection. [http://www.barco.com/projection\\_systems/downloads/Barco\\_stereoscopic\\_proj.pdf](http://www.barco.com/projection_systems/downloads/Barco_stereoscopic_proj.pdf)



# СТЕРЕОСЪЁМКА одной цифровой камерой по системе «СТЕРЕО-70»

А.С. Мелкумов,  
зав. сектором  
цифрового стереокино  
ОАО «НИКФИ»



Фрагменты доклада на международной конференции  
SMPTE по стереоскопическим технологиям, Нью-Йорк, 13–14 Июля, 2010

## Введение в стереографию

■ Одной из основных проблем при создании технологических систем для стереосъёмки живой природы, в особенности людей, является межцентровое расстояние между левым и правым объективами, именуемое базисом съёмки. Величина базиса съёмки не только не должна превышать базис зрения, но иметь гораздо меньшую величину, кратную степени масштабного увеличения изображения на экране. Чем больше масштаб увеличения на экране, тем меньше должен быть базис съёмки. Так, например, при среднем коэффициенте масштаба изображения на экране, равном 2,5, базис съёмки должен быть 25–26 мм. В противном случае мы сталкиваемся с проблемой возникновения эффекта миниатюризации. Но эффект миниатюризации не является основной причиной отказа от съёмки с большой величиной базиса съёмки. Как правило, зритель постепенно адаптируется к данному эффекту и перестаёт акцентировать на нём внимание, если, конечно, Вы не монтируете рядом сцены, снятые различным базисом. Основной причиной отказа от съёмки с базисом, равным базису зрения и более, это вопрос величины комфортно воспринимаемого пространства. Как следует это понимать?

Один из главных параметров стереосъёмки – это так называемый параллакс бесконечности, то есть положительный параллакс одноимённых точек изображения объектов, находящихся в бесконечности. На экране величина такого параллакса бесконечности не должна превышать 65 мм:  $P_{\infty} = B$  зрения. В противном случае зритель будет наблюдать изображение объектов на заднем плане в условиях дивергенции, что вызовет утомляемость и дискомфорт при просмотре стереофильма.

Вторым основным параметром стереосъёмки является дистанция рампы – определяет расстояние от камеры

до виртуальной плоскости нулевых параллаксов, которая впоследствии должна совпасть с плоскостью экрана в зрительном зале. При построении композиции предметы, которые будут обрезаться краями кадра, не должны располагаться ближе данной дистанции. В противном случае из-за эффекта «отжимающего действия экрана» виртуальная плоскость нулевых параллаксов психологически не будет восприниматься в плоскости экрана. Несовпадение плоскости нулевых параллаксов, заданных при съёмке, с плоскостью экрана вызовет у зрителей дискомфорт и утомляемость при длительном просмотре фильма.

Третьим параметром стереосъёмки является допустимая ближняя дистанция до камеры. Для статичных объектов, которые психологически могут восприниматься в зрительном зале и не подвержены эффекту отжимающего действия экрана, такая дистанция равна половине дистанции рампы. В этом случае изображения таких статичных объектов имеют на экране отрицательный параллакс, равный параллаксу бесконечности (рис. 1).

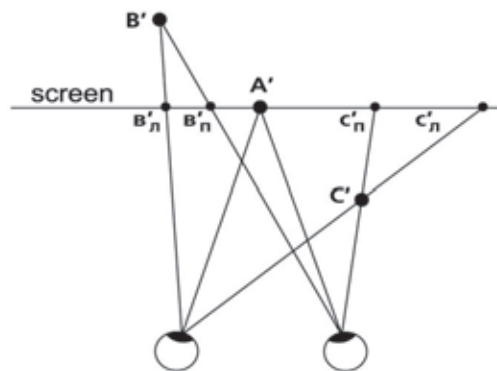


Рис. 1. Конвергенция зрительных осей при просмотре стереофильма

Таким образом, если мы хотим предоставить зрителю комфортное восприятие трёхмерного изображения, диапазон параллакс на экране от самой ближней дистанции до самой дальней – бесконечности не должен превышать 130 мм.

Вышеописанные параметры стереосъёмки взаимосвязаны от фокусного расстояния объектива и базиса съёмки. Эта зависимость выражается формулой:

$$L_p = \frac{B \cdot F}{H \cdot P_\infty} \quad (1)$$

Где  $L_p$  – дистанция рампы,  $B$  – базис съёмки,  $F$  – фокусное расстояние объектива,  $H$  – коэффициент пропорциональности передачи пространства, а  $P_\infty$  – максимальная величина параллакса изображения на киноплёнке или матрице кинокамеры, которая при проекционном увеличении будет составлять на экране 65 мм.

Каждый объектив при определённом базисе имеет свою основную дистанцию рампы, при которой съёмка ведётся в пропорционально-пространственных соотношениях, когда одноимённые точки объектов бесконечности имеют на экране параллакс, равный 65 мм. При изменении дистанции рампы в сторону её уменьшения,  $L_c < L_p$  объекты бесконечности будут иметь величины параллакса, значительно превышающие величину 65 мм, поэтому композицию кадра надо будет ограничить фоном, расположенным на конечной дистанции  $L_d$ , определяемой по формуле:

$$L_d = \frac{B \cdot F}{(H - 1) \cdot P_\infty} \quad (2)$$

Так как фон, находящийся на конечной дистанции, будет иметь на экране параллакс, равный бесконечности, нарушается пропорциональность передачи пространства. Индекс  $H$ , обозначающий гипертрофированность передачи пространства, определяется по формуле:

$$H = \frac{L_p}{L_c} \quad (3)$$

На основе перечисленных формул составлена интерактивная таблица подбора стереопараметров. Эта таблица показывает, как влияет базис съёмки на величину диапазона комфортно воспринимаемого пространства (табл. 1).

Табл. 1. Расчёт стереопараметров

F mm	B mm	Screen mm	Film/Sensor mm	F mm	B mm	Screen mm	Film/Sensor mm
35	26,00	8000	25	35	65,00	8000	25
Index H	L_foreground, m	L_ramp, m	L_background, m	Index H	L_foreground, m	L_ramp, m	L_background, m
1	2,24	4,48	∞	1	5,60	11,20	∞
2	1,49	2,24	4,48	2	1,49	2,24	4,48
3	1,12	1,49	2,24	3	1,12	1,49	2,24
4	0,90	1,12	1,49	4	0,90	1,12	1,49
5	0,75	0,90	1,12	5	0,75	0,90	1,12
Index H	L_foreground, m	L_ramp, m	L_background, m	Index H	L_foreground, m	L_ramp, m	L_background, m
1,493333	1,80	3,00	9,08	3,733333	2,37	3,00	4,10

Так, например, в случае с объективом  $F = 35$  мм, при съёмке с базисом 65 мм мы имеем ограничения от 11 м до бесконечности, а при съёмке с базисом 26 мм этот диапазон будет существенно больше – от 4,5 м до бесконечности. При приближении к актёру на более короткую дистанцию, например на 3 метра, ограничение пространства при базе 26 мм составит от 3 до 9 метров, а при базе 65 мм – от 3 до 4 метров.

### Что такое «Стерео-70»?

Вышеизложенные теоретические выкладки были реализованы Болтянским А.Г. в одной из старейшей в мире отечественной системе «Стерео-70». Эта система использует в производстве 70-мм плёнку, поэтому получила приставку 70. За 40 лет было снято более 30 фильмов. Принципом системы «Стерео-70» является – одна камера, один объектив, одна плёнка. Два кадра 35-мм формата было решено разместить на одной 70-мм плёнке. В этом случае межцентровое расстояние между кадрами составляет 26,4 мм, что отвечает требованиям съёмки живой природы, описанной выше (рис. 2).



Рис. 2. Расположение стереопары на 70-мм фильмокопии

Были рассчитаны оптические блоки малого размера, чтобы их можно было разместить на межцентровом расстоянии 26,4 мм. Оптические блоки со встроенными диафрагмами размещаются в специальной конструкции, которая позволяет синхронно управлять ими (рис. 3).



Рис. 3. Оптические блоки для 35-мм формата кадра

Оптические блоки расположены строго параллельно, но был разработан механизм, позволяющий сдвигать их относительно центров кадров в диапазоне 2 мм, что позволяет выставлять плоскость нулевых величин параллакс на различные дистанции, вплоть до бесконечности. В этом слу-

чае происходит мнимая конвергенция боковыми лучами объективов (рис. 4).

