

№13 СОДЕРЖАНИЕ

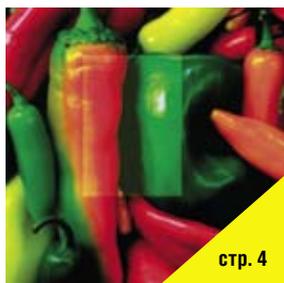


стр. 2

Новости, обзоры

Новости, конференции

2



стр. 4

Технологии

М.Д. Хорунжий

Анализ искажений цветопередачи экранных изображений посредством пространственного приложения модели LAB

4

И.Г. Дауров

Практика использования стереокомплекса для съёмки цифрового контента Full HD 1920x1080/50i

12

Доклады

С.Б. Бирючинский

Киносъёмочные стереообъективы высокой чёткости

19

И. Женте, М.К. Шевцов

Современная голография и музеи: возможности и практика

23

С. Захаровас, Е. Кучин, А. Никольский

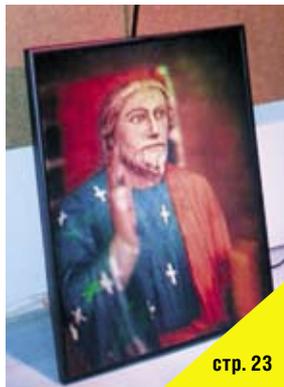
Получение цветных цифровых голограмм с помощью мобильного телефона

26

В.А. Ванин, Б.Г. Турухано, В.А. Шулаков

Голография – философская основа и научный инструмент нанотехнологий

28



стр. 23

Мастер-класс, семинары, новости SMPTE, отзывы

О.В. Андреева

Терминологический словарь по прикладной голографии

31

SMPTE Motion Imaging Journal, May/June 2008 by Richard Patterson, пер. В. Сычёва

Оценка метрик плотности для сканирования кинонегативов

33



стр. 39

Страницы истории кино

Н.А. Майоров

Первые в анимации

39

Требования для публикаций 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:
 - аннотацию (или реферат) на русском и английском языках;
 - ключевые слова;
4. С авторами заключается лицензионное соглашение на публикацию;
5. Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

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
Верстка и дизайн:
Саксина 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»
Одинокоев 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 6 п.л. Заказ № 0903.
Тираж 1500 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, e-mail: kevin@paradiz.ru
телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97



Новости и конференции

■ 29–30 июня 2009 г. в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» прошла 7-ая Международная конференция «Телевидение: передача и обработка изображений», посвящённая 150-летию со дня рождения А.С. Попова, изобретателя радио. Программу конференции и перечень докладов Вы сможете посмотреть на сайте www.tvconference.ru.

■ 1–2 июля 2009 года в Киеве прошла 6-ая Международная конференция «ГОЛОЭКСПО-2009». Наибольший интерес для кинематографистов представляли доклады на секциях: «Изобразительная голография и отображение 3D объектов на основе оптических и голографических методов» и «Системы оптико-голографической памяти, голографические фильтры и корреляторы». Впервые на конференцию докладчики приехали с новыми работающими приборами и новыми готовыми решениями: изготовлен компактный переносной голографический сканер для съёмки музейных объектов, разработана новая эмульсия для получения цветных голограмм, отработана методика получения цветных голограмм с помощью мобильного телефона, открыт в Санкт-Петербурге Музей оптики, который создан в рамках инновационной образовательной программы Университета ИТМО. С некоторыми докладами этой конференции Вы можете ознакомиться на стр. 19–29 этого номера журнала.

■ 2–3 июля Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения, Международная ассоциация производителей вещательного оборудования, фирма «ДИП», Студенческое научное общество, Совет молодых учёных, Студенческая секция IEEE провели в Санкт-Петербурге 7-ю Международную научно-техническую конференцию и конкурс студенческих работ по теме «Цифровые и информационные технологии в электронной медиаиндустрии-2009». Конференция прошла на кафедре видеотехники Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения в лаборатории телевидения. В оргкомитет конференции вошли: К.Ф. Гласман – заведующий кафедрой видеотехники СПбГУКиТ, член программного комитета конференции IBC, председатель оргкомитета; А.В. Белозерцев – научный руководитель студенческого научного общества СПбГУКиТ; А.В. Бабаян – председатель профкома студентов и аспирантов. Тематика конференции отражает современное состояние и перспективы развития электронной медиаиндустрии. Помимо Университета кино и телевидения учредителями и спонсорами студенческого форума выступили фирма «ДИП», Международная ассоциация производителей вещательного оборудования IABM (International Association of Broadcasting Manufacturers), Междуна-



На открытии 6-ой Международной конференции «ГОЛОЭКСПО-2009».

Слева направо: Бейлин Георгий Владимирович, технический директор спецпредприятия «Голография», г. Киев, Украина; Богачевская Елена Николаевна, генеральный директор ЗАО «ХолоГрэйт», г. Санкт-Петербург, Россия; Бобореко Александр Георгиевич, директор ЗАО «Голографическая индустрия», г. Минск, Республика Беларусь; Одинокоев Сергей Борисович, председатель организационного комитета конференции, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия



Обсуждение докладов в перерыве на конференции «ГОЛОЭКСПО-2009».

родный съезд вещателей IBC (International Broadcasting Convention), а также MovieLocker.com, ФГУП «Научно-исследовательский институт телевидения» и компания «Невафильм».

К участию в конференции «Цифровые и информационные технологии в электронной медиаиндустрии»



Дипломанты и члены жюри 7-ой конференции «Цифровые и информационные технологии в электронной медиаиндустрии-2009»

принимались работы, выполненные студентами и аспирантами в области техники и технологии теле- и радиовещания, кино и медиабизнеса. В общей сложности было представлено двадцать технических работ, посвящённых актуальным проблемам телевидения и цифрового кинематографа.

Более подробно об этой конференции можно прочитать на сайте <http://gukit.ru/sno/v-09/about.php>

■ С 5 по 13 июля в городе Памплона (север Испании) во время национального праздника San Fermin проходили съёмки стереоскопического фильма «Бег с быками» (“Running with bulls”) – продюсер Chris Cary, режиссер Aubrey Powell.

Английская компания “San Fermin Film”, в поисках технологической системы для производства стереофильма сделала свой выбор в пользу российской системы «Стерео-70». Сравнительно малый вес камер (8–15 кг), большая информационная ёмкость 65мм кинонегатива относительно цифровых матриц на сегодняшний день максимально отвечает потребностям производства стереофильма для гигантского экрана (Giant screen), именуемого в просторечье IMAX. С английскими кинооператорами был проведён экспресс-мастер-класс по оперативному управлению стереопараметрами. Совместно со специалистом компании Vision Research – Phirose Dala, который прибыл в Испанию с цифровой стереокамерой Phantom-65, были проведены экспериментальные съёмки с использованием стереообъектива системы «Стерео-70» (F-35-мм), для которого специалистами МКБК был изготовлен объективодержатель для передней панели камеры. Съёмки показали, что у такого тандема есть большое будущее. Параллельно на площадке работала и Испанская компания – D4D Ingenieria Visual S.L. (директор Enrique Martines и стереограф Alfredo Gonzales), которая вела стереосъёмки системой вертикального расположения

двух камер RED через полупрозрачное зеркало. Некоторые эпизоды праздника снимались мобильной стереосистемой формата HDV, разработанной в ОАО «НИКФИ». Таким образом, в Испании, в июле 2009 года впервые имело место широкое сравнительное тестирование разнообразных форматов и технологических систем для производства стереофильмов. Презентация трейлера фильма уже заявлена на очередной международной конференции GSCA (Ассоциация производителей фильмов гигантского экрана), которая пройдет в сентябре в г. Индианаполис (США) (информация от А. Мелкумова). ■



А.С. Мелкумов в Испании



АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ ЭКРАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСРЕДСТВОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ МОДЕЛИ LAB

М.Д. Хорунжий,
аспирант СПбГУКиТ

Аннотация

Определение цветовых различий между двумя стимулами является важной задачей колориметрии и цветовоспроизведения в информационных системах. Под стимулом в данном контексте понимается цифровое изображение, исследуемое при воздействии искажающих факторов светлоты, цветового тона и насыщенности и формирующее реакцию зрительной системы человека в виде изменения цветовых ощущений. Одной из задач моделирования качества цветных цифровых изображений является установление взаимосвязи между субъективной оценкой цветовых ощущений и объективными критериями цветовых различий между парами изображений, без необходимости знания факторов искажающих изображения.

Ключевые слова: цветовое различие изображений, видеопроекция, многомерное шкалирование, качество изображений, сенсорная характеристика.

DISTORTION ANALYSIS OF COLOR RENDERING SCREEN BY SPATIAL APPLICATION LAB MODEL

Abstract

Determination of color difference between two stimuli is an important problem of colorimetry and color reproduction in informational systems. Under stimulus as used here intend digital image, investigated by effect of distorting factors such as color value, hue and saturation and being produce reaction of human visual system as changing color perception. One of the principal problems of digital color image quality modeling is establishment of correlation between subjective estimation of color perception and objective criteria of color difference between pairs of images with the comprehension of the image distortion factors being not necessary.

Keywords: color image difference, video projection, multidimensional scaling, image quality, sensory characteristic.

Введение

В настоящее время двух- и трёхмерные цветовые пространства, используются для создания, представления и визуализации цветов. Цвет обычно измеряется в единицах системы LAB, используемой в любых колориметрах или специальных системах отображения данных и системах кадровой обработки изображений. LAB представляет собой международный стандарт для цветовых измерений, принятый Международной Комиссией по Освещению (МКО) в 1976 г [1]. Оценки в системе LAB являются стандартом, который определяет, как преобразовать физические измерения изображений в ощущаемые различия.

Работа посвящена новой методике анализа искажений цветопередачи с помощью построения сенсорных зависимостей, которая далее автором подробно рассматривается и доказывается.

Цель настоящей статьи заключается в исследовании хроматического и светлотного контраста двух полей изображения объекта с их точным спектральным измерением. Эта задача решается с помощью создания струк-

туры исследуемых цветных стимулов, ранжированных по субъективным предпочтениям, а также аналитически полученным оценкам межстимульного цветового различия. Математическая обработка экспертных оценок и объективных параметров осуществляется с использованием методов многомерного шкалирования [2]. Кроме того, в данной работе рассматривается качество цветных изображений, импортированных и обрабатываемых программой в виде части слайда. Эти воздействия оцениваются через измерение ошибки цветовоспроизведения ΔE_{ab} по модели П-МКО LAB, возникающей между оригинальным цветным цифровым изображением и цифровым цветным изображением с вносимыми искажениями характеристик цвета, представленными программой. В итоге мы сопоставляем цифровые изображения в их оригинальном формате с таким же изображением, импортированным с помощью программы и представленной как часть слайда. Рассматривается воздействие искажающих факторов на цветной контент, но влияние устройства отображения, в качестве которого используется видеопроектор, не учитывается.

1. Теоретические основы исследования

Ощущаемое цветовое различие характеризуется пороговой чувствительностью, т.е. минимальным требуемым различием между двумя стимулами, которое выявляется как ощущаемое различие. Если евклидовы расстояния между двумя точками в цветовом пространстве пропорциональны ощущаемым цветовым различиям, цветовое пространство является равномерным и оптимальным для установления значений допусков на цвет в системах цветовоспроизведения. Множество попыток исследователей привели к созданию МКО равномерных цветовых пространств – LUV и LAB [4, 5]. Цветовое пространство LUV ещё применяется для исследований, но наиболее широко используется пространство LAB, несмотря на то, что оно не может рассматриваться как равномерное, как это утверждается, и многие свойства цвета данная модель не может предсказать [5]. Цвет определяется в этом пространстве через координаты L^* , a^* , b^* , которые получают преобразованием координат цвета X, Y, Z :

$$L^* = 116f(Y/Y_n) - 16 \quad (1.1)$$

$$a^* = 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \quad (1.2)$$

$$b^* = 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)], \quad (1.3)$$

где функция $f(\cdot)$ определяется как

$$f(x) = x^{1/3} \quad x > 0,008856 \quad (1.4)$$

$$f(x) = 7,787x + \frac{16}{116} \quad x \leq 0,008856, \quad (1.5)$$

где X_n, Y_n и Z_n – нормированные значения координат цвета белой точки [1]. Аналогично цветовой тон и насыщенность могут быть рассчитаны по формулам:

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1.6)$$

$$h_{ab} = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (1.7)$$

Цветовое различие в LAB рассчитывается как евклидово расстояние между двумя цветами в цветовом пространстве [4, 5]:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1.8)$$

Использование вышеуказанных величин яркости цвета L^* , насыщенности C_{ab}^* , цветового тона h_{ab} может способствовать интуитивному пониманию цветового пространства LAB, относя их к перцептивным свойствам цветов. Также важное значение имеет оценивание каждой из величин пространства LAB отдельно. Для этого разбиваем цветовое различие на составляющие яркости, насыщенности и цветового тона, сумма квадратов которых и даст нам искомое цветовое различие ΔE_{ab}^* , а величина ΔH^* называется МКО 1976 различием по цве-

товому тону, рассчитываемым в соответствии со следующей формулой [5]:

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2}. \quad (1.9)$$

С помощью выражения (1.8) можно рассчитать различие между цветами, в соответствии с возникающими ощущениями. Однако, как было приведено выше, цветовое пространство МКО LAB не является всецело равномерным, цветовое различие ΔE_{ab}^* не совершенно. Необходимо отметить, что во всех разрабатываемых моделях цветовое различие не должно превышать пяти порогов чувствительности ($\Delta E_{ab} \leq 5$) [5].

В данной статье для ранжирования попарно стимулов по степени различия цвета и выявления количественной и качественной взаимосвязи при парном сравнении групп исследуемых искажающих факторов (светлоты, контраста, насыщенности и цветового тона) используются методы многомерного шкалирования [2].

Задача многомерного шкалирования в самом общем виде состоит в том, чтобы выявить структуру исследуемого множества стимулов. Процедура построения структуры опирается на анализ объективной или субъективной информации о близостях между стимулами либо информации о предпочтениях на множестве стимулов.

Для построения искомого координатного пространства используется достаточно разработанный аппарат линейной или нелинейной оптимизации. Обычно используется метрика Минковского [6]:

$$d_{jk} = \sqrt[p]{\sum_{t=1}^r |x_{jt} - x_{kt}|^p},$$

где r – размерность пространства, d_{jk} – расстояние между точками, соответствующими j -му и k -му стимулам, x_{jt}, x_{kt} – величины проекций j -й и k -й точек на t ось. Наиболее распространёнными её случаями является евклидова метрика ($p=2$).

Вводится критерий качества отображения, называемый «стрессом», который измеряет степень расхождения между исходными различиями D_{jk} и результирующими расстояниями d_{jk} . Ищется такая конфигурация точек, которая давала бы минимальное значение этому «стрессу». Значения координат этих точек и являются решением задачи многомерного шкалирования.

В зрительных исследованиях наиболее важный параметр, который эффективно выявляет контуры, – это функция передачи модуляции (ФПМ) [7]. В настоящий момент существует несколько математических моделей зрительного анализатора [7, 8]. Бартен предложил модель функции передачи контраста зрительного анализатора, в которой порог зрительной модуляции синусоидальной миры представлен в виде функции от большого числа переменных порогов зрительной модуляции [7]. Функция передачи модуляции используется как пороговая функция модуляции так, чтобы едва заметное различие на любой пространственной частоте было одинако-

вым. Функция, используемая Бартемом, это комплексная модель, которая учитывает множество факторов при наблюдении изображения. Различные факторы зависят от многих аспектов условий наблюдений, включая яркостную адаптацию, расстояние наблюдения, размер изображения, время наблюдения и т.д. [7].

Минимально заметная модуляция для синусоидального сигнала:

$$m = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{(L_{\max} + L_{\min})} = \frac{\Delta L}{2 \times L_{\text{среднее}}}, \quad (1.10)$$

где L_{\max} , L_{\min} – максимальное и минимальное значение яркости, ΔL – различие между L_{\max} и L_{\min} , и $L_{\text{среднее}}$ – среднее L_{\max} и L_{\min} .

С использованием известных выражений для синусоидальной миры с изменениями яркости, необходимо определить следующие параметры для синусоидального пространственного представления цвета:

- Координаты точки в цветовом пространстве, вокруг которой создается изменение характеристик цвета. Этот параметр, который обозначим S_m , аналогичен средней яркости синусоидальной миры.

- Бесконечно малое приращение вектора, ΔS . Этот вектор характеризуется как расположением в пространстве, так и по модулю: $\Delta S = |\Delta S| \bar{u}$, где \bar{u} – единичный вектор в направлении изменения.

Координаты цветности при пространственном приложении функции $S(x,y)$ определяются следующим выражением [8,9]:

$$S(x,y) = S_m + \Delta S \sin 2\pi(f_x x + f_y y),$$

где f_x , f_y – пространственные частоты вдоль оси x и y , приведённые к изображению, $\frac{\text{период}}{\text{градус}}$. Под ними (частотами) понимается количество периодов модулированного синусоидального сигнала, приходящихся на градус угла поля зрения стандартного наблюдателя по МКО 1931.

Если рассмотреть каждый компонент предыдущего выражения:

$$S_i(x,y) = S_{mi} + \sin 2\pi(f_x x + f_y y) \Delta S_i,$$

где $i = \{1-3\}$ – количество координат цветности;

Далее можно определить контраст для каждой координаты цветности аналогично выражению (1.10):

$$K_i = \frac{S_{\max i} - S_{\min i}}{S_{\max i} + S_{\min i}} = \frac{S_{mi} + \Delta S_i - (S_{mi} - \Delta S_i)}{S_{mi} + \Delta S_i + (S_{mi} - \Delta S_i)} = \frac{\Delta S_i}{S_{mi}} \quad (1.11)$$

Количественная оценка хроматического и светлотного контраста рассчитывается по следующим формулам (1.12–1.14). Результаты расчётов представлены в виде графиков на рис. 4 – 6.

Дифференциальный порог модуляции для синусоидального пространственного представления цветового

тона K_k и K_3 на основании выражения (1.11) можно определить по следующим формулам:

$$K_k = \frac{\Delta H_k}{h_{k\text{эм}}}, \quad K_3 = \frac{\Delta H_3}{h_{3\text{эм}}}, \quad (1.12)$$

где ΔH_k , ΔH_3 – различие по цветовому тону для красного и зелёного тестовых полей соответственно, определяемое по формуле (1.9);

$h_{k\text{эм}}$, $h_{3\text{эм}}$ – значения цветового тона на эталонном зелёном и красном тестовом поле, соответственно, рассчитанное по формуле (1.7).

Относительный контраст $T1$ по искажениям цветового тона между зелёным и красным тестовыми полями изображения:

$$T1 = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{K_{\max} + K_{\min}}, \quad (1.13)$$

где K_{\max} и K_{\min} – максимальное и минимальное значение порога модуляции для каждого искажённого стимула в сопоставляемых полях (по выражению (1.12)).

Контраст по насыщенности $T2$ определим из выражения:

$$T2 = \frac{C_{\max}^* - C_{\min}^*}{C_{\max}^* + C_{\min}^*}, \quad (1.14)$$

где C_{\max}^* , C_{\min}^* – максимальное и минимальное значение насыщенности в сопоставляемых полях.

Изменение светлоты стимулов можно определить по формуле (1.10) с учётом того, что $\Delta L = L_{\text{пробы}} - L_{\text{эталона}}$, где $L_{\text{пробы}}$, $L_{\text{эталона}}$ – яркость цвета пробы и эталонного стимула соответственно.

2. Экспериментальная часть исследования

2.1. Методика эксперимента

В качестве исследуемого цифрового изображения применили эталонный тестовый стимул «Peppers» размером 512x512 пикселей (рис. 1). На протяжении всего эксперимента исследовались два цветных поля в изображении, условно названные «перец зелёный» и «перец красный». Все стимулы были представлены в виде полноэкранных цветных слайдов в формате Power Point.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2. На первом этапе исследователь создаёт тестовые стимулы с искажениями светлоты, контраста, насыщенности и цветового тона посредством устройства формирования базы данных тестовых стимулов (УФБД), в состав которого входит персональный компьютер с программным обеспечением MATLAB R2007a. Затем тестовые стимулы предъявляются испытуемому с помощью устройства отображения тестовых стимулов (УО), в которое входит персональный компьютер, видеопроектор и экран. Оценки испытуемых фиксируются средством регистрации ответов испытуемых (СРОИ) и далее поступают в блок средств обработки полученных данных (СОПД). На втором этапе измерительное устройство (ИУ) осуществляет снятие характеристик цветных стимулов с УО. Результаты



Рис. 1. Тестовый стимул «Peppers»

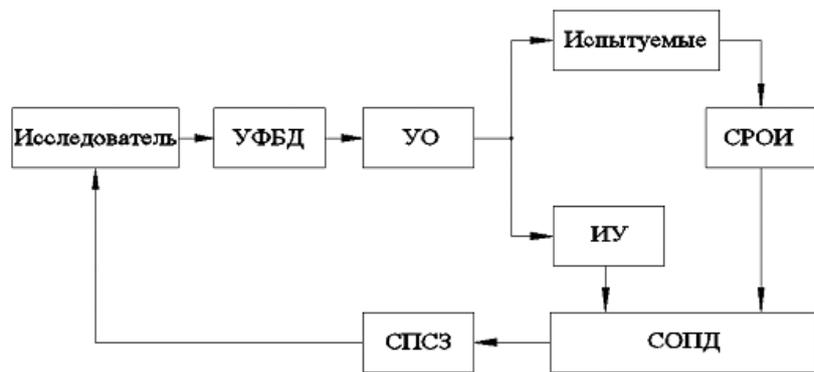


Рис. 2. Общая схема экспериментальной установки

измерений также поступают в СОПД. После проведённого анализа данных осуществляется визуализация полученных результатов посредством программных средств построения сенсорных зависимостей (СПСЗ).

Спектральное распределение модулированного светового потока и координаты цвета измерялись с использованием спектроколориметра ТКА-ВД/01 [10]. В экспериментальной установке применялся видеопроектор InFocus LP820, откалиброванный в соответствии с источником D65, с использованием специального программного обеспечения [11, 12]. Сигнал в цветовом пространстве ISO RGB через разъём D-sub pin15 с аналоговой видеокарты УФБД поступал на вход УО.