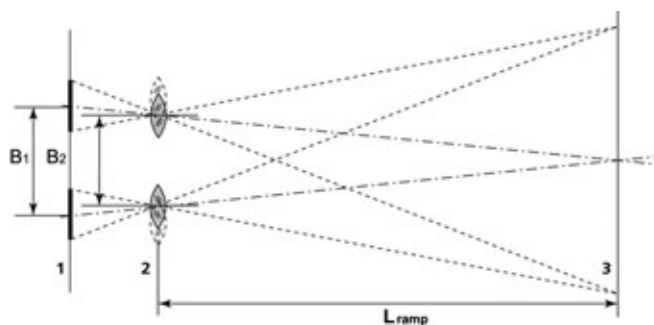


Рис. 4. Мнимая конвергенция боковыми лучами объективов: 1 - плоскость плёнки; 2 - фокальная плоскость оптических блоков; 3 - плоскость рампы;  $V_1$  - межцентровое расстояние между кадрами;  $V_2$  - межцентровое расстояние между оптическими блоками

Таким образом, два оптических блока, заключённых в единую оправу, образуют единый стереообъектив, имеющий механизмы управления фокусировкой, диафрагмой и мнимой конвергенцией. В распоряжении оператора имеется линейка из семи объективов: 23 мм, 28 мм, 32 мм, 35 мм, 40 мм, 75 мм, 100 мм (рис. 5).



Рис. 5. Стереобъективы «Стере-70»

### Использование системы «Стере-70» в цифровых технологиях

Система «Стере-70» была разработана и создана в эпоху развития 70-мм кинематографического стандарта, который в настоящее время не имеет того коммерческого распространения, которое было до конца 80-х годов. Поэтому плёночное производство стереофильмов по данной технологии было приостановлено в начале 90-х годов. Последняя попытка производства фильма плёночными камерами Стере-70 состоялась в июле 2009 года в Испании во время национального праздника San Fermin, где проходили съёмки трейлера стереоскопического фильма «Бег с быками» (“Running with Bulls”) – продюсер Chris Cary, режиссёр Aubrey Powell. Продюсерская компания «SanFermin» остановилась на плёночной технологии, так как фильм должен был быть в формате Гигантского экрана.

С приходом цифровых технологий основное направление нашей деятельности было направлено на разработку технологий, позволяющих использовать научный по-

тенциал системы «Стере-70» в создании стереофильмов, минуя 70-мм плёнку. Мы имели опыт производства кукольной анимации по системе «Стере-70» ещё с 70-х годов прошлого столетия. Но после ухода из производства 70-мм формата, кукольная анимация стала наиболее уязвимой в этом вопросе. Поэтому первым нашим шагом было создание технологии съёмки кукольных анимационных стереофильмов одним цифровым аппаратом для Гигантского экрана (Авторы Александр Мелкумов и Сергей Рожков). Первая презентация этой технологии прошла на второй Галвестонской конференции GSCA в США в сентябре 2006 года. А премьера первого стереофильма по данной технологии «Чучело», созданного совместно с эстонской студией кукольной анимации «NUKU-FILM», состоялась на Ванкуверской конференции GSCA в Канаде в 2007 году. В настоящее время по данной технологии снимается полнометражный фильм «Lisa Limonene» на той же студии.

Вторым нашим шагом было создание мини комплекса на базе двух камер Sony формата HDV (рис. 6). Эти малогабаритные камеры позволяли иметь базис съёмки, равный 68 мм, и их видеоискатели играли роль бинокулярной лупы. Для уменьшения базиса съёмки, необходимого для комфортной съёмки, по заданию ОАО «НИКФИ» МКБК разработало специальную призмennую насадку, уменьша-



Рис. 6. Стереокамера формата HDV

ющую базис съёмки в 2 раза до 34 мм, о чём подробно описано в статье «Стереосъёмка в цифровом формате».

В обоих случаях мы придерживались принципов расчёта стереопараметров по системе «Стере-70», и шаг за шагом приближались к идее создания специализированной цифровой стереокамеры, которая не уступала бы по удобству работы с плёночными камерами. Мы понимали, что для использования объективов «Стере-70» необходимо иметь цифровую камеру, как минимум, с двумя матрицами, равными 35-мм формату, или с одной матрицей формата 65-мм негатива. Одна из моделей цифровых камер компании «Vision Research», широко известных как «Phantom», получила приставку 65-мм именно из-за размеров применяемой в ней матрицы, соответствующей размеру кадра на 65-мм негативе – 51,2×30,5 мм.

Первое тестирование по вопросу возможности использования камеры «Phantom-65» с оптикой Стере-70 проходило в Испании параллельно со съёмками вышеупомянутого трейлера фильма «Бег с быками». Камера двига-

лась по канатной дороге, которая проходила по улицам по траектории бега быков. Впоследствии МКБК провело большую работу по адаптации объективов «Сtereo-70» к камере «Phantom-65». Недостаточно было просто сконструировать гнездо объективодержателя (рис. 7). В силу того, что высота матрицы превышала необходимый размер кадра по высоте на 25%, необходимо было создать между объективом и матрицей специальную кадровую рамку. Эта рамка специальной конфигурации одновременно выполняла светозащитную функцию от взаимного перекрытия световых потоков, падающих от правого и левого оптических блоков на матрицу (рис. 8).



Рис. 7. Гнездо объективодержателя и объектив «Сtereo-70»



Рис. 8. Кадровая рамка перед матрицей

Тестовые съёмки в цифровом формате с использованием объективов «Сtereo-70» были проведены в конце апреля 2010 года. В настоящее время завершены съёмки полнометражного фильма «Самый лучший фильм 3D», который продюсирует компания «Sony Pictures».

До полноценной цифровой стереокамеры, аналогичной плёночным камерам «Сtereo-70», недостаёт бинокулярной лупы для оперативной работы оператора. В настоящее время контроль ведётся по монитору, на который выведены изображения двух ракурсов стереопары.

Важным этапом в сохранении традиций системы «Сtereo-70» стало создание стереообъективов нового поколения принципиально новой конструкции, где механическая часть управления оптическими блоками заменена электронной (рис. 9). Управление такими параметра-

ми съёмки, как фокусировка, и выставление точки нулевых параллаксов происходит по радиоканалу.

Границы комфортно воспроизводимого пространства, определяемые по методике системы «Сtereo-70», запрограммированы в устройстве управления объективами. Они автоматически высвечиваются на дисплее при установке оператором дистанции нулевых значений параллаксов.

### Заключение

Использование двух камер в стереосъёмке столь же архаично, как если бы мы пытались сегодня использовать в цветном кино не многослойную цветную киноплёнку, а технологию съёмки камерами с тремя цветоделёнными чёрно-белыми плёнками. Система «Сtereo-70» с заложенными в ней принципами – одна камера, один объектив и один носитель – уникальна в своей оптической части. Однако, существующее решение адаптации стереообъективов к камерам «Phantom-65» пока ещё уступает плёночным камерам этой же системы. В отличие от плёночных камер Сtereo-70, где каждый 35-мм кадр стереопары имеет информационную ёмкость 4К, матрица камеры «Phantom-65» имеет общее разрешение 4К, то есть по 2К на каждый ракурс. Мы надеемся, что компании-разработчики цифровых камер в скором времени осознают необходимость создания камер с размерами матриц, соответствующими стандарту 65-мм кинематографа, так необходимых для полноценного и качественного производства стереофильмов. ■

### ЛИТЕРАТУРА

1. Болтынский А.Г., Овсянникова Н.А. Расчёты параметров стереосъёмки для кинопроекции. Сборник трудов НИКФИ, 1959.
2. Валюс Н.А. Стереоскопия. Изд. Академии наук СССР, 1962.
3. Валюс Н.А. Стереоскопия. Москва, 1974.
4. Мелкумов А.С. Новый ренессанс стереоскопии. ТТК, № 1, 2006.
5. Мелкумов А.С. Стереосъёмка кукольной анимации цифровым фотоаппаратом. ТТК, № 3, 2006.
6. Мелкумов А.С. Стереосъёмка в цифровом формате. МТК, № 4, 2008.
7. Мелкумов А.С. Для стереосъёмки нет надлежащего инструмента. ТТК, № 1, 2009.



Стереообъектив «ZEPAR»



«Phantom-65-Stereo-70» с объективами «Сtereo-70» (ОАО «НИКФИ»)



«Phantom-65-Stereo-70» с объективами «ZEPAR» (МКБК)

Рис. 9. Стереообъективы нового поколения



# ГИРОСТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС

## для проведения киносъёмок с подвижных оснований 2 ГСП

В.А. Бабенко, ведущий конструктор МКБК,  
А.А. Кокуш, руководитель компании «Фильмотехник», г. Киев

### Аннотация

В мае 2010 года исполнилось 30 лет со дня создания отечественного гиростабилизирующего комплекса для проведения киносъёмок с подвижных оснований 2 ГСП. В статье рассказывается об этапах разработки, изготовления и введения в эксплуатацию этого изделия.

**Ключевые слова:** гиростабилизатор, киносъёмочный аппарат, вертолёт, Олимпийские игры в Москве 1980 г.

GIROSTABILIZIRUJUSHCHY COMPLEX FOR CARRYING OUT FROM THE MOBILE BASES 2 GSP

V. Babenko, A. Kokush

### Abstract

In May 2010, 30 years from the date of creation domestic girostabilizirujushchy a complex for carrying out of filmings from the mobile bases 2 GSP were executed. In article it is told about development cycles, manufacturing and introduction in operation of this product.

**Keywords:** Girostabilizator, a movie camera, the helicopter, Olympic games 1980 in Moscow.

■ Лето 1988 года. Интернациональная творческая группа совместного советско-западногерманского фильма «Трудно быть богом», несмотря на жару 40°C, с интересом рассматривала приземлившийся на съёмочной площадке в горах Таджикистана военный вертолёт МИ-8. Из кабины пилотов торчало дуло пулемёта, снаружи на фюзеляже располагались кассеты маленьких ракет. Афганистан рядом, там идёт война. Боевому экипажу дали задание на несколько дней помочь киногруппе снять кадры с воздуха, с высоты 50–200 метров. Подъехала грузовая машина, с не меньшим интересом присутствующие, в том числе и экипаж, стали наблюдать за перегрузкой на винтокрылую машину незнакомой техники. Большую пространственную опору внесли в салон вертолёт и закрепили к штатным швартовочным кольцам на полу. К концу выдвинутой наружу стрелы пристыковали аэродинамический контейнер со стеклом, сквозь которое был виден в окружении вспомогательных механизмов на подвеске киноаппарат КСР-2М с кассетой 120 метров.

В салоне установили пульт для дистанционного управления съёмочным процессом с системой телевизионного визирования, блок питания, аккумуляторы. Обслуживающий персонал состыковал штепсельными разъёмами все узлы, как мог поудобнее устроился и включил на разгон гиromоторы. Командир вертолёт капитан Петров В.П. запустил двигатели и через несколько минут

поднял машину в воздух. Так в июле 1988 года началась постоянная эксплуатация гиростабилизирующего комплекса 2 ГСП.

Комплекс был разработан по техническому заданию, утверждённому техническим управлением Госкино СССР. Предполагалось изготовить его к лету 1980 года, к началу Олимпийских игр в Москве, с прицелом на проведение съёмок парусной регаты в Таллине или велогонок в Москве. Были определены основные участники-разработчики комплекса: МВТУ им. Н.Э. Баумана, НИКФИ, ЦКБК и МКБК.

МВТУ (кафедра гироскопических приборов) обеспечивало разработку принципиальной механической схемы, принципиальной электрической схемы, рекомендаций по элементной базе, настройку гироскопических узлов. В задачу НИКФИ входила разработка электронных и электронно-механических узлов, в частности, пульта управления комплексом. Разработка конструкции и изготовление этих узлов были поручены Опытному производству НИКФИ.

ЦКБК обеспечивало разработку и изготовление для трансфокатора 350ПФ15 системы управления параметрами «Дистанция», «Масштаб» и «Диафрагма». Головным исполнителем работ было назначено МКБК, в задачу которого входило согласование и составление поэтапных планов работ, общая компоновка комплекса, увязка всех узлов и всех проблем, разработка и изготовление

основных механических конструкций, доработка и подготовка киноаппарата 1КСР-2М с кассетой на 120 метров. Руководителем работ по теме был назначен В.А. Бабенко (МКБК).

В процессе согласования планов работ удалось подключить к этой теме Казанский филиал Московского вертолётного завода: по общей компоновке МКБК им был разработан и изготовлен аэродинамический контейнер для защиты аппаратуры от напора воздуха. В НИИ технического стекла для контейнеров было подобрано стекло от истребителя-бомбардировщика.

Были установлены исключительно сжатые сроки. Достаточно сказать, что от утверждения Т.З. до начала натурных испытаний пройдёт 1 год и 3 месяца. И если к маю 1980 года удалось вдохнуть жизнь в опытный образец, то это произошло благодаря хорошо продуманному техническому предложению, энтузиазму и квалификации разработчиков, дружеским и деловым отношениям между ними. Непосредственно перед Олимпиадой все монтажные работы были закончены.

Лабораторные испытания проводились на месте сборки. Ввиду отсутствия под рукой соответствующих мощных стендов, испытания проводили с помощью «палки и верёвочной петли». Два будущих кандидата технических наук раскачивали массу в 125 кг по тангажу. Два дипломированных инженера одновременно раскачивали по крену. Колебания комплекса по курсу решили не проводить, изготовление дополнительно механизма заняло бы несколько дней. Было что-то похожее на низкочастотную качку среднего катера. Техник руководил коллегами, наблюдая за испытаниями по контрольному монитору. Изображение «стояло». Можно было начинать натурные испытания. Рискнули совместить их со съёмками Олимпиады.

Комплекс отправили в Таллин для съёмок Олимпийской регаты. По прибытии изделие установили на катер. При волнении моря в 2–3 балла был получен хороший материал (в Москве командную и групповую велогонки успешно снял с использованием операторского кресла «Демпфер» оператор Валерий Ловков).

Первый опыт эксплуатации подтвердил правильность основных положений технического предложения, работоспособность всех узлов. Изделие было удобно в управлении, обеспечивало быструю адаптацию операторов к особенностям съёмочного процесса и, главное, показывало высокую эффективность: это наблюдалось уже на контрольном мониторе. Но комплекс всё-таки был опытным. Естественным было появление замечаний и пожеланий. Самым главным было наличие претензий к надёжности отечественных электро-радиоэлементов (Э.Р.Э.). Был составлен перечень необходимых доработок. Поскольку накал спал, разработчиков особо не то-

ропили, тем более, что им подкинули и другие работы. Тем не менее, к маю 1985 года доработки были закончены. Дополнительные испытания были проведены в лабораторных условиях по «отработанной» методике. Замечаний на этот раз не было. На какое-то время об изделии 2 ГСП забыли.

Но летом 1986 года к комплексу проявила интерес киностудия имени А.П. Довженко, в те времена самая продвинутая в вопросах разработки технических новинок и изобретений для кинопроизводства. Представитель студии начальник бригады производственно-экспериментальной лаборатории (ПЭЛ) А.С. Провозин ознакомился с конструкцией комплекса и материалами имеющихся испытаний. Изделие установили на грузовик, и повторили испытания на улицах Москвы на до-



Вертолёт МИ-8 с комплексом 2ГСП в горах Таджикистана

рогах с различным покрытием. Эффективность оценивали визуально по контрольному монитору, включая и выключая стабилизацию. Комплекс работал без замечаний. Техническое управление Госкино не возражало, и комплекс отправился в Киев. Специалисты ПЭЛа энергично взялись за освоение комплекса. Изучили электросхемы, выявили Э.Р.Э., определяющие работоспособность узлов изделия, и заменили их на более современные и надёжные. Была подготовлена автономная аппаратура для оперативного обнаружения отказов в электронных узлах, обеспечена надёжная пайка всех контактов и соединений, определён и включён в ЗИП набор запасных Э.Р.Э. и готовых электронных блоков. Доработка механических узлов не проводилась – не было необходимости. Параллельно шла подготовка по установке комплекса на транспортные средства. В качестве автомобильного носителя из-за наличия широкого проёма пассажирской двери был выбран студийный микроавтобус «Mercedes-Benz». Вертолёт особо выбирать не приходилось. Только в широкофюзеляжном МИ-8 можно было разместить и технику, и несколько человек из съёмочной группы. ОКБ имени М.Л. Миля рассмотрело и утвердило предложенную МКБК схему установки и крепления опоры с комплексом к штатным швартовочным кольцам в салоне МИ-8. Для экономии време-

ни опора была сварена из имеющихся на студии совсем не авиационных материалов, в основном, профилей из сталей марок Ст. 3 и Ст. 10. Несколько точных и наиболее ответственных деталей были сделаны в МКБК и на заводе «Москинап». Последние контрольные проверки на предмет установки и крепления опоры на вертолёт МИ-8, с возможностью установки на неё вне фюзеляжа гиросплатформы, проводились на Киевском аэродроме Борисполь. Больших проблем не было. Ещё проще обстояло дело с установкой комплекса (на технологическом стапеле) в салоне микроавтобуса. Получилось так, что проведение заключительных испытаний комплекса совпало с началом экранизации романа братьев Стругацких «Трудно быть богом». К этой работе приступили совместно кинематографисты Западной Германии

сто сумел устранить все неполадки. Можно было начинать работать. Режиссёром картины был Питер Фляшман. На земле снимал кинооператор Павел Тимофеевич Лебешев, ему помогал Ю. Яковлев. С вертолёта снимали Саша Провозин и А.П. Лемешев – кинооператор киностудии им. А.П. Довженко. Качество съёмок не требовало комментариев. Достаточно сказать, что в режиме зависания вертолёта, когда амплитуды его «болтанки» во всех направлениях максимальные, создавалось впечатление, что съёмка проводится с высокой скалы. А ведь фокусное расстояние трансфокатора было 500 мм. Было отснято 300 метров высококачественного материала, часть которого потом вошла в картину. Тем же путём техника и непосредственные исполнители вернулись в Киев.