2.2. Психофизический эксперимент

Цель экспертного оценивания: определить пороговую чувствительность зрительного анализатора (ЗА) человека к изменению влияющих факторов – контраста, светлоты, цветового тона и насыщенности. Методы шкалирования экспертных оценок с построением сенсорной характеристики зрительного анализатора по чёткости, известные из психофизических исследований, могут быть использованы для определения цветовых различий в изображениях [13]. Каждый эксперимент содержал эталонное изображение и серию из 11 изменённых изображений.

Испытуемые. В эксперименте участвовали двадцать пять студентов СПбГУКиТ (пятнадцать студентов мужского пола и десять женского), на момент проведения эксперимента в возрасте от 19 лет до 21 года, с нормальным цветовым зрением, проверенным по полихроматическим таблицам Рабкина и Юстовой [14, 15].

Каждое эмпирическое наблюдение проводилось в совершенно тёмной комнате, с соблюдением фотопических условий. Изображения были представлены на белом фоне с яркостью 48 кд/м², что оказывает благотворное влияние на психофизиологическое состояние испытуемых. Снижается утомляемость и повышается концентрация внимания [8]. Высота экранного изображения составила H_э = 1470 мм, ширина экранного изображения В_э = 1960 мм. В течение проведения эксперимента каждый испытуемый был полностью независим от других.

Расстояние от зрительного анализатора (ЗА) испытуемых до экрана составляло S_э = 3,5H_э = 5145 мм [8]. В экспериментах использовался эффект повышенной цветовой адаптации зрения испытуемых, что позволяло повысить достоверность результатов [3]. Поэтому межстимульный интервал составлял 0,5 с, а время предъявления стимула составляло 7 с. Всего было 44 стимула. Из них: 11 стимулов с изменением светлоты, 11 стимулов с изменением контраста, 11 стимулов с изменением насыщенности, 11 стимулов с изменением цветового тона.

Инструкция. Испытуемому предъявлялись пары стимулов, и он оценивал степень отличия стимулов целыми числами от 0 (идентичные стимулы) до 9 (максимально различные стимулы) [16]. Оценивание изображений в баллах производилось с использованием процедуры анкетирования. Стимулы разбивались на четыре группы и предъявлялись в рамках одной группы, но в случайном порядке. При наблюдении искажённых изображений на экране испытуемые отвечали на следующие вопросы:

1. Обладают ли два стимула одинаково ощущаемым цветовым тоном?
2. Обладают ли два стимула одинаково ощущаемой насыщенностью?
3. Обладают ли два предъявляемых стимула одинаково ощущаемым хроматическим контрастом?

От испытуемых требовалось зарегистрировать визуально заметное изменение искажённых характеристик цвета пробы при сравнении с эталонными изображениями. Максимальное различие испытуемые не определяли, каждый из них оценивал максимальное различие в соответствии со своим зрением [16].

2.3. Алгоритм использования пространственной частотной модели цвета П-МКО LAB для сравнительной оценки качества цветных цифровых изображений

Система МКО LAB (МКО 1978) представляет собой важнейший международный стандарт для измерения ошибки цветовоспроизведения между большими однородными фрагментами. Однако когда данная система используется для детерминирования цветовых различий между изображениями поэлементно, возникают погреш-

ности для точек изображения, превышающие допустимые погрешности при измерении однородного фрагмента. По этой причине Zhang и Wandel предложили пространственное продолжение цветной метрики MKO LAB, известной как метрика П-МКО LAB, которая может быть использована для комплексного стимула, такого как цифровые изображения, когда они рассматриваются с различных расстояний [5, 17]. Они использовали серию пространственных фильтров в оппонентном цветовом пространстве YC_1C_2 , содержащих один яркостный канал (Y) и два канала цветности (C_1, C_2). Фильтры представляют собой сглаживающие фильтры, которые аппроксимированы функцией передачи контраста зрительного анализатора человека для заданных дистанций наблюдения. Отфильтрованное изображение затем обратно преобразуется в представление MKO LAB.

Одной из причин выбора модели П-МКО LAB является её универсальность и возможность реализации как в пространственной, так и в частотной областях. Новизна исследования заключается в том, что по разработанной методике проводились колориметрические измерения, с последующим ранжированием вносимых искажений цветопередачи методом неметрического многомерного шкалирования (раздел 1). Искажения оценивались с помощью стандартного подхода нахождения пороговой глубины модуляции. Полученные результаты сопоставлялись с оценками цветового различия по формулам П-МКО LAB (раздел 2.3.1).

2.3.1. Измерение ошибок цветовоспроизведения в цифровых изображениях

Для реализации П-МКО LAB следующая последовательность этапов имеет место (рис. 3). Во-первых, необходимо преобразовать изображения на входе в аппаратно-независимое цветовое пространство, такое как MKO 1931 XYZ. Второй этап включает в себя пространственную фильтрацию изображений, которые представлены в оппонентном цветовом пространстве, содержащем один яркостный канал (Y) и два канала цветности (C_1, C_2).

Оппонентные каналы YC_1C_2 представляют собой линейное преобразование MKO 1931 XYZ, как показано посредством выражения:

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.297 & 0.72 & -0.107 \\ -0.449 & 0.29 & -0.077 \\ 0.086 & -0.59 & 0.501 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

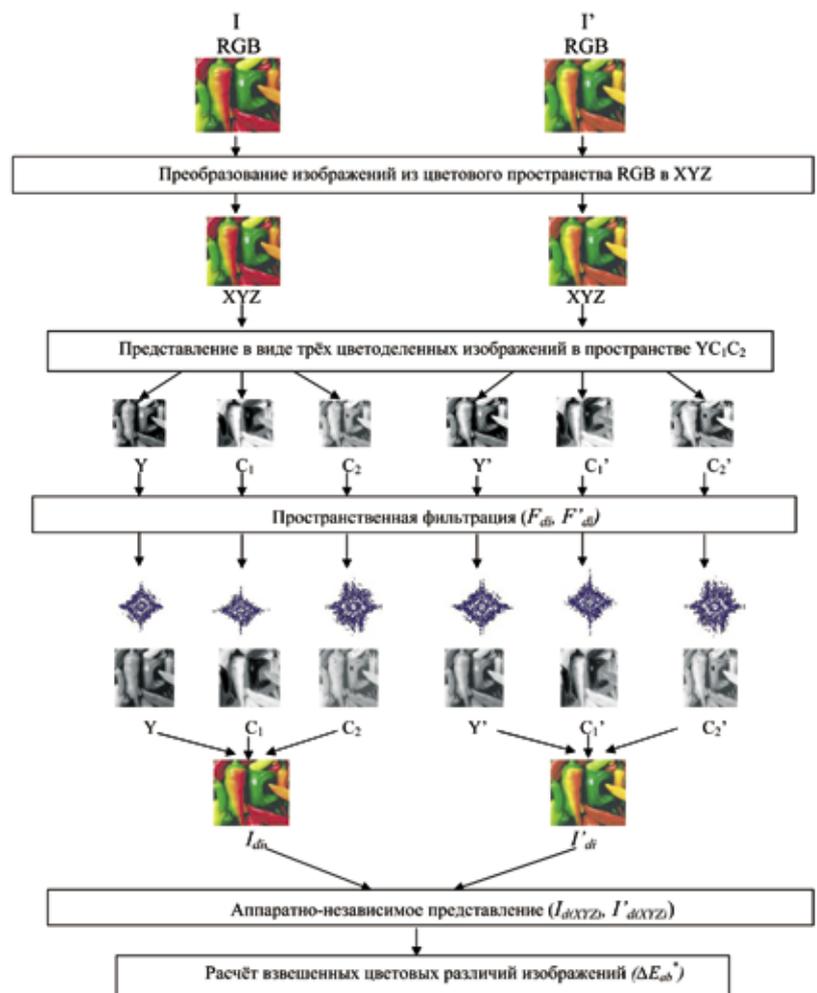


Рис. 3. Общая структурная схема модели П-МКО LAB

Одновременно два изображения I, I' преобразовываются в оппонентное цветовое пространство, они пространственно фильтруются, используя фильтры, которые аппроксимируют функцию передачи контраста зрительного анализатора человека [17]. В данной работе выполним эту фильтрацию через свёртку в пространственной области. В каждом оппонентном канале фильтр является линейной комбинацией взвешенных экспоненциальных функций и их сумм ядерных функций. Таким образом, три фильтра сохраняют среднее значение цвета для больших однородных областей и П-МКО LAB и MKO LAB дают подобные оценки для них [17].

Кернфункция каждого пространственного фильтра F_{di} [17]:

$$F_{di}(x, y) = \sum_i \sum_j w_{ij} G_{ij} \left(x, y, \frac{d\sigma_{ij}}{\sqrt{2}} \right), \quad (2.2)$$

где $i=\{0,1,2\}$ обозначает оппонентные каналы $\{Y, C_1, C_2\}$; $j=\{1,2\}$ обозначает преобразование вдоль координатных осей $\{x, y\}$;

w_{ij} – весовой коэффициент функции Гаусса;

G_{ij} – нормализованная кернфункция, описываемая выражением

$$G(x, y, s) = \frac{1}{S} \exp \left[-\frac{(x^2 + y^2)}{2s^2} \right]. \quad (2.3)$$

В выражении (2.3) s представляет собой разброс и S – константа, которая нормализует kern-функцию так, чтобы она суммировалась до единицы.

В выражении (2.2), разброс экспоненциальных функций составляет $s_{ij} = d\sigma_{ij} / \sqrt{2}$, и он представлен в виде понижения чувствительности, которая возникает в зрительном анализаторе, когда возрастает расстояние наблюдения [17]. Этот эффект размытия, как результат разброса, также зависит от количества пикселей на зрительный угол стандартного колориметрического наблюдателя MКО 1931, которое определяется по следующему

выражению $d = p \operatorname{Ltg}(\frac{\pi}{180})$, где p – число пикселей в

одном миллиметре, L – заданное в миллиметрах расстояние наблюдателя от экрана.

Необходимо отметить, что компоненты I_{di} , I'_{di} пространственно фильтруемых изображений в оппонентном цветовом пространстве представляют в виде свёртки пространственных фильтров F_{di} с компонентами входного изображения I_i, I'_i :

$$I_{di}(x, y) = F_{di}(x, y) * I_i(x, y), \quad (2.4)$$

$$I'_{di}(x, y) = F'_{di}(x, y) * I'_i(x, y)$$

где символ $*$ обозначает операцию свёртки. Комбинация положительных и отрицательных весовых коэффициентов в ахроматическом канале создаёт полосовой фильтр, который традиционно связан с функцией контрастной чувствительности по яркости. Положительные веса используются для хроматических каналов при создании двух фильтров нижних частот. Рис. 4 иллюстрирует относительную чувствительность пространственных фильтров как функцию от периодов синусоидальной миры на градус угла зрения. Данные зависимости были получены при взятии ДПФ (дискретного преобразования Фурье) при свёртке kern-функции.

Отфильтрованные компоненты в оппонентных каналах I_{di}, I'_{di} (по формуле 2.4) для эталонного и искажённого изображений затем преобразовываются обратно в пространство координат MКО XYZ при использовании линейного преобразования

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.979 & -1.535 & 0.445 \\ 1.189 & 0.764 & 0.135 \\ 1.232 & 1.163 & 2.079 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ C_1 \\ C_2 \end{bmatrix}, \quad (2.5)$$

которое обратно выражению (2.1). Отфильтрованные изображения $I_{d(XYZ)}, I'_{d(XYZ)}$, преобразованы в пространство MКО LAB при использовании стандартных выражений, для которых значения трёх цветовых координат белой точки устройства визуализации X_n, Y_n, Z_n известны из характеристик устройства (sRGB проекторы имеют D65 белую точку) [11, 12].

Одновременно координаты MКО LAB рассчитываются для всех пикселей, цветовое различие между отфильтрованными изображениями $I_{d(MKOLAB)}, I'_{d(MKOLAB)}$ может быть рассчитано поэлементно. В результате получаем изображение ошибки, где каждый пиксель соответствует ощущаемому цветовому различию в заданной точке. Выражение (2.6) для расчёта цветовых различий MКО ΔE^*_{ab} обычно используется с П-MКО LAB:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta Y)^2 + (\Delta C_1)^2 + (\Delta C_2)^2} \quad (2.6)$$

где $\Delta Y = Y - Y', \Delta C_1 = C_1 - C'_1, \Delta C_2 = C_2 - C'_2$ соответственно, представляют собой различия между оригинальным и воспроизведённым с искажениями изображениями по каналам яркости и цветности. Результаты расчёта представлены в виде сенсорных зависимостей на рис. 5.

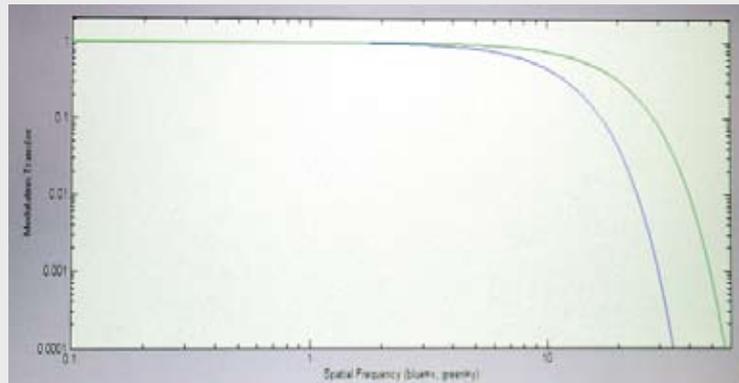


Рис. 4. Функции передачи контраста пространственных фильтров

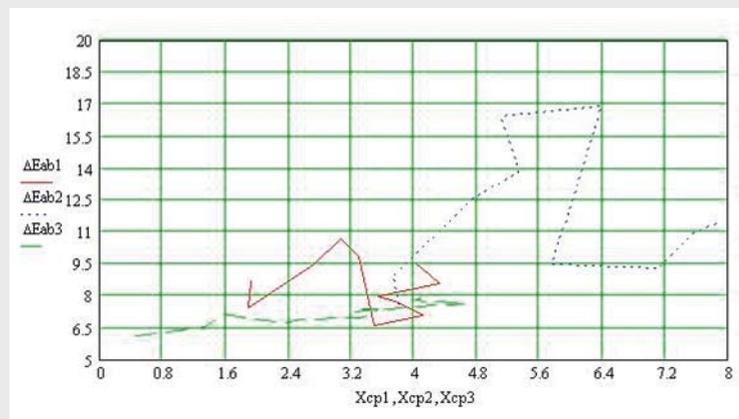


Рис. 5. Сенсорные характеристики по модели П-MКО LAB

$\Delta E_{ab1}, \Delta E_{ab2}$ и ΔE_{ab3} – ощущаемые цветовые различия, соответственно, при изменении яркости, цветового тона и насыщенности; X_{cp1}, X_{cp2} и X_{cp3} – усредненные экспертные оценки по девятибалльной шкале

2.3.2. Метод количественной оценки цветовых различий

В случае количественной оценки цветового различия по авторскому методу бальные оценки усреднялись по двадцати пяти испытуемым и сводились в матрицу парных цветовых различий между стимулами для четырёх исследуемых случаев [18]. Полученная матрица служит входной информацией для дальнейшего анализа. Далее с использованием компьютерной программы xlstat2008 было построено координатное пространство и в нём размещены исследуемые стимулы таким образом, чтобы расстояния между ними, определяемые по введённой метрике, наилучшим образом соответствовали исходным различиям между стимулами. С целью повышения точности вычислений опытным путём было установлено, что оптимальная размерность пространства равна двум. Затем полученные результаты в виде расстояний, т.е. степени отличий в цвете между группами стимулов сопоставлялись с результатами аналитических вычислений, прошедшими аналогичную процедуру многомерного шкалирования, через построение сенсорной зависимости, приведённой на рис. 6–8.

Из графика рис. 6 следует, что в первом случае соотношение пар стимулов с искажениями светлота-контраст, контраст-насыщенность и светлота-насыщенность для обоих рассматриваемых случаев воспринимается одинаково. Гораздо более существенное различие наблюдается во втором случае для остальных трёх пар стимулов: светлота-цветовой тон, насыщенность-цветовой тон и контраст-цветовой тон. Наибольшее и приблизительно идентичное различие в расстояниях между стимулами наблюдается в парах контраст-цветовой тон и насыщенность-цветовой тон [18].

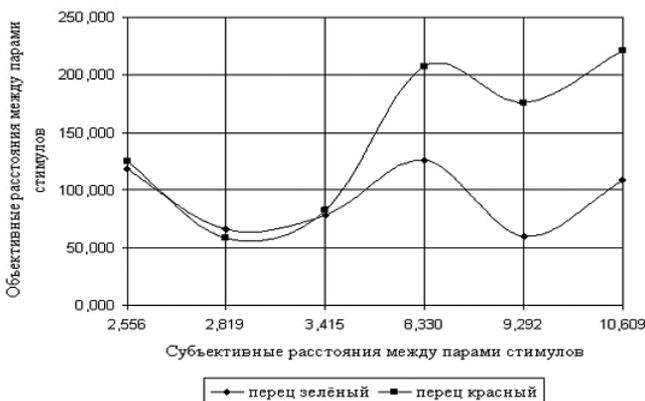


Рис. 6. Сенсорная характеристика по межстимульному изменению характеристик цвета, построенная с использованием метода многомерного шкалирования [18]

По формулам (1.6), (1.9) и (1.10–1.14) рассчитали относительный хроматический контраст между парами стимулов «перец зелёный» и «перец красный» при относительном изменении насыщенности и цветового тона. Результаты расчётов в виде графиков сенсорных характеристик представлены на рис. 7.

Из анализа графика рис. 7 следует, что хроматический контраст наиболее заметен при изменении цветового тона, чем при изменении насыщенности в изображении. В диапазоне относительных единиц контраста 0,15 – 0,43 наблюдается линейная зависимость от экспертной оценки цветовых различий. При сопоставлении диапазонов экспертных оценок в логарифмических единицах получим:

$$\frac{20 \lg \frac{4,5}{0,5}}{20 \lg \frac{4,8}{3,5}} = 6,95, \text{ т.е. диапазон насыщенности примерно}$$

в семь раз превышает диапазон цветового тона.

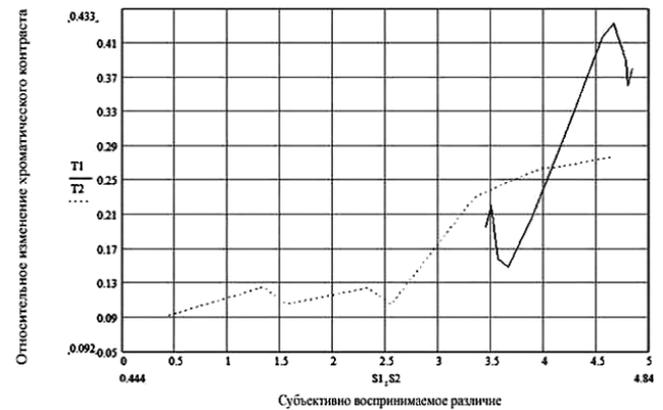


Рис. 7. Сопоставление сенсорных характеристик по хроматическому контрасту: T1 – при относительном изменении цветового тона; T2 – контраст по насыщенности [18]

Аналогично, при сопоставлении диапазонов по хроматическому контрасту в логарифмических единицах, по-

лучим: $\frac{20 \lg \frac{0,28}{0,09}}{20 \lg \frac{0,43}{0,15}} = 1,07$, т.е. диапазоны примерно совпа-

дают для обоих случаев, что и требовалось обосновать в данной работе. Следовательно, из проведённых расчётов можно сделать вывод, что два цветных изображения будут обладать одинаковыми рассчитываемыми цветовыми различиями от эталонного изображения, несмотря на то, что одно ощущается экспертами более контрастным, а второе – менее контрастным. Кроме того, при повышении насыщенности изображения улучшается субъективное восприятие хроматического контраста.



Значения изменения яркости цвета для обоих рассматриваемых случаев определили по формуле (1.10). Результаты расчётов представлены в виде графика на рис. 8.

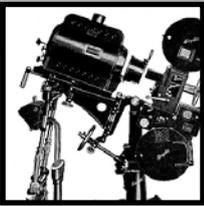
Заключение

Впервые осуществлено построение сенсорных зависимостей с целью выявления значимости качественных характеристик цвета цифровых изображений методом многомерного неметрического шкалирования в пространстве П-МКО LAB. Ошибка цветопередачи, найденная с использованием предложенной методики, как видно из сопоставления графиков на рисунках 5, 7 и 8, адекватно согласована с установлением допуска на цветовоспроизведение по модели П-МКО LAB. Одним из внедрений может быть область информационных технологий, например, при подготовке графических интерфейсов, и т.д.