Пульт управления комплексом 2 ГСП



Идёт монтаж комплекса на вертолёт, стекло закрыто чехлом

и студии им. А.П. Довженко. По сценарию предполагались съёмки в горах Таджикистана. Руководство студии предложило использовать в них 2 ГСП. В первых числах июля подвернулась «попутка» – самолёт АН-24, который перевозил в столицу Узбекистана команду дельтапланеристов. В Ташкенте микроавтобус достать не удалось, пришлось перевозить технику в Таджикистан, в город Куляб на грузовике МАЗ. Чтобы уменьшить вертикальные нагрузки, следовало по возможности загрузить машину, но возражал водитель. Пришлось поэтому постоянно напоминать ему ехать аккуратно. Дорога по горам не прошла бесследно. Электронику в отдельных местах растрясло. Но Саша Провозин по прибытии на ме-

Комплекс 2 ГСП долгое время находился на студии им. А.П. Довженко в компании «Фильмотехник» и являлся единственным в стране высокоэффективным устройством для проведения съёмок с подвижных оснований. Главные разработчики изделия: В.В. Фатеев, В.В. Козлов, В.Н. Евстратов, Г.А. Нестеров (МВТУ им. Баумана), Ю.И. Меламед (НИКФИ), А.М. Санцевич (Опытное производство НИКФИ); В.Н. Маслячков (ЦКБК), Б.К. Романов (Казанский филиал МВЗ), В.А. Бабенко и И.И. Смирнов (МКБК), имея ценный материал по эксплуатации своего детища и отработанную техническую документацию, с удовольствием продолжили бы работы по этой интереснейшей теме – страна большая, ещё 2-3 модернизированных комплекса

были бы востребованы. Авторы оформили заявки и получили несколько авторских свидетельств на свои изобретения. Но Техническое управление Госкино не проявило интереса к такой сложной работе.

Однако полученный опыт не пропал даром. Не теряя времени, в компании «Фильмотехник» нашли средства и заказали специалистам МВТУ им. Баумана для своих уже имеющихся уникальных кранов гиросtabilизированные головки. Именно в такой комплектации эти краны (главный конструктор Кокуш А.А., ведущий испытатель Золотарёв А.Н.) вывели компанию «Фильмотехник» в последующие годы в число лидеров мирового кинопроизводства. ■

### АВТОРСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА

1. Козлов В.В., Меламед Ю.И., Фатеев В.В., Бабенко В.А. Подвес трёхосного гиросtabilизатора киноаппарата. Авторское свидетельство №989321, 1983.
2. Фатеев В.В., Козлов В.В., Будкин В.Л. Трёхосный гиросtabilизатор киноаппарата. Авторское свидетельство №979855, 1981.
3. Фатеев В.В., Козлов В.В., Бабенко В.А., Меламед Ю.И. Гироскопический стабилизатор киноаппарата. Авторское свидетельство № 1455838, 1985.
4. Фатеев В.В., Козлов В.В., Бабенко В.А., Меламед Ю.И., Смирнов И.И. Трёхосный гиросtabilизатор киноаппарата. Авторское свидетельство № 1259775, 1984.
5. Санцевич А.М., Меламед Ю.И., Абанович Н.Н. Пульт управления. Авторское свидетельство № 20467, 1985.





# ЦВЕТНОЙ КИНЕМАТОГРАФ



(Продолжение, начало в МТК №№ 15, 16)

Н.А. Майоров,  
режиссёр, сценарист,  
член Международной Федерации журналистов

## Аннотация

Данная работа посвящена истории реализованных систем цветного кинематографа, первой из которых в 2009 году исполнилось сто лет. Излагаются принципы получения цветного киноизображения. В хронологическом порядке описываются разработанные на основе этих принципов и внедрённые в кинопроизводство в XX веке системы цветного кинематографа с указанием (в большинстве случаев) их разработчиков и первых цветных фильмов, снятых по каждой из них.

Ключевые слова: цветной кинематограф, аддитивный, субтрактивный, двухцветный и трёхцветный процесс, цветная фильмокопия, Бипак, Техниколор, Агфаколор.

## ■ DASCOLOR (Дасколор)

Разработал бельгийский химик М.Л.Ф. Дассонвиль (M.L.F. Dassonville) при участии известного киноинженера и промышленника Андре Дебри (Andre Debrie) в 1930 году.

Для съёмки использовалась специальная модель кинокамеры «Debrie» для бипака. С красно-оранжевого и сине-зелёного негативов последовательно на одну и ту же сторону нормальной позитивной плёнки печатаются два изображения.

## MAGNACOLOR (Магнаколор)

Американский аналог немецкой системы «UFACOLOR» (УФАколор), отличающийся тем, что в позитивной копии одна сторона плёнки вирируется в красно-оранжевый цвет ураном, другая – в синий цвет железным виражем.

## CINECOLOR (Синеколор) (США)

Процесс разработали Уильям Т. Крайспинэль (William T. Crispinel), Алан М. Ганделфингер (Alan M. Gundelfinger) в американской компании «Cinacolor Corporation» (Синеколор Корпорейшен) в 1932 году.

Съёмка проводилась по методу «Бипак» на негативном комплекте фирмы «DuPont Co.» – «Dupack», цветообразующими цветами были синий и оранжево-красный.

Цветная копия печаталась на двухсторонней плёнке

COLOR CINEMA

N. Majorov

## Abstract

The given work is devoted history of the realised systems of a colour cinema, first of which in 2009 was executed hundred years. Principles of reception of the color film image are stated. In a chronological order are described developed on the basis of these principles and introduced in film production in the XX-th century of system of a color cinema with instructions (in most cases) their developers and the first color films which have been removed on each of them.

Keywords: a Color Cinema, Additive Color Process, Subtractive Color Process, Two-coloured and Three-colored process, Color Print, BiPack, Technicolor, Agfacolor.

«Eastman duplitized film» с последующим вирированием одной стороны – железным виражем в сине-зелёный цвет, другой – в пурпурный цвет.

Процесс «Синеколор» точно и ярко воспроизводил красные, оранжевые, голубые, телесные и коричневые цвета, однако при воспроизведении ярко-зелёного и близких к нему цветов возникали проблемы яркости и соответствия цвета оригиналу. В различных модификациях процесс эксплуатировался с 1932 по 1955 год.

Учитывая специфику цветовоспроизведения, по системе «Синеколор» в основном снимались мультипликационные, короткометражные и документальные фильмы. Так, в сороковые годы XX века кинокомпания «Warner Bros.» использовала «Синеколор» для съёмки и тиражирования знаменитых мультсериалов «Looney Tunes», «Merrie Melodies», «Popeye the Sailor» и других.

Первый цветной игровой фильм по системе «Cinacolor» «THE GENTLEMAN FROM ARIZONA» (Джентльмен из Аризоны) вышел на экран 30 декабря 1939 года.

По системе «Cinacolor» были сняты:

- первый индийский и первый в Азии цветной игровой полнометражный фильм «KISAN KANYA», выпущен на экран в 1937 году;

- первый цветной номер киножурнала «NEW PATHE PICTORIAL» (Нью Патэ Пиктораль), выпущен на экран 18 сентября 1944 года в Великобритании;

- первый шведский цветной фильм «KLOCKORNA I GAMLA STA'N» (Колокола старого города), выпущен на экран 30 декабря 1946 года;

- первая американская цветная кинохроника о «Турнире роз» в Пасадене «Tournament of Roses and Rose Bowl Game» была снята кинокомпанией «Warner Brothers» и выпущена на экран 5 января 1948 года.

### **TECHNICROME (Технихром)**

Процесс разработан английским отделением компании «Technicolor» в 1948 году специально для съёмки Олимпийских игр 1948 года в цвете, так как у создателей официального Олимпийского фильма было опасение, что трёхцветных кинокамер «Technicolor» может не хватить для съёмки всех мероприятий Олимпиады в цвете.

24 сентября 1948 года по этой системе был выпущен цветной документальный фильм «XIV OLYMPIAD: THE GLORY OF SPORT» (XIV Олимпиада: Слава спорту). Фильм был выпущен в прокат по трёхцветной системе «Technicolor», по которой были сняты церемонии открытия и закрытия XIV Олимпиады и некоторые фрагменты соревнований, требующие полного воспроизведения всей цветовой гаммы. Сюжеты соревнований снимались по системе «Technichrome» на бипак, где цветообразующими цветами были синий и оранжево-красный. Часть фильма была полноцветной, а часть двухцветной, что объясняется преобладанием синих цветов в форме спортсменов и серого цвета газонов и цветников.

### **COLORATURA (Колоратура)**

Американский способ использовался компанией «Pathe Exchange, Bound Brook, New Jersey» (Патэ Эксчендж Баунд Брук, Нью-Джерси).

Съёмка производилась «бипачной» кинокамерой «Митчелл».

Процесс обработки плёнки и получения цветного позитива производился на непрерывно действующей машине по технологии, позволявшей производить одновременно окраску двух сторон плёнки в сине-зелёный цвет с одной стороны, и в красно-оранжевый цвет – с другой.

### **COLORFILM (Колорфильм)**

Американский способ, в котором съёмка проводилась обычной 35-мм кинокамерой, приспособленной для бипака.

Для печати позитива использовалась двухсторонняя плёнка «Dipo Film», которая проявлялась в стандартном

режиме. Затем обе стороны купанием вирировались урановым виражем в красно-оранжевый цвет. После этого та сторона плёнки, которая должна быть вирирована в сине-зелёный цвет, проходит над фитилями, подающими раствор железной соли и кислоты, превращающий красно-оранжевый цвет в сине-зелёный.

### **СОВЕТСКАЯ ДВУХЦВЕТКА**

Советский двухцветный субтрактивный процесс начал разрабатываться Лабораторией цветных изображений Научно-исследовательского кинофотоинститута (НИКФИ) с февраля 1931 года под руководством Н.Н. Агокоса, Ф.Ф. Проворова и П.М. Мершина, и уже в ноябре 1931 года они завершили опыты по разработке метода двухцветной съёмки.

В отечественном двухцветном процессе использовался комплект плёнок бипак (передняя плёнка – ортохроматическая, задняя плёнка – панхроматическая) «Agfa bipack film» или «Kodak» и кинокамеры для съёмки по методу «Бипак» – «Debrie», «Bell and Howell» и др.

После проявления сине-зелёный и красно-оранжевый цветоделённые негативы печатались на двухстороннюю плёнку «Agfa Dipo Film», затем одна сторона дипофильма вирировалась в красно-оранжевый цвет, другая – в сине-зелёный.



Бипак «Кодак» и цветной позитив с него на «Agfa Dipo Film» с оптической фонограммой из фильма «Артек» (1937)

Однако, в отличие от зарубежных аналогов, в советской двухцветке дефицитный и очень дорогой химикалий соль урана (азотнокислый уронил) для вирирования в красно-оранжевый цвет был заменён другим, более дешёвым и очень гибким отечественным виражем, дававшим богатую цветовую гамму.

Пионерами отечественного цветного кино был разработан не известный ещё к тому времени на Западе рецепт усилителя, который усиливает и красное, и синее изображения и позволяет корректировать цвет на любой из сторон дипофильма, исправлять ошибки всех процессов обработки плёнки. А также было разработано несколько типов ослабителей, которые позволяли довести процесс производства двухцветных фильмов до большой гибкости, давая возможность менять оттенки цветов до любой нужной степени.

Около двух лет занимался разработкой и освоением двухцветного процесса в НИКФИ первый советский цветооператор Фёдор Фёдорович Проворов. После получения первых положительных результатов он перешёл на киностудию «Межрабпомфильм», где с энтузиастами цветного кино Георгием Альфредовичем Рейсгофом, Василием Ивановичем Нестеровым и Николаем Васильевичем Коровкиным приступил к освоению производства по выпуску цветных фильмов.

В январе 1933 года режиссёр Николай Владимирович Экк, операторы Ф.Ф. Проворов и Г.А. Рейсгоф приступили к экспериментальным съёмкам в павильоне и на натуре по двухцветному методу первого цветного полнометражного игрового фильма. Эксперименты оказались удачными, и фильм был запущен в производство.

Первый советский цветной полнометражный художественный фильм «ГРУНЯ КОРНАКОВА» (Соловей-соловушка) был выпущен на экран 11 июня 1936 года в количестве свыше 60 цветных копий. Фильм с большим успехом прошёл по экранам не только Советского Союза, но и других стран мира.

В августе 1936 года операторы Ф.Ф. Проворов и Г.А. Рейсгоф за успешное освоение двухцветного метода съёмки получили денежные премии: первый – 2000 руб., второй – 1500 руб.

В период работы над фильмом «Груня Корнакова» оператор Ф.Ф. Проворов совместно с режиссёром Н.В. Экком сняли экспериментальный цветной фильм-концерт «КАРНАВАЛ ЦВЕТОВ».

«Карнавал цветов» вышел на экран 1 сентября 1935 года и показал зрителям все возможности цвета на экране.

Ф.Ф. Проворов совместно с В.А. Нестеровым, Г.А. Рейсгофом в качестве режиссёров-операторов, так же двухцветным методом, сняли цветной документальный фильм «Артек», который был выпущен на экран 1 января 1937 года.

7 мая 1937 года Главным управлением кинематографии был издан приказ об организации на «Мосфильме» отдела по производству трёхцветных фильмов и сосредоточении на «Союздетфильме» производства двухцветных фильмов.

Методом двухцветки в СССР были сняты:

- первый советский хроникальный цветной фильм «ЦВЕТУЩАЯ МОЛОДОСТЬ» (1938);

- первый украинский цветной игровой фильм «СОРОЧИНСКАЯ ЯРМАРКА» (1939);

- первый советский цветной фильм-сказка «КОНЁК-ГОРБУНОК» (1941);

- цветные художественные фильмы:

«Похождение медвежонка» (Рот-Фронт, 1937); «Весёлые артисты» (Союздетфильм, 1938); «Глядя на луч полярного заката» (Союздетфильм, 1938); «Хабанера» (Союздетфильм, 1938); «Майская ночь» (Киевская киностудия, 1941);

- цветные мультипликационные фильмы:

«Сказка о весёлом пастухе» (Межрабпомфильм, 1935); «Стрекоза и муравей» (Межрабпомфильм, 1936); «Жук в зоопарке» (Украинфильм, 1936); «Зазнавшийся цыплёнок» (Украинфильм, 1936);

- цветные документальные фильмы:

«Артек» (Рот-Фронт, 1937), «ДОМ СЧАСТЛИВЫХ» (1937), «МОЛОДОСТЬ ИДЁТ» (1939);

- цветные научно-популярные фильмы:

«Памятники эпохи Тимура» (Мостехфильм, 1938); «Регистан» (Мостехфильм, 1938); «Город Бухара» (Мостехфильм, 1941).

К счастью, большинство цветоделённых исходных материалов советских двухцветных фильмов сохранились в Госфильмофонде России, и сегодня, при желании и наличии средств, их можно с использованием современных компьютерных технологий восстановить в первозданном цвете. А в некоторых случаях добиться такого качества цвета, получение которого было невозможно из-за отсутствия химикатов и оборудования в те годы.



Цветной позитив на «Agfa Dipro Film» из фильма «Артек» (1937)



Цветной позитив на «Agfa Dipro Film» из фильма «Город Бухара» (1941)



Кадры из фильма «Молодость идёт» (1939)

## ТРЁХЦВЕТНЫЕ СУБТРАКТИВНЫЕ СПОСОБЫ

### UTOCOLOR (Утоко́лор)

Первый трёхцветный субтрактивный процесс, в котором три цветоделённых негатива печатались на одну позитивную плёнку с вирированием в соответствующие цвета, разработал в 1895 году Дж. Х. Смит (J.H. Smith). В этом же году по системе «Утоко́лор» был снят экспериментальный цветной фильм.

### SPLENDICOLOR (Спленди́колор)

Процесс был разработан в 1928 году и некоторое время применялся в США.

Описание устройства и принцип работы камеры не сохранились. Известно, что исходными материалами для печати цветной копии являлись три 35-мм цветоделённые киноплёнки.

Печать цветной копии с негатива, дающего синее изображение, производится на одной стороне плёнки и вирируется железным виражем. На другой стороне плёнки, на хромированной желатине печатаются жёлтое и пурпурное изображения, для этого поверхность дважды покрывается желатиной, сенсibiliзируется бихроматом, проявляется до получения рельефа и затем окрашивается.

### ZOECHROME (Зоэ́хром)

Процесс разработал Т.А. Миллс (T.A. Mills) в 1920 году.

По этой системе одновременно снимались четыре изображения: одно нормальных размеров в стандартном кадре и три маленьких кадра, уместяющихся на площади одного нормального кадра, через трёхцветные фильтры.

Цветная копия изготавливалась в несколько этапов. Сначала на позитивную плёнку печатали только нормальные кадры. После этого плёнка проявлялась, лакировалась, и наносился новый эмульсионный слой. На него печатали одно из маленьких цветоделённых изображений, увеличив его до полного совпадения размеров с большим изображением. Плёнка опять проявлялась и вирировалась красителем, затем лакировалась и покрывалась новым слоем эмульсии, на которую печатался следующий цветоделённый кадр. Последовательность операций повторялась и для двух оставшихся цветов. Из-за сложности процесса печати этот способ остался в стадии эксперимента и не нашёл практического применения.

### CHIMICOLOR «Чимиколор»

Процесс разработан в 1931 году итальянской компанией «Syndicate de la Cinematographe des Couleurs».

### GASPARCOLOR (Гаспарколор)

Процесс был разработан в Великобритании венгерским химиком доктором Бела Гаспаром (Bela Gaspar) в 1933 году и заложил основу для создания многослойных цветных плёнок.

#### Строение позитивной плёнки «GASPARCOLOR»



##### 1 - пурпурный слой.

Чувствителен только к синему свету, и на него через синий светофильтр производится печать с «зелёного» позитива.

##### 2 - жёлтый слой.

Чувствителен к красному свету и практически не чувствителен к синему свету, поэтому при печати синим светом на пурпурном слое - жёлтый слой не экспонируется. Поскольку пурпурный слой прозрачен для красного света, через него свободно печатают через красный светофильтр с «синего» позитива.

##### 3 - голубой слой.

Чувствителен только к синему свету, и на него через синий светофильтр производится печать с «красного» позитива.