С помощью метода многомерного шкалирования были выявлены и попарно сопоставлены факторы, искажающие цветные изображения. Такими факторами являлись изменения светлоты, контраста, цветового тона и насыщенности. Полученные пары факторов были упорядочены в порядке возрастания чувствительности к ним зрительного анализатора (ЗА) человека. Из приведённых расчётов следует, что наибольшая чувствительность ЗА человека к воспринимаемому цветовому различию между группами исследуемых стимулов с изменениями проявляется при сопоставлении пар с искажениями: насыщенность-цветовой тон и контраст-цветовой тон, а наименьшая чувствительность ЗА человека к цветовому различию – при сопоставлении пар стимулов с изменениями светлоты и контраста. Результаты работы совпадают с результатами аналогичных исследований [5, 16–17] и применены при создании обучающей лабораторной установки на основе спектроколориметра ТКА ВД/01 в Санкт-Петербургском Государственном Университете Кино и Телевидения на кафедре киновидеоаппаратуры. Предложенный метод построения сенсорных зависимостей на основе широко известного метода многомерного шкалирования может успешно использоваться для оценки цветовых различий при сопоставлении цифровых изображений, а также может служить основой разрабатываемой программной модели появления изображений с построением сенсорных зависимостей. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. CIE (Commission Internationale de l'clairage). 1993. Technical report: Parametric effects in color-difference evaluation, CIE Publ. 101. Vienna: Central Bureau of the CIE.
2. Torgerson W.S. Multidimensional scaling: I Theory and method. *Psychometrika*, 1952, v. 17, N 3, p. 401–419.
3. Артюшин Л.Ф. Цветоведение. М.: Книга, 1982. с. 200.
4. Кириллов Е.А. Цветоведение: Учебное пособие для вузов. М.: Легпромбытиздат, 1987. С. 128.
5. Fairchild M. Color appearance models. Reading, MA: Addison-Wesley, 1998.
6. <http://psyfactor.org/lib/terehina.htm>
7. Barten P. Contrast Sensitivity of the Human eye and Its Effects on Image Quality, SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA (1999).
8. Тихомирова Г.В. Физические основы получения зрительной информации. Издательство СПбГУКИТ, 2005. С. 148.
9. Granger E.M. Specification of Color Image Quality, PhD. Dissertation, University of Rochester, 1974.
10. http://www.tka.spb.ru/produkt/tka_vd.html
11. http://www.projectorcentral.com/pdf/projector_manual_2100.pdf
12. <http://www.babelcolor.com/download/A%20review%20of%20RGB%20color%20spaces.pdf>
13. Бардин К.В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976. С. 394.
14. Рабкин Е.Б. Полихроматические таблицы для исследования цветоощущения. М., с. 244, 1971.
15. Юстова Е.Н., Алексеева К.А., Волков В.В. и др. Пороговые таблицы для исследования цветового зрения. М.: Вида, 1993.
16. Соколов Е.Н., Измайлов Ч.А. Цветовое зрение. М.: Издательство МГУ, 1984. С. 175.
17. Zhang X.M. and Wandell B.A. Color image fidelity metrics evaluated using image distortion maps, *Signal Processing*, 70, 201-214 (1998).
18. Хорунжий М.Д. Метод количественной оценки цветов различий при восприятии цифровых изображений // Вестник НГУ. Серия «Информационные технологии». Новосибирск, 2008. Том 6. Вып. 1. С. 80–88.
19. Хорунжий М.Д. Анализ методов оптимизации зрительного восприятия оцифрованных цветных киноизображений // Проблемы развития кинематографа и телевидения: Сборник научных трудов / СПбГУКИТ, 2008. Вып. 21. С. 74–80.
20. Измайлов Ч. А. Сферическая модель цветоразличения. М.: Изд-во МГУ, 1980.
21. Clarke, F. J. J., McDonald R., and Rigg B. Modification to the JPC79 colour-difference formula. *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 1984, 100. P. 128–132 and 281–282.
22. Luo M. R. and Rigg B. BFD(l:c) color difference formula. Part I: Development of the formula. *Journal of the Society of Dyers and Colorists* 1987, 103. P. 86–94.
23. McLaren K. Color passing – visual or instrumental? *Journal of the Society of Dyers and Colorists*, 1970, 86. P. 389–392.
24. Shepard R.M. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika*, 1962, v. 27, N 2-3. P. 125–139, 219–246.
25. http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf
26. <http://www.nordicdreams.net.ru/articles/colorimetry.302.htm>
27. Maier T. O. Перевод В. Сычёва. Обработка цвета для цифрового кинематографа 3, 4. SMPTE Motion Imaging Journal, April 2008. МТК № 9, 2008.
28. Maier T. O. Перевод В. Сычёва. Обработка цвета для цифрового кинематографа 5, 6. SMPTE Motion Imaging Journal, January/February 2008, May/June 2008. МТК № 10, 2008.
29. Maier T. O. Перевод В. Сычёва. Обработка цвета для цифрового кинематографа 1, 2. SMPTE Motion Imaging Journal, October 2007. МТК № 11, 2008.



ПРАКТИКА МОНТАЖА СТЕРЕОФИЛЬМОВ

И.Г. Дауров, режиссёр нелинейного монтажа, ОАО «ТПО «Ростовская киностудия»

с использованием цифрового контента двух видеокамер формата AVCHD (H 264)

В статье изложена технология монтажа стереоконтента, полученного методом двухкамерной съёмки на параллельных осях с помощью двух миниатюрных цифровых камер Sony HDR-TG 1E (full HD 1920x1080) формата AVCHD, описывается методика монтажа стереофильма в конечный вариант формата вертикальной стереопары – Over/Under и в формат анаглифного изображения HDV PAL 1440x1080/50i.

Указывается на универсальность формата стереофильмов Over/Under – как основы для различных методов просмотра стереоизображения при помощи персонального компьютера. Проведён анализ и даны разъяснения о сложностях и возможностях их преодоления на пути освоения технологии монтажа стереофильмов.

Ключевые слова: стереосъёмка, стереочки, стереоконтент, плагин, анаглифное изображение, цветокоррекция, монтаж, видеофайлы, стереопоказ.

■ Для получения стереоконтента выбрана доступная технология, основанная на двухкамерной съёмке на параллельных осях. Стереосъёмка производится двумя миниатюрными камерами Sony HDR-TG 1E (full HD 1920x1080) – рис. 1. Их ширина позволяет снимать с минимальным базисом в 34 мм без использования стереонасадки, а также с любым другим базисом, перемещая одну из камер (правую) по горизонту общей прецизионной платформы. Это позволяет производить трансфокацию, снимать крупные и средние планы людей без эффекта миниатюризации, который возникает из-за больших базисов стереосъёмки.

Основное условие стереосъёмки, с помощью каких камер она бы ни велась – она должна производиться на параллельных осях, конвергенция исключена. Необходимо также свести к нулю и вертикальный параллакс при съёмке, что достигается прецизионно точной установкой камер на общей платформе. Приступать к съёмке стереофильма нужно после детального ознакомления со всеми тонкостями стереографии. Навыки, полученные кинооператором в традиционном кино, для стереосъёмки недостаточны.

Чтобы получить стереоконтент для первых опытов на пути освоения технологий производства стереофильмов,

не обязательно сразу приступать к съёмке двумя камерами. Видеоряд для последующей практики можно снять и одной камерой, любой, имеющейся в наличии. Нужно только поместить камеру на специально изготовленную подвижную площадку (рельс), которую необходимо прикрепить к площадке штатива и последовательно вести съёмку для левого и правого ракурсов, сдвигая камеру по горизонту площадки на нужный базис, не меняя никаких параметров съёмки (рис. 2).

Однако таким способом снимать можно только неподвижные объекты – природу в безветренную погоду, архитектуру, неподвижно расположенных в кадре людей. Сняв левый ракурс нужного хронометража и содержания, сдвигаем камеру по горизонту вправо на 32 мм или 68 мм, снимаем правый ракурс того же содержания. Так получаем два плана левого и правого ракурса, которые потом разрезаем в монтажной программе.

Стереоконтент можно получить, например, в любых видео- и графических редакторах, способных генерировать картинку в 3D измерении, таких как Adobe After Effects, Maya, 3ds Max. Используя готовые генераторы природ-



Рис. 1. Прецизионная платформа с камерами Sony HDR-TG 1E с афокальными насадками



Рис. 2. Стереорельс для съёмки одной камерой

ных явлений (облака, закаты, космос, снег, дождь и пр.) и создав необходимую нам сцену, сохраняем её под именем 1L, это будет контент левого ракурса, и просчитываем в нужном формате видео. Затем создаём копию этого же проекта под именем 2R – это будет контент правого ракурса. Только в этой сцене во всех её слоях сдвигаем виртуальную камеру вправо и строго горизонтально на нужную дистанцию параллакса, который зависит от сцены, её динамики и дистанции объектов относительно камеры, что легко установить опытным путём. Так имеем два потока видео для левого и правого ракурса снятой сцены.

Для работы со стереоконтентом используется компьютерная станция нелинейного монтажа со следующими минимальными требованиями:

- операционная система Windows XP Pro SP3 (и только эта!);
- системный блок с тремя скоростными винчестерами от 750 Гб (системный, базовый для исходного видеоконтента и накопитель для конечного стереоконтента);
- процессор Intel Core 2 Duo E8500 3,16 ГГц;
- оперативная память 3 Гб;
- видеокарта последнего поколения с чипсетом NVidia, 512 Мб с двумя выходами HDMI, Open GL 2.0;
- кодеки для работы приложений с HD-видео;
- ЭЛТ-монитор с экраном 19" или 22", поддерживающий кадровую частоту развёртки 100...120 Гц.

Здесь следует отметить, что ЖК-мониторы (LCD), за исключением специальных новейших 120 Гц LCD мониторов и беспроводных затворных очков к ним от NVidia в комплекте, подходят только для анаглифного метода просмотра стереофильмов с помощью очков с красным фильтром для левого глаза и сине-зелёным для правого. Для метода просмотра стереоизображения Over/Under они непригодны. А именно о монтаже в этот конечный формат стерео – Over/Under и пойдёт речь в данной статье. Формат данного стереоконтента можно впоследствии легко трансформировать для всех других методов показа стерео, всех типов мониторов и систем показа, включая проекцию с помощью домашнего видеопроектора. Такую конвертацию в реальном времени из формата в формат непосредственно при показе способен делать проигрыватель Stereoscopic Player (version 1.3.4.).

ЭЛТ-мониторы универсальны и могут использоваться для любых существующих сегодня технологий стереопоказа на компьютере. Что касается LCD-монитора, то он должен иметь отношение сторон 16:9 (16:10) и экран с диагональю 22" и более. Чем больше разрешение монитора, частота обновления экрана, контрастность и угол

обзора и меньше время отклика (например, 2 мс), тем лучше.

Для просмотра материала на ЭЛТ-мониторе в формате Over/Under необходимо приобрести специальные электронно-затворные стереочки, например российской корпорации "СТЭЛ", которые не требуют установки драйверов для видеокарты. Это важно, так как NVidia, единственная фирма, предлагающая 3D-драйверы для своих чипсетов, в новые версии видеокарт такую поддержку включила только для специальных LCD-мониторов с частотой обновления 120 Гц и беспроводных очков к ним в комплекте.

Итак, стереоконтент был снят камерами Sony HDR-TG 1E, формат записи этих камер – AVCHD. На сегодняшний день есть определённые трудности в работе с таким материалом. Поэтому применяется последняя версия популярного видеоредактора Premiere Pro CS4, так как эта программа работает с форматом AVCHD нативно, без предварительного перекодирования. Premiere CS4 также корректно преобразовывает AVCHD в другие видеоформаты.

Итоговое качество стереоизображения зависит от формата цифрового контента и его разрешения. Чем больше разрешение и поток цифрового видео, тем совершеннее результат конечного стереоизображения. Для оптимального соотношения производительности компьютера и устойчивой работы программ по монтажу стереоконтента остановимся на формате HDV 1440x1080/50i PAL как основе для последующих преобразований.

Вначале стереоконтент формата AVCHD монтируем в Premiere CS4. Необходимо импортировать на тайм-лайн программы все рабочие материалы нашего фильма, разместив все видеофайлы левых ракурсов – Video 2 над материалами правого ракурса – Video 1 (рис. 3). Затем синхронизируем каждую пару каждого из планов левого и правого ракурса исходного материала. Лучше это делать по раскрытым диаграммам звуковых дорожек двух видеофайлов. Нужно просто совместить по вертикали идентичные пики сигналов в обеих фонограммах, одновременно произойдёт и синхронизация изображе-

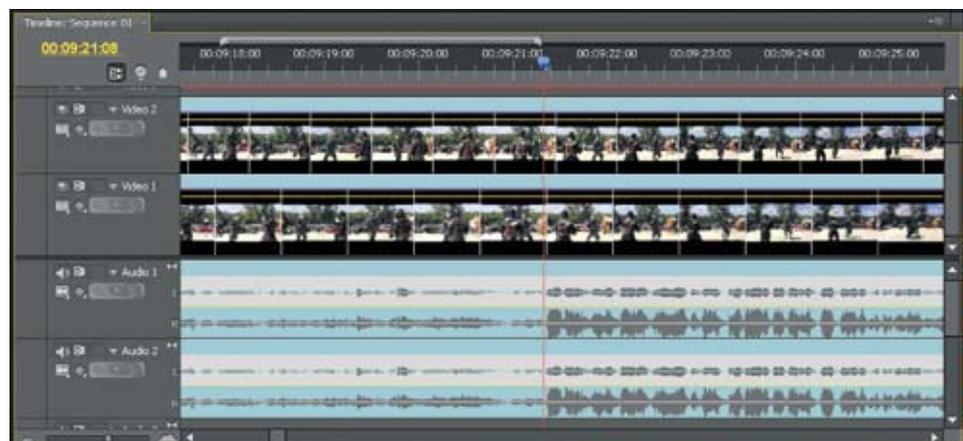


Рис. 3. Синхронизация двух дорожек по аудиограммам

ния (рис. 3). При этом разрешение монтажной линейки необходимо сделать максимальным – до одного кадра (кнопка «+» на клавиатуре). Другой способ синхронизации – совмещение фаз движения сопряжённых объектов каждой стереопары путём временного выставления уровня «Opacity» левого (верхнего на тайм-лайне) ракурса на 50%. Сдвигаем выделенный правый (нижний) план путём удержания кнопки «Alt» на клавиатуре и покадрового смещения стрелками курсора клавиатуры вправо-влево до совпадения фаз движения. После установки синхронности восстанавливаем уровень «Opacity», нажав рядом с эффектом кнопку «Reset».

Pro 2.0. Дело в том, что разработчики Premiere Pro CS4 поменяли математические алгоритмы внутренних кодеков программы, в результате в ней стало невозможным отформатировать HD-стереоконтент по методу Over/Under. Придётся преодолеть и ещё одну неприятность – несовместимость в одной системной оболочке любых двух версий программ Premiere, например, 2.0 и CS4. Для этого можно поставить на компьютер ещё одну систему, и одну из программ установить на неё.

Анаглифную версию стереофильма исходного формата AVCHD можно создавать полностью в Premiere CS4, как описано в таблице.

Таб. Последовательность операций по монтажу стереоконтента для материала, снятого в формате HDV 1440x1080/25i (50i) средствами программы Adobe Premiere Pro 2.0

	Для просмотра стереоизображения в режиме Over/Under (электронно-затворные очки)	Для просмотра стереоизображения в режиме анаглифа (очки с красным и сине-зелёным фильтром)
1	Последовательная оцифровка материала левого и правого стереоконтента	
2	Размещение видеофайлов левого ракурса на видеодорожке 2 редактора, правого ракурса – под ним, на дорожке 1, синхронизация одноимённых потоков	
3	Монтаж материала, подгон хронометража, работа со звуком	
4	Выставление нулевых параллаксов в каждом из планов фильма путём сдвига левого ракурса изображения по горизонтали на нужную величину (видеодорожка 2)	
5	Цветокоррекция материала каждого из планов стереопары и обработка видеосигнала в соответствии с техническими стандартами и художественными задачами	
6	Трансформация каждого из планов фильма в вертикальную стереопару Over/Under путём изменения значений в закладке Motion окна эффектов программы. Для левого ракурса: Motion-Position 257; Scale Height: 47,6 (галочку перед Uniform Scale убрать). Для правого ракурса: Motion-Position 824; Scale Height: 47,6 (галочку перед Uniform Scale убрать)	Применение эффекта Color Balance (RGB) из папки Image Control. Для планов левого ракурса: Green, Blue – 0; Opacity - 50%. Для планов правого ракурса: Red – 0.
7	Экспорт готового фильма Over/Under из программы монтажа в формате MPEG-2 (1440x1080, Standard 4:3 Progressive)	Экспорт промежуточного анаглифного фильма из программы монтажа в исходном формате HDV (1440x1080/50i PAL)
8	–	Импорт промежуточного анаглифа в программу, доведение уровня видеосигнала (Gain) до 100%. Экспорт окончательного фильма в формат HDV (1440x1080/50i PAL)

После синхронизации всего материала производим режиссёрский монтаж фильма, работы по звукорежиссуре, осуществляя все необходимые монтажные стыки прямой склейкой или наплывом, удаляем ненужные в дальнейшем фрагменты и дубли. В результате получаем материал в искомом хронометраже и последовательности видеоряда. Только резать, сдвигать, применять эффекты мы будем одновременно к двум синхронным файлам стереопары, размещённым на тайм-лайне.

Получив итоговую режиссёрскую версию фильма, экспортируем готовый фильм поочерёдно для левого и правого потоков через Media Encoder CS4 в исходный формат HDV 1440x1080/50i PAL для последующей обработки в программе Premiere Pro 2.0, используя операции 1...8, перечисленные в таблице для программы Premiere

Теперь об изложенном в таблице подробнее. Итак, при работе с материалом HDV 1440x1080/50i PAL необходимо создать проект из соответствующей папки пресетов программы Premiere Pro 2.0, после чего в открывшемся проекте произвести импорт стереоконтента и поместить его на тайм-лайне. Правый ракурс размещаем под левым на дорожке 1.

До работ по цветокоррекции материала необходимо произвести установку точек нулевого параллакса (искусственную конвергенцию лучей съёмки) для каждого из планов, взятых в окончательный вариант фильма. Дело в том, что при съёмке на параллельных осях точка нулевого параллакса сепарированной стереопары будет находиться в бесконечности кадра (рис. 4), значит, всё стереоизображение при просмотре будет иметь отрица-

тельный параллакс, т.е. только выходить в зал, что вызовет дискомфорт или невозможность восприятия стереоизображения вовсе. Чтобы получить точку нулевого параллакса, которая при просмотре будет соответствовать плоскости экрана, производят искусственную конвергенцию стереопары на выбранную плоскость внутри каждого кадра путём децентрирования изображения левого ракурса относительно оптической оси, смещая его по линии горизонта. Для этой операции уровень прозрачности левого кадра стереопары (Opacity) в закладке окна Effect Controls устанавливаем на 50%, выключив предварительно кнопку часов. Теперь мы видим двойное изображение левого и правого ракурсов выбранного нами плана (рис. 4).

Левый файл стереопары (дорожка 2) должен быть выделен курсором на монтажном столе программы. В закладке Motion окна Effect Controls программы в разделе Position, двигая стрелки значения 720, увидим, как по мере изменения значения Position и сдвига левого ракурса по горизонтали итоговая картина двух изображений будет меняться. Те предметы и объекты в кадре, которые совместятся по контурам без двоений, и будут указывать на точку нулевого параллакса в каждом конкретном случае каждой конкретной композиции. Пример установления точки нулевого параллакса в кадре стереопары показан на рис. 4 и 5:



Рис. 4. Кадр стереопары без установки нулевых параллаксов

камере будет ощущаться только заэкранная глубина пространства картины (положительный параллакс). Нашему бинокулярному аппарату для комфортного восприятия стереоизображения периодически нужен отдых, и отсутствие объектов предэкранного пространства этому способствует. Процедура установления точки нулевого параллакса необходимо производить в каждом из планов фильма. Приступая к поиску точек нулевых параллаксов следующего плана, не забудьте вернуть уровень прозрачности Opacity на 100% уже отформатированному плану, для этого нажмите кнопку в виде стрелки («Reset»).

Если применялся внутрикадровый монтаж при съёмке фильма, т.е. производилась трансфокация, приближение и удаление камеры от объекта, то точки нулевых параллаксов надо выставлять во временной динамике, в зависимости от содержания сцены в кадре. Для этого надо активировать кнопку часов слева от пункта Position, и все изменения нулевых параллаксов, отмеченных вами при поиске, будут меняться на протяжении плана во времени автоматически и синхронно с изображением, а справа окна эффектов появятся ключевые точки работы эффекта.

После установки точек нулевых параллаксов можно приступать к цвето- и светокоррекции материала, не забывая устанавливать одинаковые параметры для левого и правого ракурса стереопары. Если при съёмке случилось расхождение в синхронности установочных параметров



Рис. 5. Кадр стереопары с установленной точкой нулевого параллакса по древку флага (указано стрелкой)

При правильно проведённой стереосъёмке такой сдвиг левого кадра невелик, от 2 до 10 единиц значения шага эффекта. А совмещённые по контурам (без двоений) предметы стереопары при просмотре зрителем итогового стереофильма будут находиться строго в плоскости экрана, разделяя изображение на заэкранное и предэкранное пространство (рис. 5). Это значит, что предметы будут как выходить за пределы экрана, так и уходить вглубь него, а древко флага в нашем случае будет лежать в плоскости экрана. Таким образом, мы получаем и отрицательный и положительный параллакс стереопространства. Это не означает, что в каждом из планов будут объекты, выходящие в пространство зала. На общих планах без близко расположенных объектов к

камер по свету и цвету, придётся выравнивать стереопары до технически и визуалью одинаковых значений усиления видеосигнала (Gain) и по цветовой гамме. Но это обычная работа режиссёра нелинейного монтажа и видеоинженера, на которой нет необходимости останавливаться подробно. Отмечу лишь, что мнение, будто нет необходимости заниматься цветокоррекцией при правильном балансе белого и угаданной диафрагме при съёмке – ошибочно. Чтобы изображение было безупречным и отвечало всем техническим требованиям и условиям комфортного восприятия, а в конечном итоге восхищало зрителя, придётся поработать с известными инструментами контроля и коррекции программы Premiere Pro 2.0. Кроме того, некоторое добавление насыщенности красок и творческий под-

ход к итоговой цветовой колористике всего фильма ещё никогда не вредили.

Пункт 6 таблицы – трансформация стереоконтента в вертикальную стереопару для просмотра на экране ЭЛТ-монитора по методу Over/Under. Для этого нужно изменить установки по умолчанию закладки Motion окна эффектов программы. Применить к каждому из файлов стереопары Scale Height: 47,6, убрав галочку с пункта Uniform Scale. Затем для каждого левого плана вставляем значения в закладке Motion окна эффектов во втором пункте Position – 257. При этом первый пункт строки Position (по умолчанию 720) будет разным в каждом из планов левого ракурса, так как ранее здесь мы меняли это значение, влияющее на сдвиг кадра по горизонтали – устанавливали точки нулевого параллакса (рис. 6).

Для каждого из планов правого ракурса (видеодорожка 1) значения в закладке Motion окна эффектов пункта Position будут одинаковы – 720...824, а Scale Height – 47,6. Этот эффект с установленными значениями можно скопировать и методом последовательной вставки размещать в каждый план правого ракурса стереопары (рис. 7).

После этого можно экспортировать готовый фильм с монтажного стола программы в Adobe Media Encoder, изменив следующие установки стандартного пресета HDV 1080/25i:

- Format: MPEG-2;
- Preset: HDV 1080/25i;
- Video Quality 5,0;
- Field Order: (None) Progressive;
- Pixel Aspect Ratio: Standard 4:3.