Идея создания плёнки с тремя, наложенными друг на друга цветными слоями эмульсии, выдвигалась и К. Шинцелем (K. Schinzel), и Ф. Сфорца (F. Sforza), и многими другими изобретателями. Химики Б. Гомолка (B. Homolka) и Рудольф Фишер (Rudolf Fisher) в 1908 году открыли процесс образования цветных изображений при проявлении плёнки. Действие серебра как катализатора при восстановлении красителей некоторыми веществами открыл Христенсен (Hristensen). Немецкой фирмой «Нейе фотографисхе Гезельшафт» (Neue Photographische Gesellschaft) был запатентован процесс, в котором вещества, образующие соответствующий краситель, добавлялись в эмульсии, политые одна поверх другой. Затем проводилось экспонирование, последовательно с трёх цветоделённых негативов с соответствующими светофильтрами. Для образования красителей в каждом слое использовались специальные проявители.

Всё это были идеи, исследования, эксперименты... Но доктор Бела Гаспар стал первым, кто разработал и осуществил химический процесс создания много-

слойных окрашенных эмульсий и их проявления с образованием цвета в каждом слое.

Съёмка по методу «Гаспарколор» производилась на комплекте плёнок бипак фирмы «Gevaert», в котором плёнка, чувствительная к красному цвету, находится впереди, а чувствительная к зелёному цвету – позади.

Поскольку процесс обработки цветной копии происходит с обращением изображения, то для печати используются не негативы, а три цветоделённых позитива, отпечатанные с них. С этих позитивов производится печать цветной копии на специальной двухсторонней плёнке, одна сторона которой состоит из двух слоёв: пурпурного сверху и жёлтого снизу; на другой стороне находится третий, сине-зелёный слой. Благодаря тому, что каждый из этих слоёв чувствителен только к своему цвету, на каждом слое можно печатать независимо от других.

В 1933 году по системе «Gasparcolor» был выпущен первый цветной мультипликационный фильм «KREISE» (Круги) (1933).



Кадры из мультфильма «KREISE» (1933)

**KODACHROME (II) (Кодахром)**

Процесс разработан на основе идей Леопольда Маннеса (Leopold Mannes) и Лео Годовского (Leo Godowsky) в исследовательской лаборатории в Рочестере (США) для 16-мм киноплёнки фирмы «Eastman-Kodak».



Первая демонстрация цветных фильмов, снятых на плёнке «Kodachrome», состоялась 5 апреля 1935 года в лондонском отделении фирмы «Kodak», а затем

на IX Международном фотографическом конгрессе в Париже, где было показано несколько цветных фильмов.

В плёнке «Кодахром» применяется многослойная эмульсия, в которой, в отличие от «Гаспарколов», цвета в слоях образуются только в процессе обработки. Цветное изображение состоит из окрашенной желатины и не содержит серебра.

Цветная обратимая 16-мм киноплёнка «Кодахром» весной 1935 года поступила в продажу. Хорошая цветопередача и высокая чувствительность «Кодахром» сделали не конкурентно способной плёнку «Кодакolor», что привело к снятию с производства фотоматериалов с линзовым растром.

**DUNNINGCOLOR (Даннингколор)**

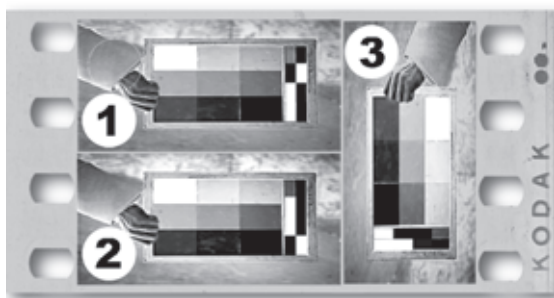
Процесс разработали Каррол Х. Даннинг (Carroll H. Dunning) и Додж Даннинг (Dodge Dunning) в 1937 году.

В этом же году выпущен первый цветной игровой фильм «Tehautepec».

**TELCO-COLOR (Телко-Колор)**

Процесс разработан в США в 1938 году.

Первый цветной фильм по этой системе «Cavalcade Of Texas» (Техасская кавалькада) выпущен на экран в 1938 году.

**COSMOCOLOR (III) (Космоколор -3)**

Негатив по системе «Cosmocolor (III)»:

1 – Красное; 2 – Зелёное; 3 – Синее

Система разработана Отто С. Гилмором (Otto S. Gilmore) в 1943 году. В основе системы лежало размещение трёх цветоделённых изображений на площади стандартного кадра. Принцип печати цветной копии не известен. Система «Космоколор-3» не нашла практического применения.

**FULLCOLOR (Фуллколор)**

Способ разработан в 1947 году, в этом же году по этой системе компанией «Film Classics» был повторно выпущен полнометражный цветной игровой фильм «The Goldwyn Follies», снятый кинофирмой «The Samuel Goldwyn Company» по системе «Technicolor» и выпущенный на экран 28 января 1938 года.

**POLACOLOR (Полаколор)**

Трёхцветный субтрактивный способ разработан в 1948 году компанией «Polaroid Corp.» в 1948 году.

**TRUCOLOR (Труколор)**

Процесс разработан в 1946 году компаниями «Republic Pictures company» и «Consolidated Film Industries». Сначала процесс разрабатывался как двухцветный на основе процесса «Prizma» Вильяма ван Дорин Келли (William van Doren Kelley) и «Multicolor» Уильяма Т. Креспинеля (William T. Crespinel), но на завершающем этапе разработки стал трёхцветным субтрактивным процессом. Процесс использовался компанией с 1946 по 1956 год, в основном, для съёмки вестернов.

15 июня 1946 года по этой системе был снят и выпущен на экран первый из них – «THE MAN FROM RAINBOW VALLEY» (Человек из радужной долины).

А музыкально-фантастический фильм «BILL AND COO» (Воркование), выпущенный на экран 28 марта 1948 года, был награждён Почётной медалью Американской киноакадемии в 1947 году. Фильм был интересен тем, что в нём в главных ролях снимались дрессированные птицы, переодетые в людей.

Всемирно известный кинорежиссёр Джон Форд (John Ford) в 1951 году снял по системе «Trucolor» цветной документальный фильм «THIS IS KOREA!» (Это Корея!).

**CINECOLOR II (СИНЕКОЛОП II, США)**

Трёхцветный субтрактивный способ «Cinecolor II» разработал Алан М. Ганделфингер (Alan M. Gundelfinger) в американской компании «Cinecolor Corporation» (Синеколор Корпорейшен) в 1948 году. Процесс «Cinecolor II» имеет и второе название: «Super Cinecolor» (Супер Синеколор).

Съёмка проводилась с призмой для разделения лучей (типа камеры «Техниколор») на комплекте плёнок би-пак фирмы «Kodak» для красного и зелёного цвета и отдельной плёнки для синего. Цветная копия печаталась на двухсторонней плёнке с последующим вирированием одной стороны – железным виражем в сине-зелёный цвет, другой – в пурпурный цвет. Третий, жёлтый цвет, наносился путём гидротипной печати поверх пурпурного изображения с рельефной матрицы.

1 марта 1951 года прошла премьера, и вышел на экран первый цветной игровой фильм по трёхцветной системе «Super Cinecolor» «THE SWORD OF MONTE CRISTO» (Меч Монте-Кристо).

**ТРЕХЦВЕТНЫЕ СУБТРАКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ С ЦВЕТНЫМ РАСТРОМ****JOLY COLOR SCREEN (Джолай Колор Скрин)**

Процесс с мозаичным цветным растром «Joly Color Screen» разработал Джон Джолай (John Joly) в 1895 году.

**WARNER-POWRIE (Уорнер-Поури)**

Процесс с мозаичным цветным растром «Warner-Powrie» разработал Джон Хатчисон Поури (John Hutchison Powrie) в 1905 году.

**LIGNOSE (Лигноз)**

Процесс с мозаичным цветным растром «Lignose» разработан в 1927 году.

**FINLAY COLOR (1) (Финли Колор)**

Процесс с мозаичным цветным растром «Finlay Color (I)» разработал Клэр Финли (Clare Finlay) в 1929 году.

**FINLAYCHROME (Финлихром)**

Процесс с мозаичным цветным растром «Finlaychrome» (Финлихром) разработал Клэр Финли (Clare Finlay) в 1931 году.

**ТЕХНИКОЛОР ВЕЛИКОЛЕПНЫЙ**

Почти полвека лидером в мировом кинематографе по качеству цвета и количеству фильмов, снятых по разработанным ею системам, была компания «Техниколор».

Компания «Technicolor Corporation» была основана в 1915 году Гербертом Т. Кальмусом (Herbert T. Kalmus), который вплоть до 1959 года был её бессменным директором и Президентом.

**«TECHNICOLOR - 1»**

В 1916 году Кальмус совместно с Дэниелем Ф. Комстоком (Daniel F. Comstock) и Бертоном Вескоттом (Burton Wescott) разработал аппаратуру для первого аддитивного цветного процесса «Technicolor».

21 сентября 1917 года в Нью-Йорке прошла премьера, и 25 февраля 1918 года был выпущен на экран первый цветной игровой фильм по двухцветной аддитивной системе Technicolor (процесс №1) «THE GULF BETWEEN» (Над пропастью).