Чтобы ускорить просчёт и уменьшить нагрузку на накопители данных, экспорт фильма следует производить на другой физический винчестер компьютера, на котором не установлена программа и не размещены исходные материалы фильма.

Фильм можно экспортировать и в любые другие форматы, поддерживаемые Adobe Media Encoder, но при этом обязательно выставить Field как Progressive и соблюсти Pixel Aspect Ratio как Standard 4:3. И следует помнить, что чем меньше будет разрешение и поток видео, тем хуже будет качество.

Для уменьшения отжимающего эффекта горизонтальных рамок и увеличения полезной площади просмотра на мониторе (или проекции) с соотношением сторон 4:3, после выполнения пункта 5 таблицы можно поменять соотношение сторон итогового фильма с 16:9 на 4:3. Для этого нужно экспортировать готовый фильм последовательно для левого и правого ракурсов в исходный формат HDV 1440x1080/50i PAL. Эти два файла левого и правого потоков нужно открыть в новом проекте Premiere Pro 2.0, выбрав пресет DV-PAL Standard 4:3; 48kHz. Здесь нужно применить эффект Transform из папки Distort для каждого из планов левого и правого ракурса, а в окне управления эффектом выставить значение Scale Height 52,0. При этом часть изображения слева и справа плана отрезается, но нужную композицию можно будет выставить в каждом плане путём его сдвига по горизонтали (Position), но не забыть при этом поставить такое же значение в другой план стереопары.

Закладки Motion для проекта с соотношением сторон 4:3 должны иметь следующие значения:

- Scale Height: 49,0 (убрать галочку Uniform Scale) для левого и правого видеорядов стереопары;
- Motion-Position 360 ... 137 – для левого видеоряда;
- Motion-Position 360 ... 439 – для правого видеоряда.

Полученный итоговый кадр несколько обрежется с боков (рис. 8).

При изменении композиции кадра в каждом из планов значение первого пункта Motion-Position будет также изменяться, но для двух видеопотоков одного и того же

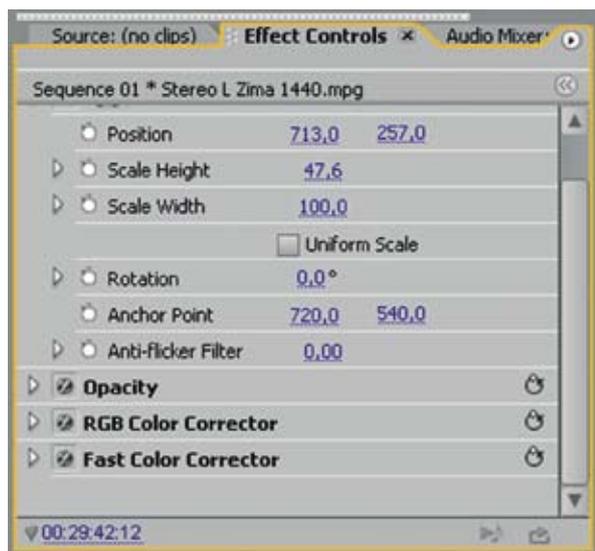


Рис. 6. Вид окна контроля эффектов с применёнными параметрами трансформации для левого ракурса стереопары



Рис. 7. Применение трансформаций к левому и правому ракурсам



Рис. 8. Кадр итоговой стереопары формата HDV 1440x1080

плана стереопары оно останется одинаковым. Экспорт материала можно произвести, применив любой пресет и кодек Adobe Media Encoder, но желательно в прогрессивной развёртке с соотношением сторон Standard 4:3, как стандартное видео DV PAL 720x576 или как MPEG-2 DVD.

Для трансформации в вертикальную стереопару исходного контента DV Pal 720x576 с соотношением сторон 4:3, снятого с помощью метода последовательной съёмки одной DV камерой, значения трансформации закладки Motion будут следующие:

- позиции Scale Height: 48,0 (убрать галочку Uniform Scale) – для левого и правого видеорядов стереопары;
- Motion-Position 360 ... 137 – для левого видеоряда;
- Motion-Position 360 ... 439 – для правого видеоряда.

Те же процедуры по экспорту верны и для анаглифной версии после всех операций до пункта 8 таблицы. Следует отметить, что для перевода в анаглиф не стоит применять известный плагин 3D Glasses от Adobe After Effects CS3 или CS4 из папки Perspective, хотя он и работает в Premiere Pro 2.0 (его можно скопировать из папки плагинов программы After Effects CS3 и вставить в папку плагинов программы Premiere Pro 2.0). Плагин хоть и существенно облегчает процесс создания анаглифной версии фильма, но результат не порадует Вас. Дело в том, что для быстрого получения анаглифа математика этого плагина упрощена, поэтому эффект работает некорректно с составляющими RGB-видеосигнала. В конечном итоге зритель будет испытывать явный дискомфорт при просмотре такого анаглифа, искажающего цветопередачу

и усложняющего процесс виртуализации нашим мозгом итоговой стереокартинки, которая будет иметь сине-жёлтые артефакты по контурам объектов.

Корректную версию анаглифного стереоизображения необходимо создавать в той последовательности, которая приведена в таблице. Однако плагин 3D Glasses можно использовать для контроля во время работы над материалом, чтобы в красносиних очках сразу из окна программы видеть стереоизображение. Но поскольку эффект 3D Glasses не реагирует на предустановки закладки эффектов Motion программы, точку нулевого параллакса можно устано-

вить только пробно, для визуальной проверки предварительного результата. Для децентровки кадров стереопары с применённым эффектом 3D Glasses нужно менять значение ползунка «Convergence Offset» в его настройках. В результате, надев очки, Вы в реальном времени видите стереоизображение в окне видеоредактора и его изменения (рис. 9).

А создавать версию для просмотра на стандартном ЭЛТ-телевизоре (50 Гц) или ЭЛТ-мониторе компьютера в режиме Interleaved/Interlaced (чересстрочной стереопары) этим плагином 3D Glasses программы After Effects CS-3 продуктивно и удобно. Делается это в самой программе, в которую импортируются сведённые по нулевым параллаксам и откорректированные видеоплагины двух стереопотоков. На монтажном столе левый ракурс размещают над правым, потоки синхронизируют, затем к верхнему файлу применяется плагин 3D Glasses, в раскрывающихся настройках которого надо указать, где стоит левый кадр, где правый, а в ниспадающем меню 3D View выбрать пункт Interlace. Затем можно увидеть, как в окне изображения появилась картинка

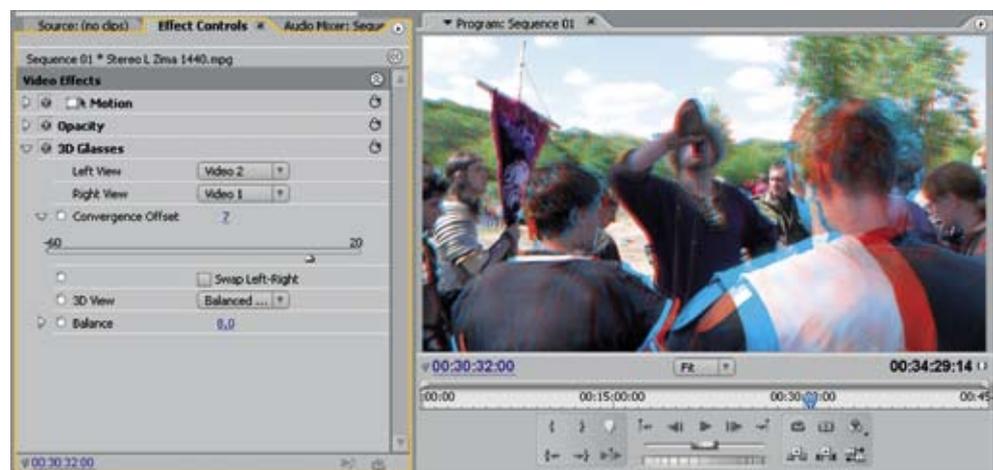


Рис. 9. Работа с эффектом 3D Glasses и рабочий анаглиф стереоизображения

с «зубчиками» двух сдвинутых по горизонтали кадров стереопары. Осталось только экспортировать материал в нужный формат готового фильма, который можно будет просмотреть на любом ЭЛТ-телевизоре (50Гц) с помощью электронных очков и специальной приставки компании «СТЭЛ».

Для того чтобы посмотреть стереофильм формата Over/Under на LCD-мониторе или любом другом мониторе компьютера, где нет специальных затворных очков, но есть анаглифные очки (с красным фильтром для левого глаза и сине-зелёным – для правого), советую воспользоваться удобной программой Stereoscopic Player Version 1.3.4, предназначенной для просмотра стереоматериалов любых форматов. Программа «на лету» конвертирует стереоконтенты одних видов в любые другие. В результате версию фильма Over/Under можно увидеть в анаглифе или Page/Flipe, или Interlaced и наоборот, выбрав соответствующие настройки программы-проигрывателя и устранив возможный вертикальный параллакс итогового анаглифа, удерживая кнопку «Shift» и перемещая вертикальные курсоры клавиатуры вверх-вниз.

В других случаях при просмотре версии стереофильма формата Over/Under используются специальные электронно-затворные очки различных производителей. Современное и качественное решение вопроса просмотра стерео на домашнем компьютере сегодня предлагает компания NVidia с готовым «коробочным» вариантом всего комплекса оборудования, включая стереопроецию. Этот продукт на российском рынке представляет компания 3DLIGA (Москва). ■

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мелкумов А.С.* Стереосъёмка в цифровом формате // www.stereokino.ru
2. *Рожков С.Н., Овсянникова Н.А.* Стереоскопия в кино-, фото-видеотехнике. М.: Парадиз, 2003.
3. Adobe Premiere Pro. Официальный учебный курс. М.: Издательство Триумф, 2004.
4. *Крылов В.* Стереочки Nvidia GeForce 3D Vision – да здравствует объём! // Daily Digital Digest, 1997-2009.
5. *Усков Г.* Стереоскопические технологии, технологии VR, стереоскопия, поляризация // www.3DLiga.ru

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КУРС

«КИНО- И ФОТОСЪЁМКА СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ (ФОРМАТ 3D)»

ОАО «Научно-исследовательский ордена Трудового Красного Знамени кинофотоинститут» объявляет набор слушателей на образовательный курс «Кино- и фотосъёмка стереоскопического изображения (формат 3D)».
(www.nikfi.ru).

Курс читают ведущие специалисты института, завоевавшие мировую известность в этой области:
А.С. Мелкумов и С.Н. Рожков.

ПРОГРАММА образовательного курса предназначена для слушателей, имеющих начальный опыт фотосъёмки цифровыми и плёночными камерами, и ставит перед собой задачу дать представление о работе над композицией стереоскопического изображения и овладением практическими навыками стереофотосъёмки как плёночными, так и цифровыми фотоаппаратами и видеокамерами.

Оплата обучения

Стоимость обучения 10 000 рублей за курс. Оплата курсов производится 100% авансовым платежом. Для занятий студентам необходимо самостоятельно обеспечить себя расходными материалами (фотоплёнка, проявка, печать, видеокассеты).

Аттестация

По окончании базового образовательного курса слушатели готовят итоговые фото и видео работы, проходят теоретический тест, по результатам которого получают сертификат о прослушивании соответствующего курса и методические материалы.

Записаться можно по телефонам 771-74-61, 8 903-1797984, Вера Николаевна Носкова.

Занятия начинаются с 1 сентября 2009 года в помещении ОАО «НИКФИ».

Курс рассчитан на 64 часа. Возможен курс воскресного дня.



Киносъёмочные СТЕРЕООБЪЕКТИВЫ ВЫСОКОЙ ЧЁТКОСТИ

С.Б. Бирючинский,
доцент, к.ф.-м.н.,
СПбГУ ИТМО

Научно-техническая конференция «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других отраслях», 23-24 апреля 2009 г.

■ Создание цифровых стереокамер высокой чёткости является одним из приоритетных направлений в современном кинематографе [1, 2]. Разработка новых цифровых форматов (более 2К на каждый кадр) потребовала создания объективов, передающих значительно большее количество информации (в некоторых случаях требуемое качество объектива близко к дифракционному). В соответствии с техническим заданием специалистов ОАО «Кинотехника» была разработана линейка стереообъективов по технологической системе «Стереo-70» с фокусными расстояниями 100, 75, 50, 35, 28, 24 и 20 мм, а также объективы с переменным базисом (фокусные расстояния 20 и 24 мм). Стереокиносъёмочный объектив представляет собой пару идентичных оптических блоков, размещённых в одной переходной оправе, позволяющей одновременно управлять парой блоков при наводке на резкость, диафрагмировании и установке дистанций рампы путём изменения межосевого расстояния. Взаимное положение оптических осей объективов изменяется в пределах от 24.4 мм до 28 мм, что накладывает ограничение на механический диаметр линз (не более 22 мм). Оптические системы объективов рассчитаны на возможное применение с цифровым матричным фотоприёмником разрешением 4К на каждый кадр. Линейные размеры поля изображения составляют 27.4x18.2 мм, диагональ 32.9 мм.

Одно из основных требований к подобным объективам – это значение MTF (функция передачи модуляции) более 0.5 на частоте 75 мм⁻¹. С учётом линейных размеров кадра и разрешающей способности фотоприёмника (или плёнки) требование дифракционного качества объективов является необязательным (относительное отверстие более 1:4, угол поля зрения более 50°). При расчёте таких объективов (рис.1) существует возможность выбора хода кривой MTF. Кривая (А) соответствует объективам с высокими контрастами в области низких частот [3]. Как правило, это объективы предназначались для телевизионных студий и для репортажной съёмки. Системы, обладающие кривой MTF (В) – это классические киносъёмочные объективы, используемые при съёмках плёночными камерами. Так как область применения разработанных объективов

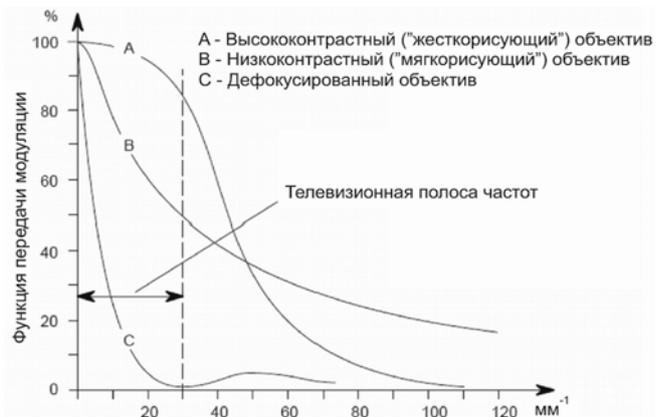


Рис. 1. Классификация объективов согласно форме их кривых MTF

предполагается достаточно широкой (это и плёночные камеры системы «Стереo-70» и перспективные камеры с цифровым фотоприёмником), то расчёт систем производился с оптимизацией одновременно для высоких и низких контрастов. По сравнению с объективами для плёночных камер рабочий спектральный интервал был увеличен и составляет 420 нм ± 680 нм (рис. 2) [4]. Минимальная дистанция до объекта съёмки 0.7 м. Максимальное значение дисторсии не превышает 2% (данное требование относится ко всем профессиональным стереообъективам).

При разработке объективов также уделялось внимание вопросу изменения разрешающей способности системы

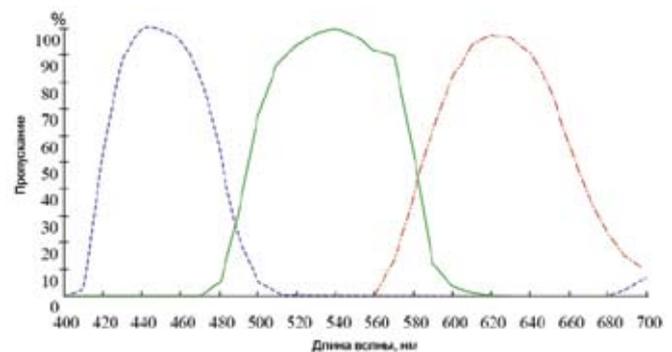


Рис. 2. Спектральные характеристики приёмника изображения

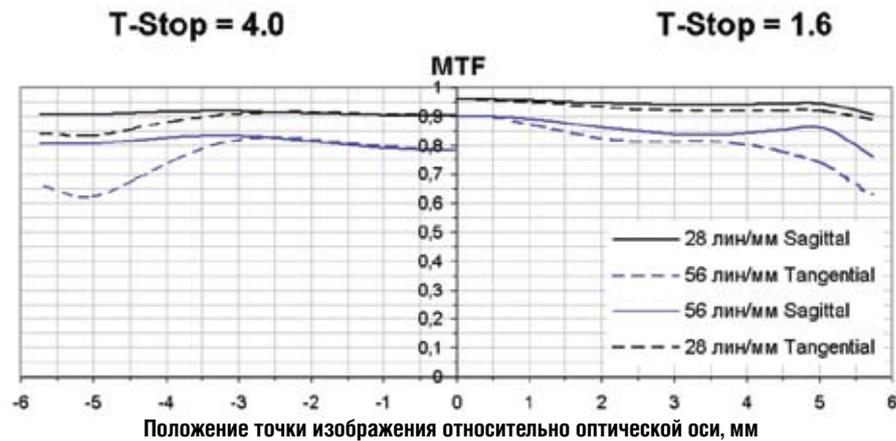


Рис. 3. Влияние установленного значения диафрагмы светосильного объектива на MTF (в качестве примера приведены показатели объектива F10 мм, дистанция = ∞, спроектированного для 3-х матричной видеокамеры с размером матрицы 2/3")

при диафрагмировании. Для многих объективов (определяется кривой продольной сферической аберрации) диафрагмирование вызывает заметное смещение оптимальной плоскости установки, что приводит к ухудшению качества изображения (дефокусировка). Данное явление особенно заметно для светосильных объективов (рис. 3 иллюстрирует изменение разрешающей способности правильно рассчитанного светосильного объектива при диафрагмировании).

Так как разработанные объективы предназначены для профессиональной киносъёмки, то была произведена термооптическая оптимизация. Оптическая схема объектива

обеспечивает достигнутое качество изображения в широком интервале изменения температур – от -45°C до +60°C (по MTF снижение разрешения составляет не более 10%).

На рис. 4. показаны оптические схемы объективов с фокусными расстояниями 24мм (справа – разработанный объектив; слева – объектив предыдущего поколения [2], рассчитанный для плёночной камеры). Относительное отверстие нового объектива 1:3.9, аналога – 1:4.5. Из графиков MTF видно, что новая оптическая схема при меньшем числе линз обеспечивает значительно лучшее качество изображения (на краю кадра качество растёт многократно). Кроме того, уменьшено виньети-

а) объектив для плёночной камеры

б) объектив для цифровой камеры

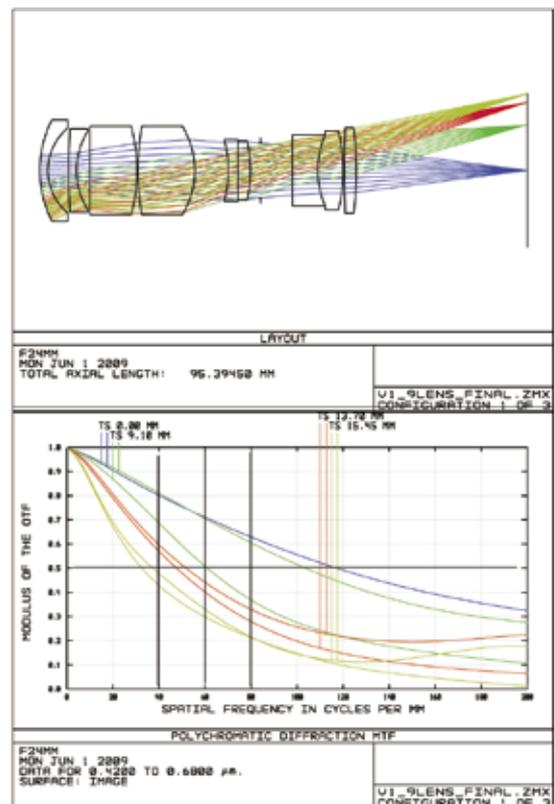
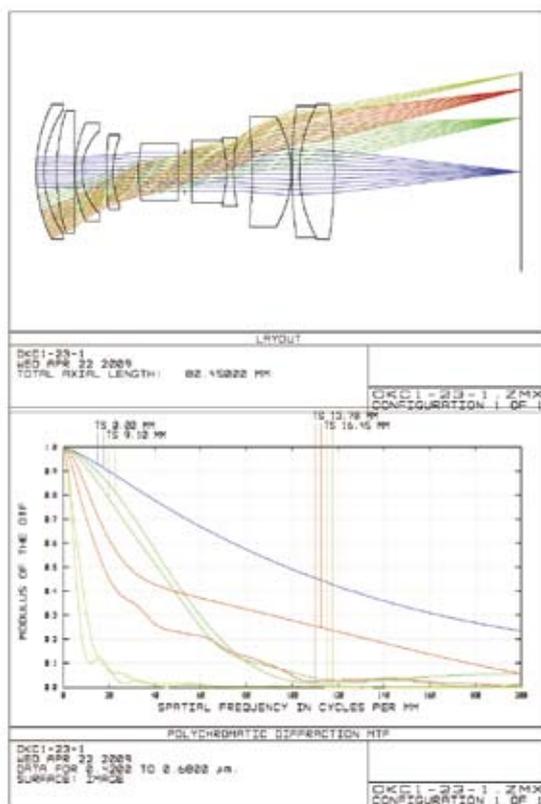
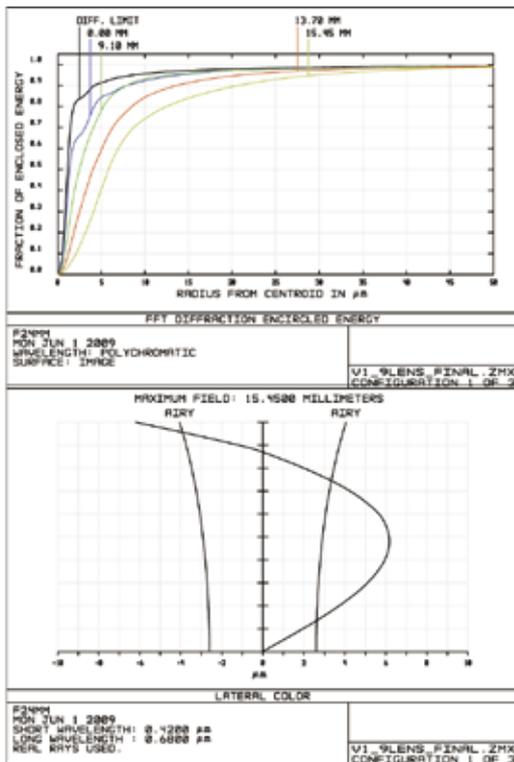


Рис. 4. Сравнение разрешающей способности стереообъективов разных поколений.

а) объектив для плёночной камеры



б) объектив для цифровой камеры

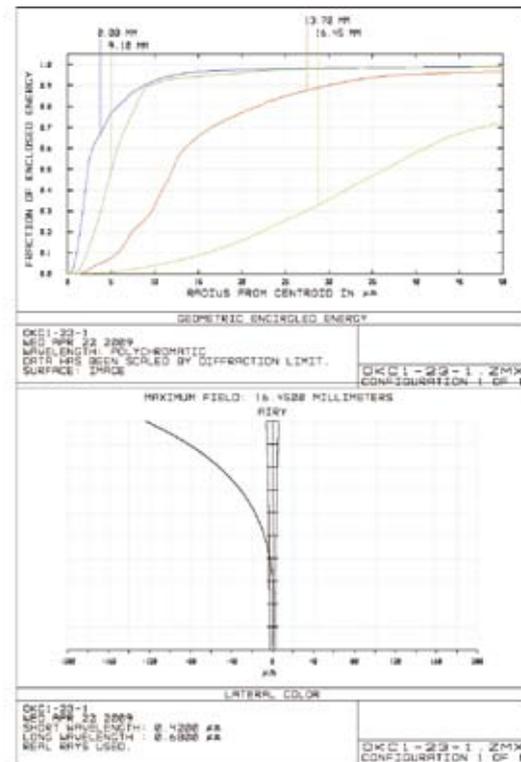


Рис. 5. Аберрации стереобъективов разных поколений

рование системы при меньшем диаметре первой линзы объектива, что позволяет уменьшить минимальный базис съёмки. Качество системы (см. также рис. 5) удалось улучшить за счёт специально разработанной ме-

тодики оптимизации и новых принципов композиции оптических систем.

Рис. 6 иллюстрирует сравнение разрешающей способности разработанных стереобъективов с фокусными

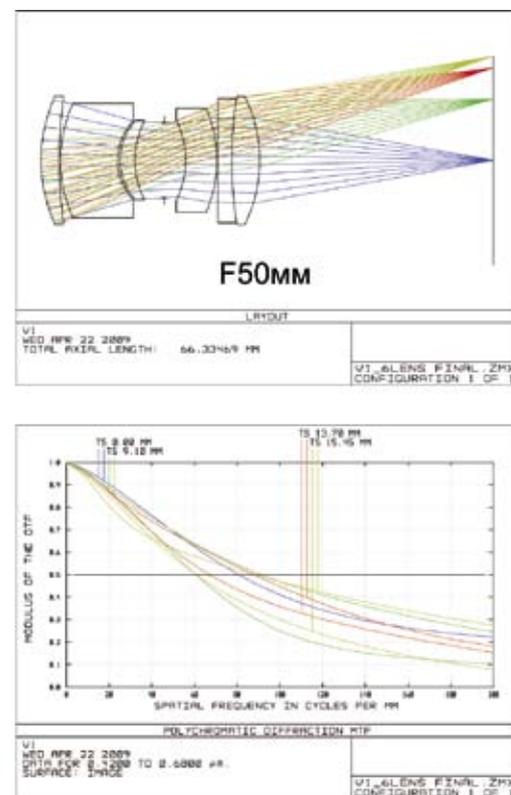
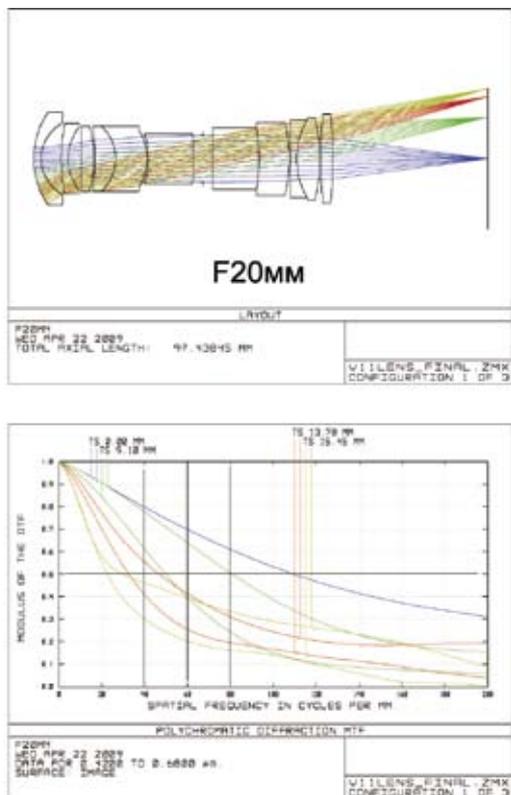


Рис. 6. Сравнение разрешающей способности стереобъективов с фокусными расстояниями 20 мм и 50 мм.

расстояниями 20 мм (относительное отверстие 1:3.9) и 50 мм (относительное отверстие 1:2.8). Особый интерес представляет объектив F20 мм (не имеет аналогов в мире) так как, обладая полем зрения 80°, освещённость в углу кадра составляет 30%, при этом дисторсия не превышает 2%, а разрешающая способность оказывается достаточной для эффективного применения 4K матриц.

Необходимость изменения базиса съёмки привела к созданию нового класса объективов (с внутренней ромбической призмой). Необходимость разработки данной системы вызвана неудовлетворительной работоспособностью внешних призмённых систем с широкоугольными объективами. На рис. 7 показана схема объектива с фокусным расстоянием 20 мм. Конструкция системы позволяет изменять базис съёмки от 40 мм до 74 мм. Достижимое качество изображения полностью соответствует требованиям эффективной передачи информации на 4K фотоприёмник. Оптимизация системы производилась с применением методов светотехнического анализа (для устранения явлений паразитных засветок фотоприёмника).

Предельно достижимое качество изображения достигнуто в объективах F100 мм и F75 мм. Качество изображения широкоугольных объективов может быть улучшено (применение асферических поверхностей и особых ма-

рок стекла), однако на практике их стоимость возрастёт многократно.

В настоящее время изготовлены и испытаны стереообъективы с несколькими фокусными расстояниями из описанной выше линейки объективов. ■

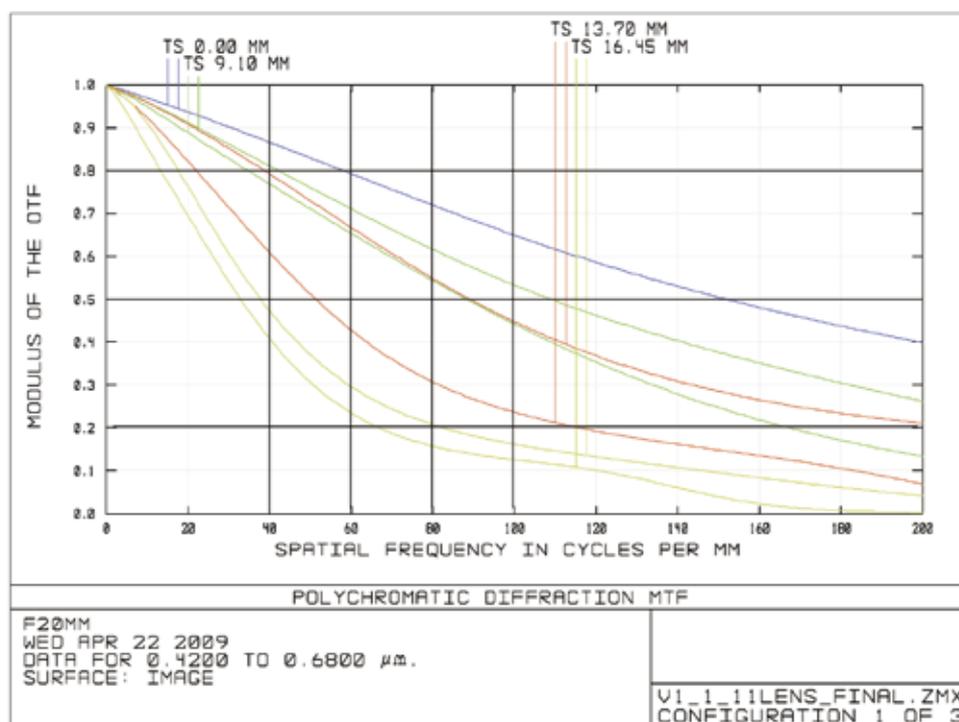
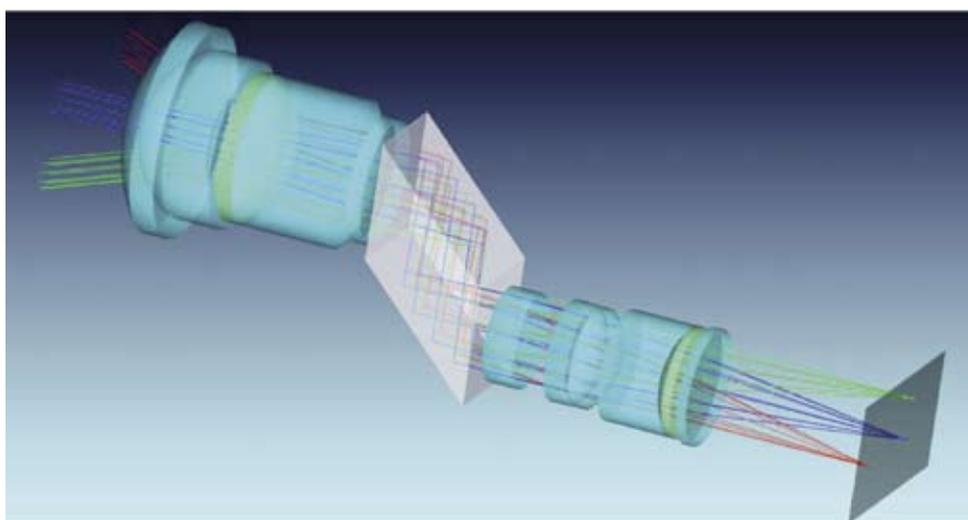


Рис. 7. Стереобъектив F20 мм с возможностью изменения базиса

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. Мелкумов, СТЕРЕО–70 и IMAX 3D – анализ технологий, "Кинемеханик" № 10 2002г.
2. А. Мелкумов, Кинесъёмочная аппаратура в стереокино, "Техника и технология кино" №1 2009 г.
3. European Broadcasting Union, document Tech 3249 (1995): Measurement and analysis of the performance of film and television camera lenses.
4. European Broadcasting Union, document Tech 3294 (2002): Offsets in back focal distances for television cameras with CCD sensors.



Современная ГОЛОГРАФИЯ И МУЗЕИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРАКТИКА

И. Женте, г. Бордо, Франция,
М.К. Шевцов, ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова», С-Пб, Россия

*Доклад на 6-ой Международной конференции «ГолоЭкспо-2009»
1-2 июля 2009, г. Киев*



■ Введение

Новой страницей в истории взаимодействия науки и культуры стало открытие Ю.Н. Денисюком отражательной голографии в белом свете. Возможность воспроизвести объёмное изображение, которое обладает удивительно реалистическими свойствами, побудило учёных, с одной стороны, и художников – с другой, к поиску возможных применений голографии в изобразительном искусстве. Прошло уже достаточно много лет с начала практического применения изобразительной голографии, чтобы оценить то, что удалось сделать, какие проблемы решены, какие остались, в каком состоянии находятся голографические технологии сегодня.

Взаимодействие специалистов по голографии с работниками музеев началось сразу, как только развитие лазерной техники и фотоматериалов для голографии позволило получать достойного качества отражательные голограммы по методу Ю.Н. Денисюка. Самые известные, красивые и интересные объекты в большом количестве находятся в музеях, поэтому первым делом началось создание галерей голограмм, где демонстрировались музейные объекты. В СССР одним из пионеров этого направления был Владимир Марков (Институт физики АН УССР), под руководством которого были открыты голографические экспозиции в Киеве, Львове, Севастополе, Ялте, появились передвижные выставки голограмм, «голографические» автобусы и вагоны агитпоездов. Лучшие лаборатории Москвы, Ленинграда, Минска, Тбилиси копировали музейные объекты, организовывали выставки, голографические экспозиции, в Ленинграде был даже создан голографический музей ГОИ им. С.И. Вавилова.

Инициаторами создания экспозиций были не музеи или музейные работники, а голографические центры и специалисты по голографии. В чём же дело?

Можно отметить две главные причины, по которым музейное сообщество не является энтузиастом голографических копий своих экспонатов. Первая, наиболее важная причина – это необходимость в подавляющем большинстве случаев перемещения объектов из музеев в голографические лаборатории, и вторая – высокие требования к качеству голограмм, которые претендуют на то, чтобы быть оптическими двойниками реальных объектов.

Импульсная голография

Низкая чувствительность фотоматериалов и необходимость обеспечить высокую стабильность во время записи диктуют конструкцию голографической установки для записи голограмм Денисюка, основанную на использовании массивных платформ, жёсткой фиксации всех элементов оптической схемы, включая сам объект, который тоже должен быть достаточно жёстким и хорошо отражать свет. Создавать такие установки в музеях нецелесообразно по многим причинам. Развитие импульсной (десятки нсек) голографии на основе Nd:YAG лазеров, генерирующих когерентный свет на $\lambda = 532$ нм, обеспечило создание компактных голографических камер. С помощью таких камер в условиях музея можно записать мастер-голограммы по схеме Лейта-Упатниекса, а затем уже в лабораторных условиях делать отражательные копии.

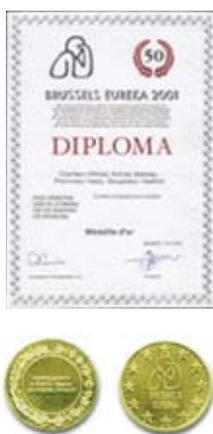
Примером использования такой техники непосредственно в музее может служить наша камера «Эмеральд» (Франция), с помо-



Голограмма бюста А.С. Пушкина, 80x120 см, Санкт-Петербург, 2005 г.

щью которой в музее была записана голограмма 60x80 см бронзовой статуи Геракла.

Весь комплект оборудования не превышает 300 кг, в основном, за счёт конструкции с большими зеркалами. Самой маленькой в мире импульсной установкой, предназначенной для работы в музеях и на выставках, является камера «ГРИФ» (Россия) [1]. С её помощью можно записывать голограммы размером 30x40 см, вес лазера с блоком питания около 50 кг, что позволяет перевозить её в салоне легкового автомобиля.



Камера «ГРИФ» на выставке голограмм (Санкт-Петербург, Россия, 2005)

Большим достижением импульсной голографии является возможность регистрировать голограммы таких музейных объектов как книги, чучела животных и ветхие и «мягкие» экспонаты, что затруднительно для голографии Денисюка. К положительным моментам, которые могут быть использованы при изготовлении голограмм, можно отнести возможность поднять дифракционную эффективность на стадии копирования, вынести к наблюдателю часть изображения из плоскости голограммы, сделать изображение многоракурсным. Особенностью импульсных голограмм является ограниченный угол обзора и, главное, голограммы остаются монохромными.

Цветная голография

Ключевым вопросом для развития цветной голографии является фотоматериал. Необходимо, чтобы он обеспечивал высокую ДЭ во всём видимом диапазоне спектра, отсутствие шума, особенно в синей области, и обладал бы высокой энергетической чувствительностью. Из существующих в настоящее время фотоматериалов для цветной голографии можно отметить промышленные фотопластинки ПФГ-ОЗЦ Славич (Россия), ВВ-пластинки компании Colour Holographic (Англия), разработанный, но ещё не выпускаемый фотоматериал с эмульсией "Silvercross" (Германия), а также фотоматериал «Ultimate», изготавливаемый Голографическим Ателье И. Женте (Франция) [2]. Кроме того, существует фотополимерный материал для цветной голографии

компании DuPont, который, к сожалению, не доступен широкой публике.

Качество цветных «Ultimate» голограмм Денисюка в сравнении с другими цветными голограммами, представленными на конференции «Голография и современные музеи» (г. Лестер, Англия, сентябрь 2008) позволило организаторам заявить, что цветная голография вышла на новый, более высокий мировой уровень. Высокая чувствительность фотоматериала и появление достаточно мощных твёрдотельных и полупроводниковых непрерывных лазеров, охватывающих весь видимый спектральный диапазон, позволили сконструировать мобильную малогабаритную (30x40x50 см) голографическую камеру для записи цветных голограмм Денисюка в музеях [3]. Записанные в 2009 году с помощью камеры цветные голограммы были представлены на музейной выставке в Париже SITEM.



Ив Женте с мобильной голографической камерой



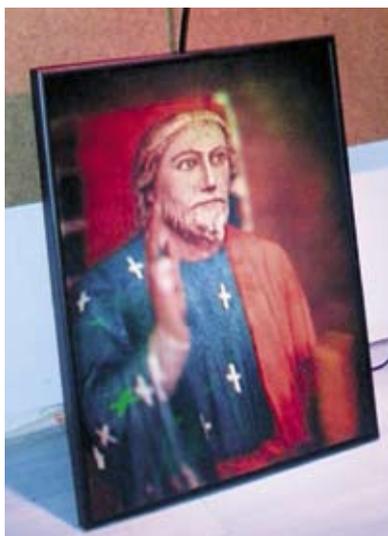
Цветные голограммы живописных картин

Освещённые лазерным светом камеры похожи на «оптические клоны» цветных объектов. Впервые на цветном материале «Ultimate» были записаны голограммы картин, написанных маслом. Результат оказался весьма интересным – кроме того, что хорошо передался цвет картины, при наблюдении голограммы под разными углами можно было наблюдать характерный рельеф от мазков кисти. Подробности работы камеры описаны во французском журнале «Science et Vie» («Наука и жизнь»), март 2009 г. Таким образом, музейному сообществу голография предоставляет как научную идею Ю.Н. Денисюка, так и техническое решение для получения оптических копий произведений искусства, естественно, с определёнными ограничениями, свойственными голографии.

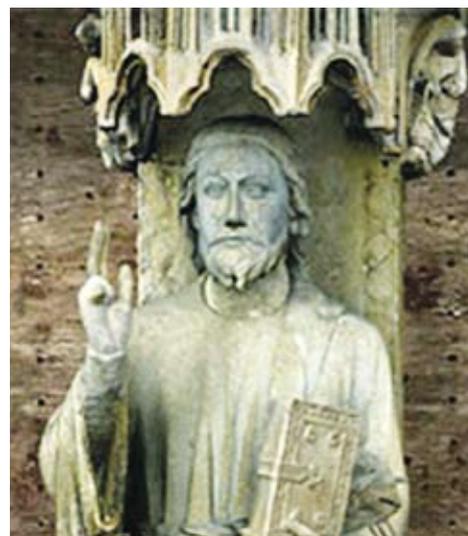
Возможные применения в музеях цветных голограмм Денисюка:

- Архивное хранение голограмм наиболее ценных объектов;

- Демонстрация голограмм отсутствующих объектов или когда объекты слишком хрупкие или ветхие для показа;
- Запись археологических объектов на месте их обнаружения;
- Запись голограмм объектов до и после реставрации для проведения сравнительного анализа;
- Обмен голограммами между музеями;
- Привлечение посетителей необычайно впечатляющим видом цветных голограмм Денисюка;
- Изготовление голографических копий известных объектов для других музеев, коллекционеров и людей, заинтересованных в голограммах, которые видели оригинал;
- Создание тематических коллекций объектов, разбросанных по всему миру, в одном месте, благодаря голограммам из различных уголков мира;
- Организация передвижных выставок музейных коллекций;
- Изготовлений VIP подарков с использованием голограмм музейных объектов;
- Голографический принтер.



3D-голопринт статуи «The Good Lord» с восстановленным цветом



Оригинал статуи в Соборе г. Армен (Франция)

Третьей технологией современной голографии, которая может использоваться для решения музейных задач, является попиксельная запись голограмм из 3D файла, видеofайла или серии последовательных фотографий. Технология только начинает искать своё применение в музейном деле, но в качестве примера уже можно привести работу по созданию цветной голограммы старинной скульптуры.

В программу были заложены данные объёмного сканирования. Обнаруженные при реставрации частицы пигментов позволили «раскрасить» голографическое скульптурное изображение и показать его на голограмме таким, каким его видели современники.

В основе голографического принтера лежат последние достижения в области голографии, голографических фотоматериалов, интерференционной оптики, лазерной техники, программирования оптических преобразований,

точной механики. Области широкого применения голографического принтера, в том числе и в музейном деле – дело ближайшего будущего, однако уже сейчас можно считать, что появилось новое художественное направление: 3D компьютерное голографическое искусство. Первая выставка компьютерных художников, использующих эту технологию, уже состоялась в Голливуде, где было показано 12 работ, которые представляли собой цифровые кинетические голограммы, изготовленные по самой последней технологии компании RabbitHole. Будучи напечатанными на совершенно плоской поверхности, они воспроизводили до 1280 ракурсов полноцветных объёмных изображений, передающих плавное 10-секундное движение.

Предметы искусства, в которых использованы голограммы любого типа, могут также стать музейными экспонатами, и это ещё одно направление, которое связывает голографию и музеи.