Съёмка производилась однообъективной камерой, в которой через расщепляющую призму с красным и сине-зелёным светофильтром на одну обычную негативную киноплёнку снимались два, расположенных друг над другом, цветоделённых кадра со скоростью 16 пар кадров в секунду. Но, в отличие от системы «Kinemascope», съёмка обоих кадров велась одновременно, что исключало появление временного параллакса.

С негатива печаталась копия на обычной чёрно-белой позитивной плёнке, которая демонстрировалась через специальный проектор с двумя кадровыми окнами и дву-

мя объективами, перед которыми устанавливались, соответственно красный и сине-зелёный светофильтр. Для устранения вертикального параллакса в проекторе устанавливалась специальная призма перед одним из объективов.

Как мы видим, цветная система «Technicolor» (Процесс №1) была избавлена от главных недостатков других аддитивных систем: временного и пространственного параллакса, а также от повышенного мерцания изображения при последовательной проекции двух цветоделённых кадров. Система давала на экране вполне удовлетворительные для двухцветного аддитивного процесса цвета.

Главным её недостатками были потребность в специальной проекционной аппаратуре и необходимость корректировать кинемехаником призму проектора для совмещения двух цветоделённых изображений на экране.

Герберт Кальмус и его сотрудники понимали, что наилучшей для всеобщего внедрения будет такая система, в которой при кинопроекции ничего не надо будет менять, то есть получение цветного изображения на киноплёнке, пригодной для демонстрации на существующем проекционном оборудовании.

**«TECHNICOLOR - 2»**

В 1922 году Герберт Т. Кальмус и Дэниель Ф. Комсток ввели в эксплуатацию двухцветный субтрактивный процесс, принципиально отличавшийся от их первенца. Были разработаны новая съёмочная камера и новый процесс изготовления позитивных цветных копий, пригодных для демонстрации в любом кинотеатре на стандартной кинопроекционной аппаратуре.

Оптическая система новой кинокамеры значительно отличалась от камеры для аддитивного процесса «Technicolor-1». Съёмка производилась с частотой 32 кадра в секунду, то есть 16 пар красного и сине-зелёного цветоделённого изображения. Но оптическая система камеры переворачивает красные и сине-зелёные цветоделённые кадры «вверх ногами» по отношению друг к другу.

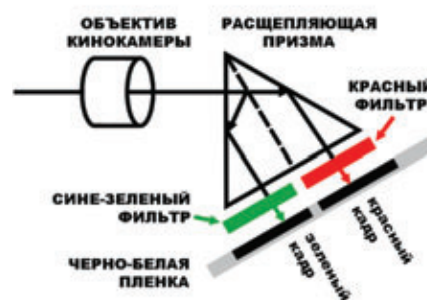
С полученного цветоделённого негатива на специальном копировальном аппарате с каждого негатива печатают позитив на позитивных плёнках, которые тоньше стандартной плёнки вполовину. Причём на одну из них печатается только одно из цветоделённых изображений, на-



Камера «Technicolor № 1» (1917)



Камера «Technicolor-2» и схема оптической системы (1922-1932)



пример – красное, а на другую – сине-зелёное. После проявления позитивы окрашиваются в дополнительные цвета: позитив с красного – в голубой цвет, сине-зелёный – в пурпурный цвет. Затем эти позитивы склеивались друг с другом со стороны подложки. Таким образом, получается одна позитивная копия стандартной толщины, дающая при просмотре на просвет цветное изображение.

Раздельная печать цветоделённых составляющих в системе «Technicolor-2» открывала широкие возможности для коррекции цветного изображения, позволила, изменяя тон и плотность используемых красителей, менять контраст и белизну каждого кадра, улучшая цветопередачу изображения. А также позволяла режиссёру и оператору решать художественные задачи и творчески использовать цвет.

26 ноября 1922 года в США выпущен на экран первый цветной полнометражный игровой фильм по двухцветной субтрактивной системе Technicolor (процесс № 2) «TOLL OF THE SEA» (Жертвы моря).



Цветоделённый негатив и цветной позитив по системе «Technicolor-2» из кинофильма «The Toll of the Sea» (Жертвы моря) (1922)

В 1924 году кинооператор Артур С. Миллер (Arthur C. Miller) снял первый цветной игровой фильм по системе «Technicolor-2» с использованием искусственного освещения «CYTHEREA» (Сайтерия).

8 марта 1926 года был выпущен в прокат один из самых лучших двухцветных фильмов по системе «Technicolor-2» «THE BLACK PIRATE» (Чёрный пират), в котором оператором Генри Шарпом (Henry Sharp) впервые были проведены цветные подводные съёмки.

По этой системе были сняты цветные эпизоды для двух десятков американских фильмов и более десяти полностью цветных фильмов. Среди них: «The Ten Commandments» (Десять Заповедей, 1923), «The Phantom Of The Opera» (Призрак оперы, 1925), «Ben Hur» (Бен Гур, 1925), «Marionettes» (Марионетки, 1925), «The Big Parade» (Большой парад, 1925), «The Merry Widow» (Весёлая вдова, 1925), «King Of Kings» (Король Королей, 1927) и другие.

Пятилетняя эксплуатация процесса «Technicolor-2» выявила его главные недостатки:

- высокая цена изготовления цветных фильмокопий;
- коробление плёнки при проекции и снижение резкости;
- увеличенное число царапин на двухсторонней эмульсии;
- низкая износостойкость склеенных плёнок.

### «TECHNICOLOR - 3»



Кинокамера «Technicolor» для съёмки по трёхплёночной системе

В 1928 году был введён в эксплуатацию процесс «Technicolor-3», использовавший для съёмки кинокамеру системы «Technicolor-2», но цветная копия изготавливалась методом гидротипной печати: с негатива печатались два цветоделённых позитива, из них изготавливались рельефные матрицы. С них производилась печать водорастворимыми красками на бланк-фильм (подробности в разделе «Technicolor-4»).

Разработка нового процесса началась в 1926 году. А в 1927 году кинокомпания «Technicolor Motion Picture Corp.» и «Metro-Goldwyn-Mayer» по системе «Technicolor-3» начали совместно выпускать короткометражные двухчастёвые цветные исторические фильмы из серии «Великие события» («Great Events» series). Первый из них «THE FLAG» (Флаг) был выпущен на экран 1 октября 1927 года.

2 ноября 1928 года выпущен на экран «THE VIKING» (Викинг) по двухцветной субтрактивной системе Technicolor (процесс № 3, гидротипная печать). Это был первый цветной звуковой (музыка и звуковые эффекты) полнометражный игровой фильм по системе «Movietone sound-on-film» с оптической фонограммой переменной плотности (variable-density optical track). Фильм стал одним из последних «звуковых» фильмов, снятых в Голливуде без синхронных диалогов персонажей.

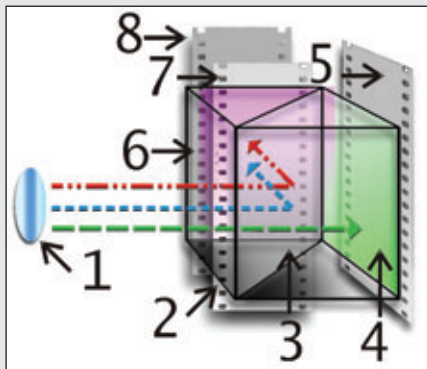
28 мая 1929 года в Winter Garden в Нью-Йорке прошла премьера первого 100% звукового цветного полнометражного игрового фильма студии Warner Bros в двухцветном Technicolor (Процесс № 3) «ON WITH THE SHOW» (Парад). Звуковая фонограмма была записана по системе «Western Electric Vitaphone sound-on-disk sound system».

### «TECHNICOLOR - 4»

Успешное внедрение двухцветного гидротипного способа печати цветных копий не остановило, а наоборот, подтолкнуло Герберта Т. Кальмуса и его компаньонов к созданию трёхцветной системы, обеспечивающей полную, естественную передачу всего спектра цветов.

Для получения трёх цветоделённых негативов по технологии «Technicolor-4» была разработана и в 1932 году изготовлена трёхплёночная кинокамера. В ней одновременно продвигались три негативные киноплёнки, чувствительные к разным зонам видимого спектра: одна – к синим лучам, две другие – панхроматические.

Оптическая система трёхплёночной кинокамеры «Technicolor-4»



Через объектив 1 проходит световой поток от объекта съёмки и попадает на призму-куб 2, которая расщепляет световой поток и направляет его на киноплёнки разной цветочувствительности.

Частично поток проходит через полупрозрачный отражающий слой 3, а затем через зелёный светофильтр 4 и попадает на киноплёнку 5, чувствительную к зелёным лучам, на которой снимается чёрно-белый негатив зелёной цветосоставляющей части изображения.

Другая часть светового потока отражается от полупрозрачного слоя призмы-куба 3 и через пурпурный светофильтр 6 падает на основу киноплёнки 7, эмульсионный слой которой чувствителен к синим лучам спектра и покрыт тончайшим красным светофильтром. Этот слой вплотную соприкасается с эмульсионным слоем киноплёнки 8, чувствительным к красным лучам.