Выводы

Изобразительная голография предлагает специалистам, занимающимся хранением, реставрацией, распространением, популяризацией и демонстрацией произведений искусства, свои научные и технологические разработки, которые можно использовать в каждом из перечисленных направлений. Дело за музеями и их спонсорами. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевцов М.К., Корнев А.Ф., Покровский В.П., Ступников В.К. Портативная голографическая камера «GREEF» и её практическое применение. Оптический журнал, 2006, Т. 76, № 7. С. 45–48.
2. Женте И., Шевцов М.К. Цветная голография с использованием фотоматериала «ULTIMATE». Сборник трудов 4-ой конференции «Холоэкс-2007». С. 58–59.
3. Женте И., Шевцов М.К. Мобильная голографическая камера для записи цветных голограмм на высокочувствительном материале «ULTIMATE». Сборник трудов 5-ой конференции «Холоэкс-2008». С. 47–48.
4. www.museum-holography.com
5. www.3dholoprint.com



ПОЛУЧЕНИЕ ЦВЕТНЫХ ЦИФРОВЫХ ГОЛОГРАММ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА

С. Захаровас,
Е. Кучин,
А. Никольский,
GEOLA, Литва

Доклад на 6-ой Международной конференции «ГолоЭкспо-2009»
1-2 июля 2009, г. Киев



Коллектив сотрудников лаборатории «GEOLA» с прибором HoloCam. Лаборатория HoloCam

■ Цифровая голографическая печать – это метод экспозиции фотоматериалов для получения голографического изображения, при котором информация об изображаемом объекте попиксельно комбинируется из серии цифровых компьютерных изображений, содер-

жащих информацию об изображаемой сцене. HoloCam – прибор для работы с реальными сценами, был специально разработан под съёмку живых сцен для илюмограмм (торговая марка цифровых голограмм Геолы). Камера в HoloCam направлена всегда в центр снимаемой сцены и движется по прямой, вдоль рельса, расположенного параллельно сцене. Выбор траектории движения камеры повторяет траекторию проектирования голопикселей сцены на плоскость илюмограммы в процессе голографической печати (рис. 2).

Илюмограмма создаётся из серии изображений, поэтому кажется возможным использование любой камеры для съёмки необходимого материала для печати илюмограммы. Поскольку движение камеры HoloCam невозможно повторить, держа камеру в руках, то до сих пор бытовало мнение, что только с помощью HoloCam возможно снять живые объекты для их последующего запечатления на голограмме. Пытаясь найти альтернативный процесс съёмки видеоматериала, нами была промоделирована съёмка вращающейся сцены неподвижной камерой (рис. 3).

На рис. 4 показаны результаты виртуальной съёмки неподвижной сцены камерой типа HoloCam и результаты съёмки вращающейся сцены статичной камерой. Из полученной серии изображений (рис. 4) видно, что изображения, полученные различными методами съёмки,

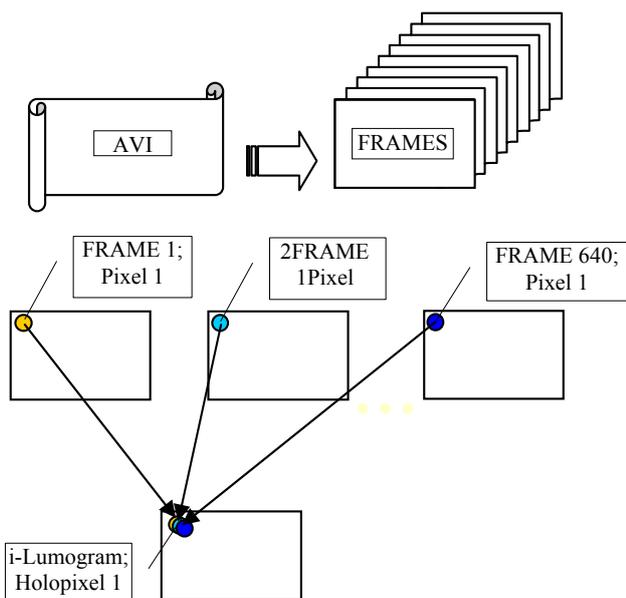


Рис. 1. Схема получения цифровых голограмм

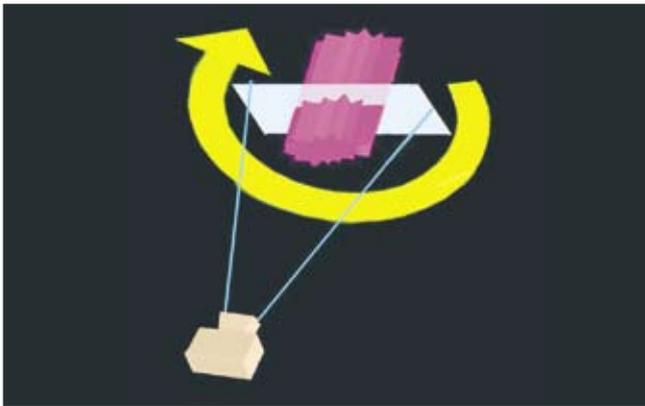


Рис. 3. Съёмка камерой HoloCam при вращающейся сцене

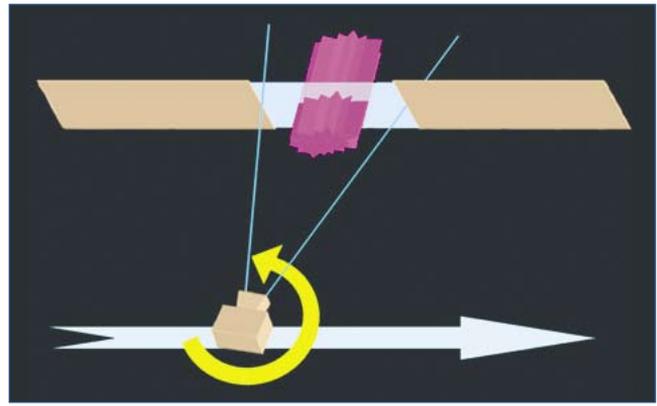


Рис. 2. Схема движения камеры HoloCam по рельсу

различаются как размером, так и расположением относительно друг друга. Но центр сцены, а точнее объекты, находящиеся на плоскости изображения, различаются, по большей части, лишь размером (рис. 5), что достаточно легко корректировать при помощи простейших алгоритмов обработки компьютерной графики. Из этого следует, что любую видеокамеру можно использовать для съёмки серии изображений для иллюмограмм, соблюдая следующие правила: объект съёмки должен вращаться в районе плоскости изображения, и сама иллюмограмма не должна быть более 30x40 см, иначе становятся заметны

искажения из-за неполного соответствия такого метода съёмки требованиям голографического принтера.

Наличие видеокамеры в большинстве современных мобильных телефонов позволяет использовать их для получения серии изображений, содержащих необходимое количество информации для их последующей печати на цифровом голографическом принтере. Для записи портрета человека с помощью мобильного телефона достаточно вращения головы снимаемого. На иллюмограмме лицо и другие вращающиеся части тела будут выглядеть объёмными. ■

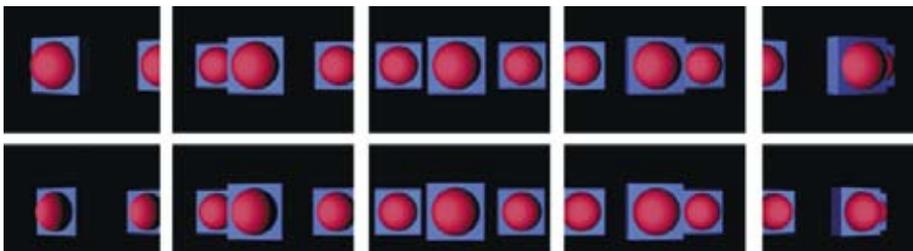


Рис. 4. Серия изображений, снятых в среде трёхмерного моделирования. Верхний ряд снят статичной камерой при вращающейся сцене. Нижний ряд снят камерой, привязанной к центру сцены, при передвижении её вдоль сцены (HoloCam)

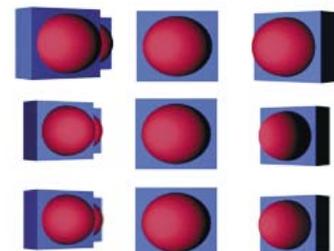


Рис. 5. Изображения центральных объектов кадра, снятых в среде трёхмерного моделирования. Верхний ряд – статичная камера, вращающаяся сцена; средний ряд – камера HoloCam, вращающаяся камера; нижний ряд – наложенные друг на друга верхний и средний ряды с эффектом прозрачности. Изображения верхнего ряда уменьшены



Рис. 6. Съёмка видеотелефоном трёх ракурсов бюста девушки для последующего получения иллюмограммы

ЛИТЕРАТУРА

1. Brotherton-Ratcliffe David. Large format digital Colour Holograms Produced using RGB Pulsed Laser Technology. Proc.7th International Symposium on Display Holography, ISBN 0955352711, 200-209 (2006, UK).
2. Zacharovas Stanislovas. Advances in Digital Holography, IWHM 2008 International Workshop on Holographic Memories Digests, 55-67 (2008, Japan).



ГОЛОГРАФИЯ – философская основа и научный инструмент нанотехнологий

В.А. Ванин, к.т.н., ОАО «Мособлзнак», г. Фрязино Мос. обл., Россия

Б.Г. Турухано, д.физ.мат.н., ЛИЯФ, г. Гатчина, Россия

В.А. Шулаков, к.т.н., Физический колледж, г. Минск, Республика Беларусь

Доклад на 6-ой Международной конференции «ГолоЭкспо-2009» 1-2 июля 2009, г. Киев

И сказал Бог: «Да будет Свет»

■ В этом докладе будет продолжено рассмотрение идей и вопросов, связанных с особой ролью голографии в формировании нового взгляда на устройство Вселенной [1-4]. Это четвёртое моё выступление на этой конференции. Обоснованием целесообразности обсуждения этих вопросов является нарастающий объём информации по использованию голографической аналогии для объяснения сложных либо вовсе непонятных явлений в различных областях жизни. Корни такого интереса к голографии, на мой взгляд, определяются её свойствами, в том числе:

- применимостью для всех видов волновых полей;
- распределением информации о каком-то событии или точки объекта по всему полю голограммы;
- возможностью ассоциативного поиска и обработки информации.

Я полагаю, что эти свойства голографии и выдвинули её на роль перспективной модели устройства нашей вселенной, что и явилось главным побудительным моментом широкого к ней интереса. Направленность данного доклада – показать, что любимая наша наука является также базой и для столь модного ныне направления человеческой деятельности – нанотехнологий.

Приоритет голографии важно застолбить именно сейчас, поскольку недавно известный писатель и футуролог Артур Кларк в рамках прогноза на XXI век предсказал, что в 2040 году с помощью нанотехнологий можно будет создавать объекты любой сложности. Бриллианты и деликатесная еда могут быть сделаны в буквальном смысле слова из грязи.

Голографический подход к познанию нашей Вселенной, основанный на принципе её не нарушаемой целостности, впервые применил английский физик Дэвид Бом. Он также ввёл термин «Голодинамика», связывающий скрытый и развёрнутый порядки нашей Реальности и применимый для всех типов волновых полей во всём объёме

пространственно-временного континуума [3]. Наиболее близким к понятию «Голодинамика» из имеющихся во круг нас физических сущностей можно отнести зеркало, являющееся примером динамической голограммы пространственно-временной «ткани» нашего мира. Здесь я хотел бы обратить ваше внимание на тот не замечаемый многими факт, что любой фрагмент окружающего нас пространства обладает свойствами зеркала в представлении Д. Бома. Он считает, что информация о целом предмете динамически свёрнута в каждой части пространства, а потом развёрнута в изображении. Сходный принцип свёрнутости и развёрнутости можно наблюдать в широком спектре опыта. Например, свет от каждой части комнаты содержит информацию обо всей комнате и свёртывает её в крохотном участке, который проходит через зрачок нашего глаза, развёртывается хрусталиком, и нервная система, мозг и каким-то образом сознание производят ощущение целой комнаты. Свет, проникающий в телескоп, сходным образом свёртывает информацию обо всей вселенной пространства и времени. И, говоря более обще, движения всевозможных волн свёртывают целое в каждой части Вселенной. Следует отметить, что мысль эта не нова: на протяжении веков большие умы человеческие пытались осознать механизмы зрительного восприятия. Так, Лукреций Кар, мысли которого были созвучны Ю.Н. Денисюку, в своём трактате «О природе вещей» писал:

*... Есть у вещей то, что за призраки их почитаем:
Тонкой подобно плеве от поверхности тел отделяясь,
В воздухе реют они, летая во всех направлениях.
...заключает поверхность предметов
Множество крохотных тел, что способны от них
отрываться
В точном порядке, всегда сохраняя их облик и форму...*

Гипотезу Д. Бома о том, что наша Вселенная является голографической проекцией некоего скрытого Порядка, поддержали известные учёные-астрономы: лауреат Нобелевской премии по физике за 1999 год Герардус Т. Хофт (Голландия) и Крейг Хоган (Craig Hogan), директор

центра квантовой астрофизики лаборатории Ферми. По их мнению, наша Вселенная представляет собой сферу, поверхность которой состоит из элементов планковской длины (1.6×10^{-35} м), и каждый несёт в себе информацию – бит. А то, что внутри, – созданная ими голограмма [5]. Согласно голографическому принципу количество информации, которое содержится на поверхности сферы, должно совпадать с количеством информации внутри этой сферы. Следовательно, размер элементарных пикселей (кирпичиков), составляющих наш мир, должен быть значительно больше – примерно 10^{-16} м (рис. 1). Именно такой шум обнаружили учёные из лаборатории под Ганновером, пытающиеся «поймать» гравитационные волны с помощью гигантского интерферометра GEO 600. Если тщательный анализ подтвердит этот факт, то гипотеза Д. Бома станет подтверждённой научной теорией.

Здесь я хочу задержать ваше внимание, чтобы осознать этот факт. Думаю, что не все готовы согласиться считать себя голографическим изображением. Но, мне кажется, что это ничуть не хуже, чем быть потомком обезьяны Дарвина. Всё дело в привычке.

Полагаю, что я убедил вас в том, что голография является философской основой нанотехнологий, теперь посмотрим, какие научные инструменты могут быть задействованы для создания и трансформации материи с помощью методов голографии.

Обратимся к эпиграфу этого доклада: «Да будет Свет». Он взят из Библии, которая, как известно, является кладезем мыслей об устройстве нашего мира. Цитируемая мысль проста – свет, в широком понимании этого слова, является первоосновой всего сущего во вселенной вообще и на Земле, в частности. Эту идею взаимных превращений света и вещества поддерживали практически все великие физики, внесшие существенный вклад в создание квантовой теории. В частности, А. Эйнштейн и Э. Шредингер считали, что все дискретные образования: элементарные частицы, атомы, фотоны и т.д. – есть сингулярности (специальные области) поля [6]. Кстати, обобщая свойства фотона и материальной частицы, Шредингер пришёл к своему знаменитому уравнению, которое по своей логике во многом означает представление частицы в виде локализованной волны. Условием превращения света в вещество является обеспечение стабильности локализованного кванта электромагнитного поля. Наш современник, физик Г.Ш. Киракосян показал [7], что эта стабильность связана с числом волн, образующих пакет кванта в виде стоячих волн. Чтобы представить такую возможность, воспользуемся мысленным экспериментом по локализации фотона. Для наглядности можно вообразить, например, что фотон, попадая в систему, образованную из нескольких зеркал, равномерно расположенных по кругу, бесконечно циркулирует там, отражаясь по очереди от каждого соседнего зеркала (рис. 2).

Представим теперь, что, приближая одновременно все зеркала к центру круга, сохраняя при этом их начальные угловые расположения, мы «спрессовываем» волновой пакет фотона в объёме, соизмеримом с размером длины его волны. В этом случае мы будем иметь дело с суперпозицией многих волн, имеющих очень близкие значения длины (отличающиеся только в соответствии с соотношениями неопределенностей) и примерно равные энергии, следовательно, и равные амплитуды, согласно классического представления фотона.

Описанные условия являются достаточными для проявления объёмной интерференции волн. В работе найден закон перераспределения энергии в объёме, и, в частности, показано, что одноволновая локализация соответствует частицам электрона и позитрона, шестиволновая стоячая волна соответствует частицам протона, нейтрона и их античастицам (рис. 3).

Итак, первичной основой материи по Киракосяну является фотон, а остальные три вида элементарных частиц – протон, нейтрон, и электрон, образующие всё многообразие материальных предметов, являются его производными. С методологической точки зрения его подход заключается в представлении существующих квантовых законов, как проявлений тех же причинных законов, установленных в макромире, в которых налагаются (или учитываются) постоянное, минимально возможное количество первоосновы материи и её свойство – находиться в непрерывном колебательном состоянии.

Другое объяснение физических процессов, происходящих во вселенной, предложено профессором кафедры экспериментальной ядерной физики и космофизики Национального исследовательского ядерного университета (МИФИ) Б.У. Родионовым. Я познакомился с его теорией



Рис. 1. Голографическое устройство нашей вселенной

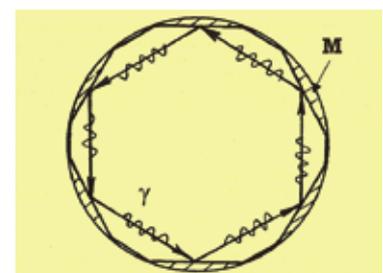


Рис. 2. Схематическое представление циркулирующего фотона

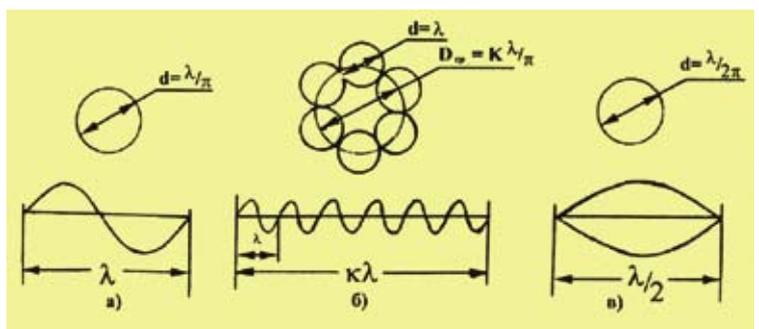


Рис. 3. Возможные формы стоячих волн локализованного кванта поля

на семинаре Ю.С. Владимирского на кафедре теоретической физики физфака МГУ. Борис Устинович на этом семинаре делал доклад с интересным названием «Ядерный ключ к мировым загадкам». В основе его теории лежит предположение, что тёмная материя Вселенной, которая по оценкам астрофизиков составляет не менее 90% всей массы Вселенной, нитевидна и пронизывает все тела Вселенной, обуславливая их всеобщую взаимосвязь. Основа нити тёмной материи – «кварковый смерч» – солениод из кварковых вихревых токов, заключающий внутри себя стабилизирующий квант магнитного потока – флюксонид Ф.Лондона. Электронная оболочка «смерча» с заключённым внутри неё кварковым солениодом и образуют цилиндрические атомы или флюксы (флюкс – сокращение слова флюксонид, совпадает с англ. flux – поток). Теория флюкса [8, 9] строится аналогично классической модели «сферического» атома Бора. При типичном для обычных ядер диаметре длина флюкса может быть неограниченной. Из-за высокой (почти ядерной) плотности электронов электронная оболочка флюкса является бозе – конденсатом и нити флюксов можно рассматривать как тончайшие сверхпроводники. Солениодальные ядра флюксов способны к неограниченному росту за счёт захвата ими кварков – квазисвободных в ранней Вселенной, а ныне составляющих протоны и нейтроны обычных – сферических атомных ядер. Малый (почти ядерный) диаметр и электрическая нейтральность флюксов объясняют их свободное прохождение через обычное плотное атомно-молекулярное вещество и тот факт, что они до сих пор не обнаружены. Однако протекание токов вдоль флюксов или их высокая концентрация могут быть причиной заметного взаимодействия флюксов с окружающим их обычным веществом. Способность флюксов взаимодействовать с обычным веществом приводит к многочисленным наблюдаемым эффектам, пока не получившим признанного объяснения и потому считающихся «таинственными». Интересно отметить, что теория «флюксов» Радионова не противоречит действующей квантовой электродинамике, основные принципы которой так доходчиво изложил Р. Фейнман в [10]. Принято считать, что в научной теории столько истины, сколько в ней математики. За этим утверждением скрывается осознание того факта, что логика и законы математики нам даны свыше и что она (математика) есть чистая (божественная) энергия Бытия. Хорошим примером тому является знаменитая формула Альберта Эйнштейна $E = mc^2$, связывающая взаимные превращения света и вещества. Возникает естественный вывод о наличии возможности управления свойствами материи путём изменения её состояния, которое, в свою очередь, зависит от условий опыта. Может быть два решения – божественное и научное. В какой то мере их можно сравнить с аналоговым и цифровым способами получения голограммы. В аналоговом методе – структура голограммы формируется автоматически при интерференции опорного и объектного пучков. При цифровом способе получения голограммы нам приходится эту структуру рассчитывать, что является

крайне сложной задачей и не всегда выполнимой. Для того чтобы световое поле превратить в вещество с заданными свойствами, мы должны максимально полно описать объект на языке математики и получить соответствующую динамическую голограмму, которая будет служить программой для материализации световой волны в заданный объект. Но, даже получив планируемый результат, может потребоваться его «оживление» «божественной искрой» – светом высшего сознания. При аналоговом (божественном) способе всё гораздо проще: нужно очень хотеть и сильно верить. Проблема в том, что дано это немногим и нет воспроизводимости результатов. Однако, это вполне научный путь – ведь познание мира происходит только через наше сознание и, значит, определяется его уровнем.

Поэтому, как говорил упоминавшийся уже Э. Шредингер, без включения Сознания в орбиту науки мы никогда не поймем, что такое Жизнь и не сможем ею управлять [11,12].

Закончить доклад хочу словами одного из мудрейших представителей рода человеческого – царя Соломона, он же Екклесиаст: «И предал я сердце моё тому, чтобы познать мудрость и познать безумие и глупость: узнал, что и это – томление духа; потому что во многот мудрости много печали; и кто умножает познания, умножает скорбь». Так-то оно так, но Путь этот нам предписан свыше. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ванин В.А.* Изобразительная голография: ретроспективный обзор и прогноз. М.: ИПП «КУНА», МТК №4, 2007. С. 17–22.
2. *Ванин В.А.* Голографическая парадигма мира. М.: ИПП «КУНА», МТК №6, 2007. С. 15–19.
3. *Ванин В.А.* Фотография и голография – научные инструменты механистического и органистического (целостного) способов мышления, а также восприятия и моделирования окружающего нас мира. М.: ИПП «КУНА», МТК №9, 2008. С. 10–14.
4. *Туруханов Б.Г., д.физ.-мат.н., засл. изобретатель РФ, Туруханов Н., к.физ.-мат.н., засл. изобретатель РФ, Добырин В.В., к.т.н., Ванин В.А., к.т.н., Кормин Е.Г., Кормин В.Е., Лавров Ю.М.* Исследование и разработка измерительных голографических наносистем линейных и угловых перемещений. М.: ИПП «КУНА», МТК №12, 2009. С. 14–17.
5. Голографическая Вселенная, Интернет-портал «Природное наследие», mdsi, март 2009.
6. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. М.: ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия», 1966.
7. *Киракосян Г.Ш.* Логическая физика элементарных частиц, М.: ООО «Гном-Пресс», 1999. С. 124.
8. *Ольховатов А., Родионов Б.* Тунгусское сияние, М.: «Лаборатория базовых знаний», 1999.
9. Метафизика. Век XXI. Альманах. Выпуск 2: Сборник статей под ред. Ю. С. Владимировой. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. С. 368.
10. *Фейнман Р., К.Э.Д.* – Странная теория вещества. «Квант», 1989.
11. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. С. 92.
12. *Шредингер Э.* Разум и материя. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. С. 96.



ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ по прикладной голографии

О.В. Андреева,
к.ф.-м.н.,
СПб ГУ ИТМО

Продолжение

Пространственная частота излучения – характеристика, определяющая направление распространения излучения в пространстве в какой-либо момент времени. Плоская монохроматическая волна характеризуется тремя пространственными частотами (ξ , η , ζ), которые обратно пропорциональны периодам волны, измеренным по осям «x», «y» и «z», соответственно:

$$\xi = (\cos \alpha) / \lambda; \eta = (\cos \beta) / \lambda; \zeta = (\cos \gamma) / \lambda,$$

где α , β , γ – углы между направлением распространения волны, т.е. волновым вектором \vec{k} и осями x , y и z , соответственно; $\cos \alpha$, $\cos \beta$ и $\cos \gamma$ – направляющие косинусы волнового вектора распространяющегося излучения; λ – период волны (длина волны излучения) в направлении её распространения; $\lambda \cos \alpha$, $\lambda \cos \beta$, $\lambda \cos \gamma$ – период волны, измеренный в направлении осей x , y и z , соответственно (рис. 10).

В большинстве экспериментов пространственная частота излучения определяется относительно оптической оси системы, которая может совпадать с одной из координатных осей. Если оптическая ось системы совпадает с координатной осью Z , то пространственная частота пло-

ской монохроматической волны с волновым вектором \vec{k} (рис.10) относительно оптической оси будет составлять величину:

$$\zeta = (\cos \gamma) / \lambda \equiv \{\sin(90 - \gamma)\} / \lambda.$$

Следует отметить, что пространственная частота представляет собой аналог временной частоты при задании физической величины в виде функции не времени, а координаты. Временная частота f_b характеризует изменение функции по времени с периодом $T = 1 / f_b$ [с], где $f_b = 1/T$ [с⁻¹]. (Традиционно термин «частота» используется при обозначении именно временной частоты). Пространственная частота f_n характеризует изменение функции по координате с периодом $T = 1 / f_n$ [м], где $f_n = 1/T$ [м⁻¹].

Регистрация голограммы (запись голограммы) – процесс физического взаимодействия излучения с регистрирующей средой, в результате которого пространственное распределение интенсивности в регистрируемой интерференционной картине преобразуется в соответствующее распределение каких-либо параметров среды. Для регистрации голограммы необходимы: источник излучения; голографическая схема; регистрирующая среда, разрешающая способность которой должна обеспечить запись максимальной пространственной частоты голограммы, и голографическая установка, обеспечивающая стабильность элементов голографической схемы и регистрирующей среды при регистрации голограммы.

Регистрация голограммы в линейном режиме – обеспечивается в случае, когда амплитуда голограммы (точнее, амплитуда модуляции оптического параметра в голограмме) прямо пропорциональна воздействующей экспозиции (плотности энергии на единицу площади данного участка регистрирующей среды). При нарушении прямой пропорциональности между указанными величинами режим записи оказывается нелинейным.

Регистрирующая среда динамическая – инициированные световым воздействием изменения параметров регистрирующей среды происходят непосредственно в процессе записи информации (под воздействием излучения). Различают:

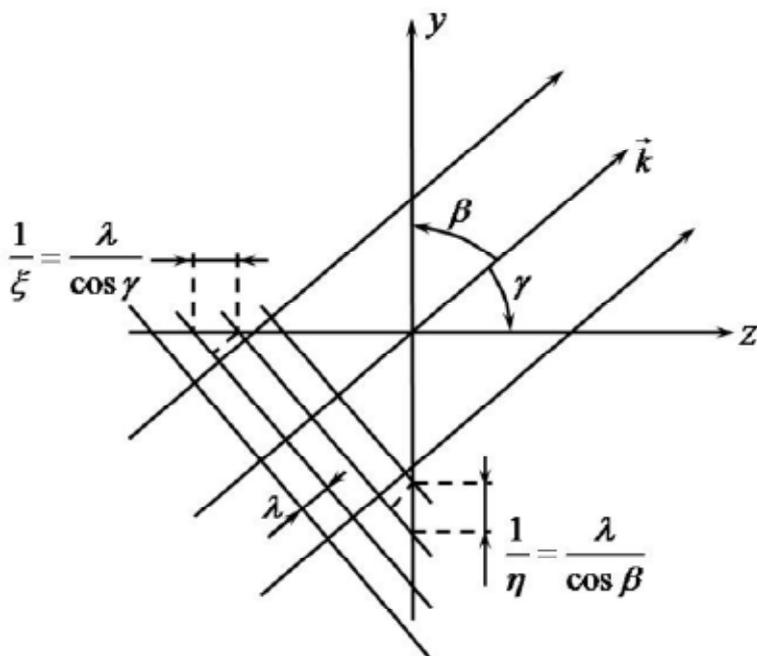


Рис. 10. Распространение плоской монохроматической волны с волновым вектором \vec{k} в плоскости y, z .

- регистрирующая среда динамическая с нелокальным откликом (фоторефрактивная) – пространственное распределение фотоиндуцированного показателя преломления при записи синусоидальной интерференционной картины сдвинуто по фазе по отношению к распределению интенсивности в регистрируемой интерференционной картине;

- регистрирующая среда динамическая с локальным откликом (фоторефрактивная) – пространственное распределение фотоиндуцированного показателя преломления при записи синусоидальной интерференционной картины синфазно или противофазно распределению интенсивности в регистрируемой интерференционной картине.

Регистрирующая среда реверсивная – изменения параметров регистрирующей среды, происходящие под воздействием излучения, носят обратимый характер.

Регистрирующая среда со скрытым изображением – изменения параметров регистрирующей среды, происходящие под воздействием излучения непосредственно в процессе записи информации (воздействия излучения), являются незначительными и проявляются в результате дополнительной обработки среды после экспонирования (в процессе постэкспозиционной обработки). Регистрирующие среды со скрытым изображением обладают, как правило, значительно более высокой чувствительностью, так как при постэкспозиционной обработке скрытое изображение многократно усиливается.

Регистрирующие среды для голографии – светочувствительные материалы, предназначенные в первую очередь для целей голографии, в которых регистрируемая интерференционная картина инициирует возникновение соответствующей пространственной модуляции, по крайней мере, одного из параметров среды: коэффициента поглощения α , показателя преломления n , или толщины материала T . Регистрирующие среды для голографии имеют специфические особенности, которые следует учитывать при их применении и разработке. Кроме основных сенситометрических характеристик (чувствительность, спектральная чувствительность и т.п.) для голографических регистрирующих сред большое значение имеют параметры, определяющие возможность регистрации голограмм определённого типа.

- Разрешение материала – определяет возможность использования данного материала в определённой голографической схеме.

- Толщина материала – одна из важнейших характеристик голографических регистрирующих сред: соотношение между периодом голограммы и её толщиной определяет тип голограммы (двумерная или трёхмерная) и ряд важнейших характеристик, таких как: селективность, количество порядков дифракции, и т.д.

- Фотоотклик материала на световое воздействие определяет тип голограммы: амплитудная, фазовая, рельефно-фазовая, а также характер изменения оптического параметра – обратимый или необратимый (соответственно, регистрирующие среды могут быть ре-

версивными и нереверсивными, а зарегистрированные голограммы – динамическими или статическими).

Практическая реализация многочисленных приложений голографии и развитие голографии как науки невозможны без существования и совершенствования регистрирующих сред для голографии. На первых этапах развития голографии усилия были сосредоточены на поиске путей повышения разрешающей способности и совершенствования методов химико-фотографической обработки традиционных (в основном галогенидосеребряных) светочувствительных материалов. В настоящее время успешно осуществлены разработки новых типов сред, предназначенных для целей голографии.

Реконструкция голограммы – употребление этого термина подразумевает реконструкцию не самой голограммы, а объектной волны, использованной при её регистрации, поэтому в настоящее время наряду с термином «Реконструкция голограммы» всё более широкое распространение получает термин «Считывание голограммы».

Свет (видимое излучение) – электромагнитное излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение человека. Границы спектральной области видимого излучения условны и могут выбираться различными для разных применений. Нижняя граница обычно считается лежащей между 380 и 400 нм, верхняя – между 760 и 780 нм. Видимое излучение содержит следующие основные составляющие с длинами волн: красную 760÷620 нм, оранжевую 620÷590 нм, жёлтую 590÷560 нм, зелёную 560–500 нм, голубую 500÷480 нм, синюю 480÷450 нм и фиолетовую 450÷400 нм. Более широкое толкование термина «свет» означает, что речь идёт об оптическом излучении, которое включает ультрафиолетовое и инфракрасное излучения, хотя непосредственно глазом они не воспринимаются.

Решением Генеральной ассамблеи Международного комитета по численным данным для науки и техники (1973 г.) скорость света в вакууме принято считать равной 299 792 458 (12) м/с.

Светофильтр – устройство, меняющее спектральный состав оптического излучения с целью выделения его отдельных спектральных участков или согласования спектральных зависимостей излучения со спектральной зависимостью чувствительности приёмников излучения. Действие светофильтров основано на использовании таких физических явлений как: избирательное спектральное поглощение (абсорбционные светофильтры), избирательное отражение (отражательные светофильтры), интерференция (интерференционные светофильтры), поляризация (поляризационные светофильтры), дисперсия (дисперсионные светофильтры). Нейтральные светофильтры равномерно ослабляют световой поток в относительно широкой области спектра. Основная характеристика светофильтра – кривая относительного пропускания, или иначе, зависимость коэффициента пропускания τ (или оптической плотности $D = -\lg\tau$) от длины световой волны. ■

Продолжение следует



ОЦЕНКА МЕТРИК ПЛОТНОСТИ для сканирования кинонегативов



Ричард Паттерсон

Evaluating Density Metrics for Scanning Motion Picture Negatives

Перевод В. Сычёва, к.т.н., ОАО «НИКФИ»

Now that digital image files are being exchanged between facilities so commonly, it is imperative that a standard method for setting up scanners be adopted. Although Cineon printing density has supposedly been an industry standard for 15 years, there has been no real consensus on how to implement it. Each facility devised its own methods for setting up its scanner and interpreting density on negatives. Academy Printing Density is a proposal from the Science and Technology Council of the Academy of Motion Picture Arts and Sciences addressing this need.

Сегодня, когда обмен файлами цифровых изображений между предприятиями стал повсеместным, необходимо принять стандартный метод настройки сканеров. Хотя Синеоновская (Cineon) копировальная плотность была, по общему мнению, промышленным стандартом в течение 15 лет, реально не было единого мнения о том, как её применять. Каждое предприятие разрабатывало собственные методы настройки сканеров и интерпретации плотностей негатива. Академическая копировальная плотность – это предложение Совета по науке и технологии Академии кинематографического искусства и науки по решению этой проблемы.

копировальных плотностей. При сканировании одного и того же негатива на трёх разных фирмах получены совершенно разные кодированные значения, хотя все являются 10-битными логарифмическими Синеоновскими файлами. Считается, что Синеоновская копировальная плотность является промышленным стандартом, но её реальное применение допускает различные интерпретации, и каждое сканирующее предприятие разрабатывает собственные методы преобразования «сырого» материала с выхода сканера в значения копировальных плотностей. Отсутствие промышленной стандартной процедуры для сканирования было одной из проблем, побудившей к



Рис. 1. Сканирование одного и того же негатива на трёх разных фирмах (Изображение взято из фильма «The Village» с разрешения Walt Disney Company)

В 2004 году один и тот же негатив был разослан для сканирования трём различным фирмам. Результат, иллюстрируемый рис. 1, ясно показывает, насколько различно фирмы настраивают свои сканеры, при этом каждая верит, что получает правильные значения Синеоновских

созданию подкомитета по формату обмена изображениями программы передовых технологий в Совете по науке и технологии Академии кинематографического искусства и науки. Академическая копировальная плотность – часть предложенного решения.

Сканер – это денситометр

Функции сканера во многом сходны с функциями денситометра. Изменения в количестве света, проходящего через плёнку, записываются в некоторой форме данных. Простейшим методом представления этих световых изменений является процентная часть от света, попадающего на сенсор при открытом кадровом окне. Таким образом, данные становятся представлением коэффициента пропускания сканируемого материала или, после простого преобразования, его оптической плотностью.

Коэффициент пропускания – это отношение прошедшего излучения или светового потока к падающему потоку при заданных условиях излучения [1]. Обратная величина коэффициента пропускания ($Q = 1/T$) – прозрачность. Поскольку для восприятия света имеют значение отношения, а не абсолютные уровни, интуитивно удобнее использовать логарифмическую шкалу, и оптическая плотность определяется как \log_{10} от прозрачности ($D = \log_{10} Q$). Таким образом, оптическая плотность $D = \log_{10}(1/T)$.

Используемые в плёнках красители различно поглощают свет на разных длинах волн. Это свойство придаёт материалам их цвет. (Сенситометрический клин, представляющий чёрное угольное покрытие на чистой основе, равномерно поглощает свет на всех длинах волн.) Поглощение красителем различных длин волн может быть представлено кривыми спектральной плотности (рис. 2).

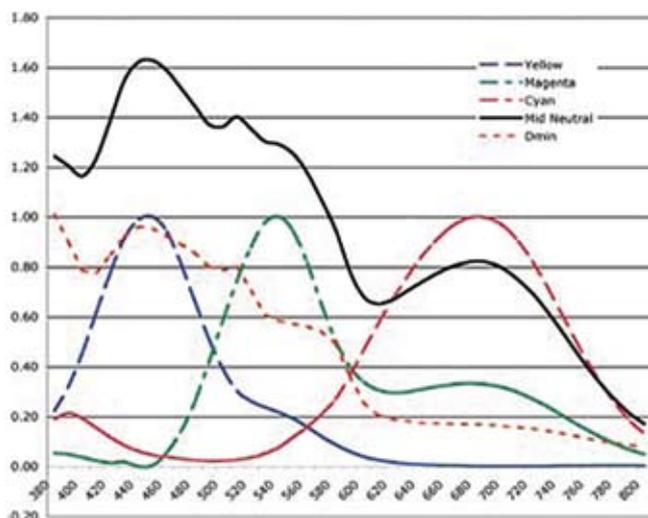


Рис. 2. Типичные кривые спектральной плотности красителей негативной плёнки

Необходимо отметить, что эти кривые получены в результате комплексного анализа плотностей реальных красителей плёнки, которая может содержать 12–14 слоёв различных красителей. Хотя кривые не представляют в точности реальные плёночные красители, они полезны для расчётов, приближённо моделирующих поведение плёнки.

Большинство источников света также излучают различную мощность на разных длинах волн, которая может быть представлена кривой спектрального распределения энергии (рис. 3).

Tungsten, Xenon, D50, D55 & D65

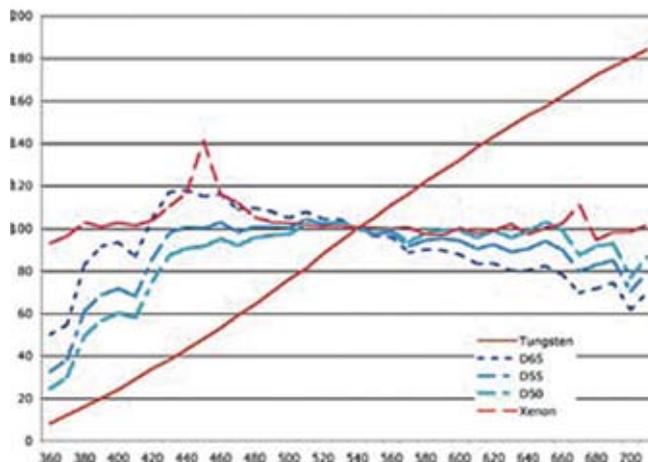


Рис. 3. Спектральное распределение мощности некоторых пространственных источников излучения

Кроме того, большинство сенсоров по-разному реагируют на свет различной длины волны. Этот отклик может быть дополнительно изменён использованием фильтров перед сенсором. В трёхлинейных сенсорах, используемых во многих сканерах, каждый ряд имеет собственный фильтр и свой спектральный отклик, которые могут быть представлены кривой спектральной чувствительности (рис. 4).

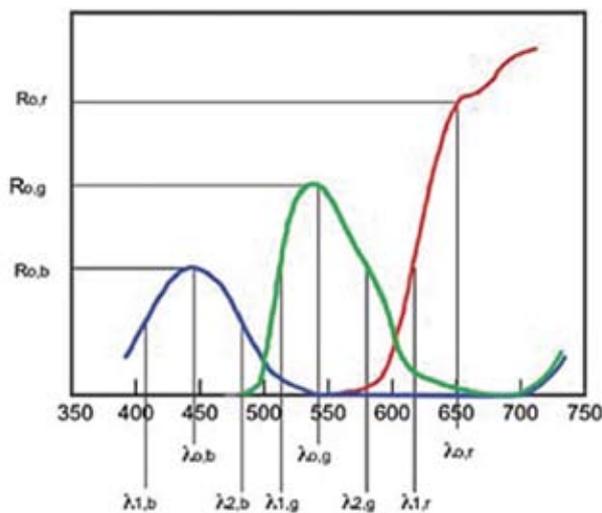


Рис. 4. Спектральная чувствительность сенсоров Kodak KLI Group 1, используемых для сканирования негативов

Для спектрально-селективных объектов, таких как формирующие изображение фотографические красители, не существует способа измерения, дающего представительную, характерную для всего класса красителей плотность, представляющую связь пропущенного и падающего света. Измерение плотности представляет интегрирование плотностей на всех существенных длинах волн; но для обеспечения возможности интерпретации это измерение должно, по крайней мере, неявно сопровождаться указанием его спектрального состава. Чтобы полностью определить

конкретный тип измерения плотности, необходимо принимать во внимание спектральное распределение энергии источника и спектральную чувствительность сенсора.

Совокупный отклик на каждой длине волны – это произведение линейных значений этих кривых на данной длине волны. Для расчёта этого отклика значения кривой плотности красителя должны быть преобразованы в линейные значения коэффициента пропускания. Если какие-либо другие кривые заданы в логарифмических единицах, для расчёта они также должны быть преобразованы в линейные. Плотность конкретного слоя красителя равна $-\log_{10}$ интеграла кривой, представляющей спектральное произведение пропускания красителя, спектрального распределения энергии источника и спектральной чувствительности сенсора. На практике она рассчитывается как сумма отсчётов через равные интервалы, обычно 2, 5 или 10 нм. Таким образом, относительно просто выполнять спектральные расчёты с заданными таблично кривыми.

Статус М, Статус А и Копировальная Плотность

Стандарты на денситометрию со Статусом М и Статусом А (ISO 5-3)[2] включают кривые спектрального отклика, определяемые произведением спектрального распределения энергии источника (т.е. света, падающего на плёнку) и спектральной чувствительности сенсора для каждого цвета через 10 нм интервалы. Для измерения пропускания в стандартах представлен совокупный спектральный отклик «открытого окна» (рис. 5).

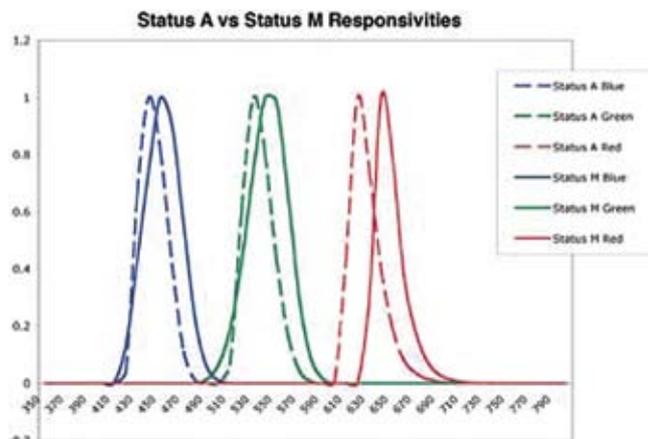


Рис. 5. Спектральные отклики измерения со светофильтрами Статус А и Статус М

В денситометрах, таких как X-Rite 310, возможно переключение между Статусом М и Статусом А и проведение обоих типов измерений на одном месте плёнки. В результате получаются различные красная, зелёная и синяя плотности для каждого типа измерений. Насколько велика будет разница, зависит от измеряемого цвета. Причина этих различий состоит в разных спектральных откликах для двух типов измерения плотности. На рис. 6 изображены спектральная плотность красителя и отклики для каждого типа плотности, чтобы показать, почему получаются разные значения плотности.