Пройдя через основу киноплёнки 7, световой поток попадает на её эмульсионную поверхность, на которую снимается синяя цветосоставляющая часть изображения. Далее световой поток проходит через красный светофильтр на эмульсионном слое киноплёнки 7 и падает на киноплёнку 8, на которой образуется чёрно-белое негативное изображение красной цветосоставляющей части изображения.



Чёрно-белые цветоделённые негативы красного, зелёного и синего изображения, снятые трёхплёночной камерой «Technicolor» для первого цветного игрового фильма «La Cucaracha»

В процессе «Technicolor-4» с трёх цветоделённых негативов на специальной матричной плёнке печатали три цветоделённых изображения, из которых в результате специальной фотографической обработки получали рельефные матрицы.



Три чёрно-белых цветоделённых позитива красного, зелёного и синего изображения для последующего изготовления рельефных матриц

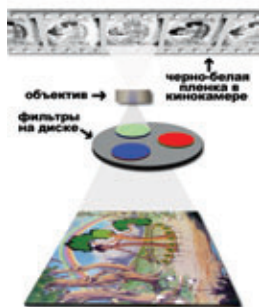


Схема съёмки мультфильмов по трёхцветной системе «Technicolor»



Матрицы для гидротипной печати

После окрашивания водорастворимыми красителями (жёлтым, пурпурным, голубым), матрицы поочередно приводились в контакт на специальных машинах с желатиновым слоем плёнки бланк-фильм, образуя на нём трёхцветное изображение.

Для придания цветному изображению большей резкости предварительно на бланк-фильм печатается слабое чёрно-белое позитивное изображение (обычно с «зелёного» негатива, как наиболее резкого и имеющего лучшую проработку в светах и тенях). Также предварительно печатается фотографическая фонограмма фильма.

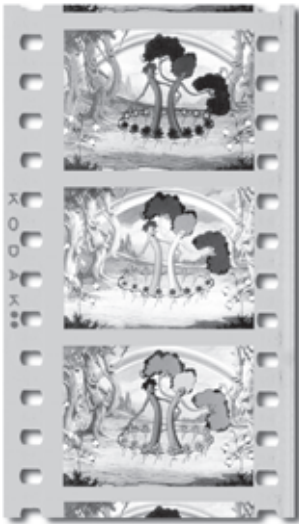


Слева «бланк-фильм», справа – полноцветная позитивная копия

Впервые процесс был реализован У. Диснеем, 30 сентября 1932 года выпустившего на экран первый цветной мультфильм «FLOWERS AND TREES» (Цветы и деревья), снятый по трёхцветной субтрактивной системе Technicolor (Процесс № 4). Съёмка велась на обычной мультстанке обычной 35-мм кинокамерой для покадровой съёмки, перед объективом которой устанавливается круг с тремя светофильтрами. Каждая фаза мультфильма снимается последовательно через синий, красный и зелёный фильтр. С проявленного негатива на специальном копировальном аппарате выпечатывались отдельно три цветоделённые плёнки для создания матриц красных, синих и зелёных цветов для дальнейшей печати гидротипных копий.

31 августа 1934 года вышел на экран «LA CUCARACHA» (Кукарача) – первый цветной игровой фильм, снятый по трёхцветной субтрактивной системе Technicolor (процесс № 4, гидротипная печать).





Цветоделённый позитив по системе «Technicolor» (сверху вниз: синий, красный и зелёный) из мультфильма «Цветы и деревья» (1932)

13 июня 1935 года выпущен на экран первый цветной полнометражный игровой фильм «BECKY SHARP» (Бекки Шарп), снятый по трёхцветной субтрактивной системе Technicolor (процесс № 4, гидротипная печать).

Выпущенный на экран 19 ноября 1936 года «THE GARDEN OF ALLAN» (Сады Аллаха) стал первым в мире фильмом, удостоенным премии «Оскар» за операторскую работу в цвете.

С 1936 по 1954 год лауреатами премии Оскар за операторскую работу в цвете стали еще 17 фильмов, снятых по трёхплёночной системе «Technicolor»:

«A Star Is Born» (Звезда родилась), США, Selznick International Pictures-United Artists, 1937. Оператор У. Хауард Грин (W. Howard Greene); «Sweethearts» (Возлюбленные), США, Metro-Goldwyn-Mayer, 1938. Операторы: Оливер Марш (Oliver Marsh), Аллен Дейви (Allen Davey); «Gone With The Wind» (Унесенные ветром), США, Metro-Goldwyn-Mayer, 1939. Операторы: Эрнест Холлер (Ernest Haller), Ли Гармес (Lee Garmes); «The Thief of Bagdad» (Багдадский вор), Великобритания, London Film Productions, 1940. Операторы: Осмонд Боррэдэйл (Osmond Borradaile), Жорж Периналь (Georges Perinal); «Blood and Sand» (Кровь и песок), США, 20th Century Fox, 1941. Операторы: Эрнест Холлер (Ernest Haller), Рей Реннахан (Ray Rennahan), Эрнест Палмер (Ernest Palmer); «The Black Swan» (Чёрный лебедь), США, 20th Century Fox, 1942. Оператор Леон Шамрой (Leon Shamroy); «Phantom of the Opera» (Фантом оперы), США, Universal Pictures, 1943. Операторы: Хал Мохр (Hal Mohr), У. Хауард Грин (W. Howard Greene); «Wilson» (Вильсон), США, 20th Century Fox, 1944. Оператор Леон Шамрой (Leon Shamroy); «Leave Her To Heaven» (Покинь её ради рая), США, 20th Century Fox, 1945. Оператор Леон Шамрой (Leon Shamroy); «The Yearling» (Годовалый оленёнок), США, Metro-Goldwyn-Mayer, 1946. Операторы: Чарльз Рошер (Charles Rosher), Леонард Смит (Leonard Smith), Артур Арлинг (Arthur Arling); «Black Narcissus» (Чёрный Нарцисс), США, Universal Pictures, 1947. Оператор Джек Кардифф (Jack Cardiff); «Joan of Arc» (Жанна Д'Арк), США, RKO Radio Pictures, 1948. Операторы: Уинтон С. Хок (Winton C. Hoch), Джозеф Валентайн (Joseph Valentine), Уильям В. Скалл (William V. Skall); «She Wore A Yellow Ribbon» (Она носила жёлтую ленту), США, RKO Radio Pictures, 1949. Оператор Уинтон С. Хок (Winton C. Hoch); «King Solomon's Mines» (Копи царя Соломона), США, Metro-Goldwyn-Mayer, 1950. Оператор Роберт Л. Сартис (Robert L. Surtees); «An

American In Paris» (Американец в Париже), США, Metro-Goldwyn-Mayer, 1951. Операторы: Альфред Джилкс (Alfred Gilks), Джон Олтон (John Alton); «The Quiet Man» (Тихий человек), США, RKO Radio Pictures, 1952. Операторы: Уинтон С. Хок (Winton C. Hoch), Арчи Стаут (Archie Stout); «Shane» (Шейн), США, Paramount Pictures, 1953. Оператор Лойал Григгз (Loyal Griggs).



Цветные кадры по трёхплёночной системе «Technicolor» (Процесс №4) из документального фильма «Coronation of Queen Elizabeth II» (Коронация королевы Елизаветы II) (1952)

21 ноября 1953 года выпущен на экран «FLIGHT TO TANGIER» (Рейс на Танжер) – первый из двух цветных стереоскопических фильмов, снятых по системе «Technicolor» (Процесс №4). Второй фильм – «Money From Home» был выпущен на экран 31 декабря 1953 года.

13 июля 1955 года в Нью-Йорке состоялась премьера вестерна «FOXFIRE» (Фосфоресцирующий свет), последнего цветного фильма, снятого по трёхплёночной системе «Technicolor».

В начале 50-х годов XX века негативно-позитивный процесс на многослойных цветных киноплёнках «Eastmancolor» полностью вытеснил трёхплёночные процессы съёмки, но большая часть прокатных копий печаталась гидротипным способом до 1975 года. Поэтому фраза: «Color by Technicolor» сохранилась на прокатных копиях, хотя процесс съёмки «Technicolor» фактически был заменён съёмкой на многослойной цветной киноплёнке, с которой печатались цветоделённые матрицы.

### СОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОТИПНЫЙ ПРОЦЕСС

С многослойного негатива производится печать на чёрно-белую панхроматическую киноплёнку за синим, зелёным и красным светофильтрами трёх цветоделённых позитивов. С них печатаются чёрно-белые контратипы, которые используются для печати матриц, служащих для переноса красителей на бланк-фильм. Однако в результате такого многозвенного процесса резкость и качество гидротипных позитивов ухудшаются. Поэтому в настоящее время матрицы печатают непосредственно с многослойного негатива, для чего применяют три чёрно-белые зональные киноплёнки. Они чувствительны, соответственно, к синему, зелёному и красному участкам спектра. Следовательно, при непосредственной печати с многослойного негатива можно отпечатать три цветоделённые матрицы. Таким образом, устраняются две операции печати, и качество цветных позитивов значительно улучшается. ■

*Продолжение следует*