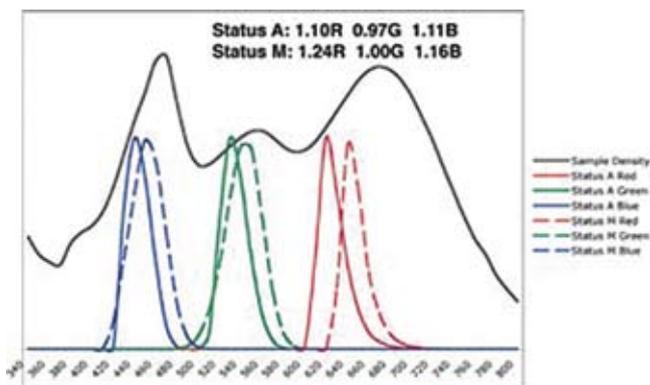


Рис. 6. Различные плотности Статус А и Статус М для одного и того же образца

Поскольку Статус М всегда используется для оценки результатов обработки негатива, может показаться естественным его выбор для метрики сканеров. Может быть разработан воображаемый сканер, считывающий плотности Статус М, но оригинальные Kodak Cineon сканеры, равно как и сканеры, используемые в операциях цифровой обработки Кодака, имеют то, что называется эффективными чувствительностями к копировальной плотности, и важно понимать почему. Некоторые старые объяснения Статуса М создают впечатление, что он также называется копировальной плотностью [3]. Однако Статус М никогда не предназначался для соответствия копировальной плотности. Он был предназначен для измерения красителей негативной плёнки более или менее на пике поглощения, как средство получения аналитических плотностей [4] и послышной информации, необходимой для контроля изготовления плёнки и химической обработки.

Копировальная плотность описывается обычно, как плотность негатива, какой её видит позитивная плёнка. Это значит, что спектральная чувствительность позитивной плёнки совместно со спектральным распределением энергии источника (т.е. лампы копировального аппарата и оптики) определяют эффективные чувствительности к копировальной плотности. Даже притом, что источник копировального аппарата можно стандартизовать, спектральная чувствительность позитивной плёнки подвержена изменениям при её развитии и улучшении. В результате не может быть единой стандартизованной метрики копировальной плотности.

SMPTE RP 180-1999 [5] определяет эффективные чувствительности, которые должны быть использованы при расчёте типовой копировальной плотности. Возможно, стандарт основан на характеристиках цветных позитивных плёнок, наиболее распространённых в 1990-х годы и признанных абсолютными. Кривые отклика в этом RP не соответствуют никаким кривым отклика современных позитивных киноплёнок, и их использование не даст предсказания копировальной плотности, которая соответствовала бы реальным копировальным плотностям негативной плёнки, печатаемой на современную позитивную киноплёнку (рис. 7). Однако на любом исто-

рическом этапе производится ограниченное количество позитивных киноплёнок, и каждая разрабатывается для использования со всеми имеющимися негативами.

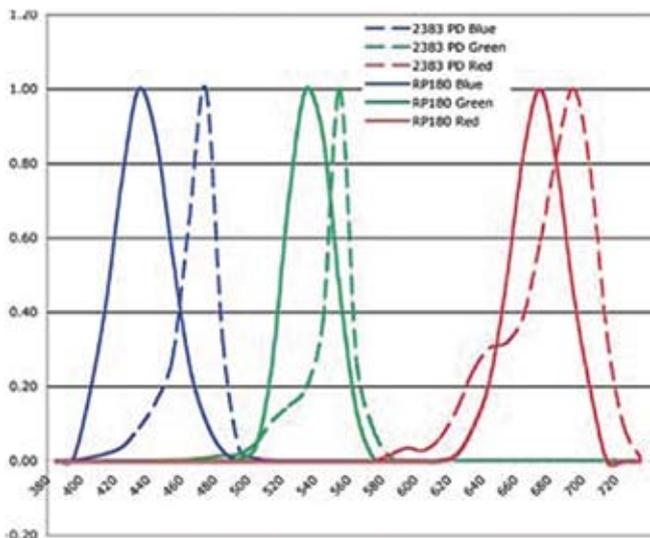


Рис. 7. Сопоставление SMPTE RP 180-1999 со спектральным производением чувствительности плёнки Eastman Kodak Vision 2383 и источника света копировального аппарата Bell & Howell Type C

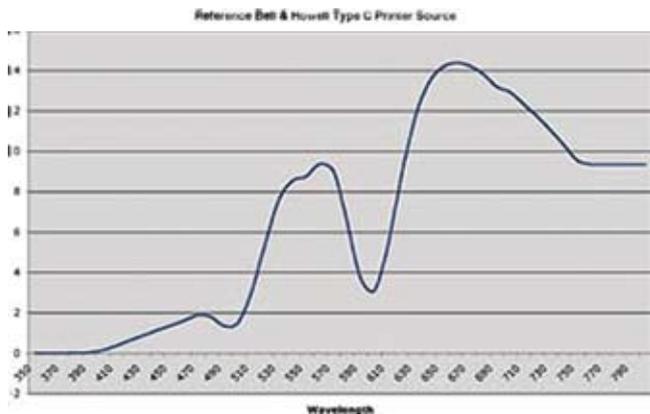


Рис. 8. Спектральное распределение мощности копировального аппарата Bell & Howell Type C на Eastman Kodak

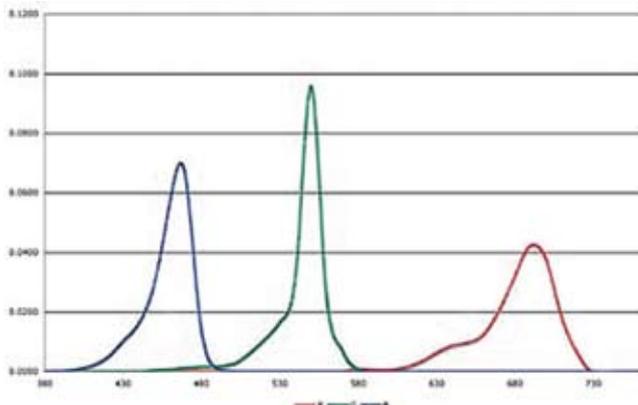


Рис. 9. Отклики, установленные для расчёта значений Академической копировальной плотности (нормированные по площади)

Объединение кривых спектральной чувствительности стандартной промышленной позитивной плёнки с кривыми спектрального распределения энергии осветителя и оптического пути стандартного промышленного копировального аппарата даст комплект кривых спектрального отклика, которые эффективно определяют эффективные чувствительности к копировальной плотности. Копировальный аппарат Bell & Howell Type C может рассматриваться как промышленный стандарт, хотя его настройки могут варьироваться на разных предприятиях. Выбор эталонного копировального аппарата отчасти произволен, но определение копировальной плотности Совета Академии по науке и технологии основано на измерениях, полученных Кодаком на копировальном аппарате в его Рочестерской лаборатории (рис. 8). Кривые отклика, определяющие Академическую Копировальную Плотность, являются производением источника этого эталонного копировального аппарата и спектральных чувствительностей цветной позитивной киноплёнки Eastman Kodak Vision 2383 (рис. 9). Полное определение Академической Копировальной Плотности, включая численные данные для кривых отклика, будет доступно на www.stcatp.org.

Разница между значениями Статус М и копировальными плотностями очевидна, но вопрос в том, насколько она велика и можно ли преобразовать одни в другие с достаточной точностью. Цветные образцы на двух негативных плёнках с различными кривыми спектральной плотности красителей могут иметь одинаковые значения плотности Статус М, но разные копировальные плотности (рис. 10). Аналогично, цветные образцы на двух различных негативах могут иметь одинаковые копировальные плотности и разные плотности Статус М (рис. 11). Необходимо также признать, что сканер может выдавать плотности, не являющиеся ни Статус М, ни копировальными. Если спектральное произведение распределения энергии источника сканера и спектральных чувствительностей сен-

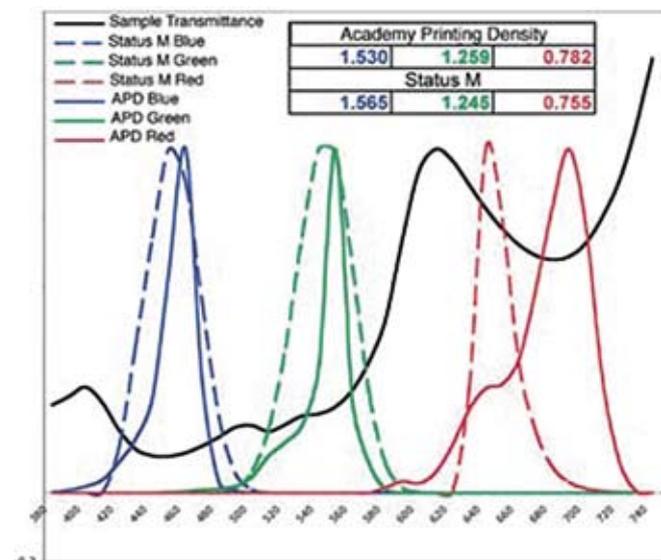


Рис. 10. Спектральные пропускания красителей и отклики, используемые при расчёте двух метрик плотности

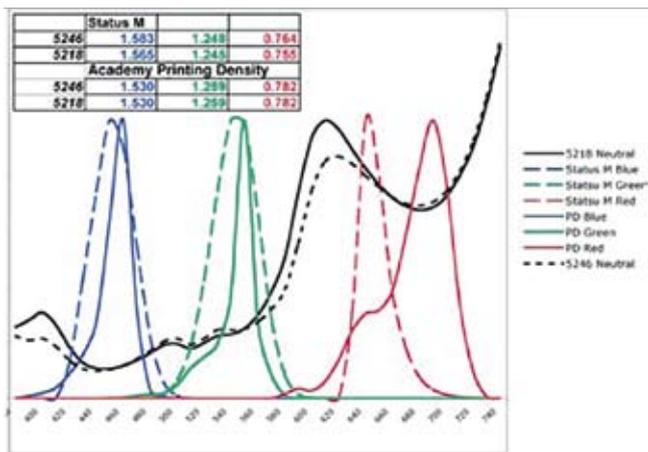


Рис. 11. Спектральные пропускания красителей и копировальные и Статус М плотности киноплёнок Eastman Kodak 5246 и 5218

соров сканера существенно отличается от кривых отклика для Статус М или копировальной плотности, «сырые» значения на выходе сканера будут «плотностями сканера», поскольку это мера плотности, как её видит сканер, а не позитивная плёнка или денситометр Статус М. Конечно, в совершенном мире все должны разрабатывать сканеры так, чтобы они соответствовали отклику либо Статус М, либо копировальной плотности.

Одинаковая плотность негатива может давать различные копировальную и Статус М плотности. На рис. 10 приведены спектральные пропускания красителей и отклики, используемые при расчёте двух метрик плотности, в таком виде, чтобы обеспечить более наглядность, нежели математическую точность. Ось Y для разных кривых шкалирована не совсем корректно.

Цветной образец на двух различных киноплёнках может иметь одинаковые копировальные, но различные Статус М плотности (рис. 11). Как и на рис. 10, кривые, представляющие совокупное пропускание красителей каждой плёнки, и отклики, используемые при расчёте каждого типа плотности, на рис. 11 приведены в неадекватном масштабе по оси Y.

Матричные преобразования в науке о цвете

Первые Синеоносовские сканеры были разработаны так, чтобы как можно точнее соответствовать существовавшим тогда позитивным плёнкам, и, кроме того, была добавлена матрица 3x3, чтобы сделать соответствие ещё ближе и компенсировать индивидуальные отличия сканеров. Это делалось в предположении, что несовпадение спектральных откликов не представляет проблемы, поскольку матрица 3x3 может скорректировать любые ошибки. Это не всегда правильное предположение.

Для новичков в науке о цвете очень легко принять базовое заблуждение о том, что можно сделать с помощью матрицы 3x3, и надеяться, как на взмах волшебной палочки, на заклинание «применим к данным необходимую матрицу». Причина в том, что в науке о цвете матрицы

3x3 используются в двух различных целях, которые легко перепутать.

Многие из тех, кто работает с цифровой обработкой изображений, знакомы с матричной алгеброй, поскольку она используется в 3D графике для преобразований положения объекта в трёхмерной Картезиановской системе координат. Это операция, включающая три линейных равенства, которые могут быть в точности представлены матрицей 3x3 или 3x4.

В науке о цвете соответствующее использование матриц 3x3, когда преобразование применяется для преобразования цветовых координат RGB из цветового пространства CIE, основанного на одном базисе первичных цветов, в цветовое пространство CIE, основанное на другом базисе. Точность этого типа операций ограничена только применяемой точностью операций с плавающей точкой.

Есть, однако, в науке о цвете и другое использование матриц 3x3, которое не может порадовать такой точностью. Если у вас есть трёхмерное цветовое пространство, определённое комплектом спектральных чувствительностей, таких как спектральные чувствительности зрительной системы человека, лежащие в основе цветовой системы CIE, и вы хотите преобразовать значения цветовых координат в значения координат в другом цветовом пространстве, определяемом тремя другими кривыми спектральной чувствительности, вы больше не можете обходиться тремя линейными равенствами. В этом случае любая матрица 3x3 может быть получена численным анализом определённого набора образцов соответствующих цветов в обоих пространствах. Если второй комплект кривых спектральной чувствительности не является линейной комбинацией первого, любая матрица 3x3 даёт только приближение с различной степенью погрешности, зависящей от расположения цвета в цветовом пространстве. Операции такого сорта – фундаментальная часть науки о цвете, но новичок может предположить, что такое использование матриц 3x3 эквивалентно матричным преобразованиям трёхмерной геометрии. Однако спектральные чувствительности плёнок, цифровых камер, сканеров и денситометров, вообще говоря, не являются линейной комбинацией друг друга.

Есть разница между сканированием негатива, цвета которого образованы в основном тремя красителями, формирующими изображение, и съёмкой объекта, в котором цвета могут быть образованы любыми мыслимыми распределениями спектральной энергии. При экспонировании позитивной плёнки диапазон возможных спектральных кривых ограничен спектральными плотностями красителей в негативе. Красители плёночной эмульсии достаточно точно подчиняются закону Бера, так что плотности для двух любых длин волн сохраняют одно и то же соотношение независимо от количества красителя (рис. 12) Даже если в плёнке использовано более трёх красителей, и различные уровни экспозиции приводят к образованию различных красителей при проявлении, тем не менее, для практических целей поведение всех красителей может

быть очень хорошо аппроксимировано одним характерным вектором для голубого, пурпурного и жёлтого красителей. В результате кривая плотности красителя может быть откалибрована таким образом, чтобы представлять различные количества трёх красителей. Это помогает упростить математику, необходимую для преобразования одной денситометрической метрики в другую, и показывает однозначность соотношения между двумя метриками, даже если это соотношение нелинейно. Для любой заданной триады значений плотностей Статус М конкретного типа негатива существует единственная соответствующая триада значений копировальных плотностей RGB для этого негатива в отношении заданной позитивной плёнки, и наоборот.

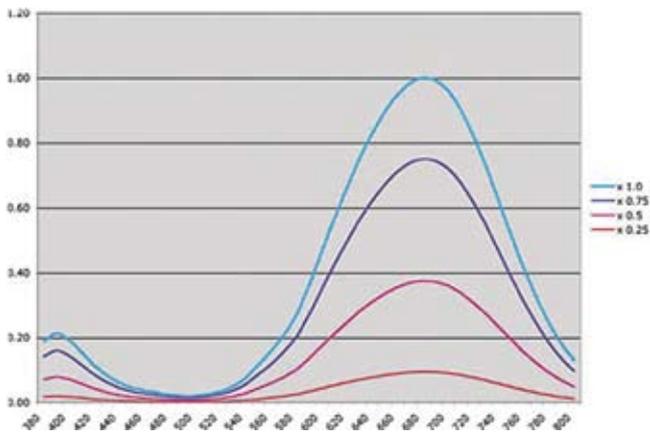


Рис. 12. В соответствии с законом Бера, отношение плотностей на любых двух длинах волн для данного красителя или комбинации красителей остаётся постоянным независимо от количества красителя

Выбор метрики для сканеров

По крайней мере, три различных типа значений плотности могут быть получены на сканере: плотность самого сканера, плотность Статус М и копировальная плотность в отношении конкретной позитивной плёнки. Никто всерьёз не предлагает кодировать «сырые» значения на выходе сканера, поэтому вопрос в том, будет ли Статус М лучшим выбором для кодирования, чем копировальная плотность.

Если можно сделать такой сканер, что его спектральный отклик будет соответствовать спектральному отклику, определяемому копировальной плотностью стандартной промышленной позитивной плёнки, тогда «сырой» выход сканера будет копировальной плотностью, что однозначно определит, какой цвет появится в отпечатке. Экспериментальным тестированием или моделированием позитивной плёнки и проекции могут быть предсказаны колориметрические значения CIE цвета, проецируемого на экран. Это будет верно, независимо от типа негатива сканируемого кинофильма.

Если интересоваться, прежде всего, цветом, который, в конце концов, получится на киноэкране при проекции копии, понятно, что копировальная плотность является лучшей метрикой для сканирования. Если спектральные

отклики сканера невозможно получить в точности соответствующими спектральным откликам, определяемым копировальными плотностями в отношении стандартной промышленной позитивной плёнки, чем ближе соответствие, тем меньше будет ошибка в предсказании проецируемого цвета. К «сырому» выходу сканера можно применить обработку, получаемую по результатам анализа ряда цветных образцов, для минимизации этих ошибок, но всё не так просто.

Если плотность сканера должна быть преобразована в копировальную плотность из-за несоответствия спектральных откликов сканера и позитивной плёнки, преобразование, необходимое для минимизации ошибок, будет зависеть от типа сканируемой негативной плёнки. Если сканируются два негатива с разными кривыми спектрального поглощения красителей, теоретически, для каждого необходимо своё преобразование из плотностей сканера в копировальные плотности. За исключением случая, когда сканер разработан так, что его собственный спектральный отклик такой же, как у позитивной плёнки, правильное сканирование кинонегативов требует настройки оператором сканера в соответствии с типом сканируемой негативной плёнки. Есть реальная разница между встроенной в сканер копировальной плотностью и компенсационной обработкой сигнала сканера для различных наборов спектральных откликов. Вопрос, конечно, в том, насколько велика разница, и будет ли фиксированное для всех типов плёнки преобразование плотности сканера в копировальную плотность допустимым для работы компромиссом.

Штриховые коды на краю негатива содержат информацию о типе плёнки и могут быть использованы для автоматической настройки сканера. В некоторых случаях, однако, неудобно менять настройки сканера на основе типа сканируемой негативной плёнки. Для монтажного ролика, например, нет простого способа для автоматического определения точного кадра, на котором расположена склейка. Придётся отдельно вводить в сканер точный покадровый монтажный лист. Это становится менее проблематично, поскольку всё большее число производителей сканируют негатив перед монтажом; однако, это остаётся проблемой при сохранении и архивировании, где необходимо сканировать смонтированные негативы.

То же самое справедливо для Статуса М. Для сканера со спектральным откликом, идентичным Статусу М, преобразование в копировальные плотности зависит от типа плёнки, что даёт при изготовлении сканера выбор спектрального отклика, идентичного Статусу М, в качестве метрики для кодирования. Опять же, мы получаем однозначное соответствие с количеством красителя, формирующего каждый пиксель кадра (полагая, что имеется достаточно данных по сканируемой негативной плёнке), но это будет на один шаг дальше от предсказания цвета в отпечатке. Это связано с тем, что для негативных плёнок нет универсального преобразования из плотностей Статус М в копировальные. ■



ПЕРВЫЕ В АНИМАЦИИ

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

В этой статье предпринята попытка систематизировать историю развития мировой анимации вместе с развитием и историей кинематографических систем, будь то звук, цвет, формат или 3D технологии. Автор попытался восстановить справедливость в праве быть первым в истории мировой анимации для нескольких «забытых» фильмов. Ведь, к сожалению, титул «первый» не только в истории анимации, но и всей истории кинематографа иногда носят фильмы, которые на самом деле занимают в ней второе, третье или даже десятое место. Это относится и к первым звуковым, и к первым цветным фильмам, как игровым, так и анимационным. Анимация была первой, ведь её история началась за много веков до рождения кинематографа...

■ Ещё наши далёкие предки поняли, что движение состоит из последовательных фаз, о чём свидетельствуют наскальные рисунки сцен охоты. В исторической литературе встречаются рассказы о том, что при проезде правителя мимо колоннады, скульптура воина поднимала руку в знак приветствия. Для получения этого эффекта движения между колоннами устанавливались одинаковые статуи, отличавшиеся друг от друга фазой подъёма руки.

В средние века с появлением книгопечатания начали издаваться книжки, состоящие из рисунков последовательных фаз движения. При быстром пролистывании такой, свёрнутой в рулон, книги создавалась иллюзия оживления рисунка.

В XIX веке за «дело анимации» взялись учёные.

1825 год. Английский врач, геолог и астроном Джон Фиттон (John Fitton) (1780–1862) и известный лондонский медик Пэри (Pary) (1785–1856) создали детскую игрушку «Тауматроп» (Taumatroop).

Принцип работы этой игрушки прост: на двух сторонах картонного диска рисуются различные составные части сюжета. При быстром вращении диска вокруг его горизонтального диаметра оба изображения сливаются и

создают третье. На рисунке вы видите один из вариантов тауматропа. На одной стороне диска изображены улетающие птицы, на другой – бегущая собака, при вращении диска будет казаться, что она охотится за птицами.

1832 год. Бельгийский учёный Джозеф Антуан Фердинанд Плато (Joseph Antoine Ferdinand Plateau) (14.10.1801–1883) разработал «Волшебный Диск», или «Фенакистископ» (Phenakistiscope). Вот как его создатель описал принцип действия своего прибора: «Аппарат состоит из картонного диска с прорезанными в нём отверстиями. На одной стороне диска нарисованы фигуры. Когда диск вращают вокруг оси перед зеркалом, то фигуры, рассматриваемые в зеркале через отверстия диска, представляются не вертящимися вместе с диском, а, наоборот, кажутся совершенно самостоятельными и делают движения, им присущие».

Принцип, на котором основан этот оптический обман, очень прост. Если несколько предметов, постоянно меняющих форму и положение, будут последовательно возникать перед глазами через очень короткие промежутки времени и на маленьком расстоянии друг от друга, то изображения, которые они вызывают на сетчатке, сольются, не смешиваясь, и человеку покажется, что он видел предмет, постоянно меняющий форму и положение».

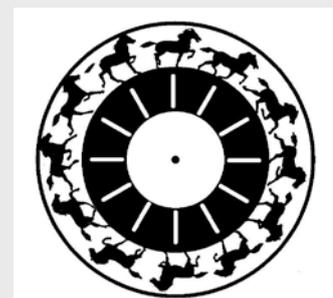
Тауматроп



Лицевая сторона

Обратная сторона

Эффект при вращении



Диск «Фенакистископа»

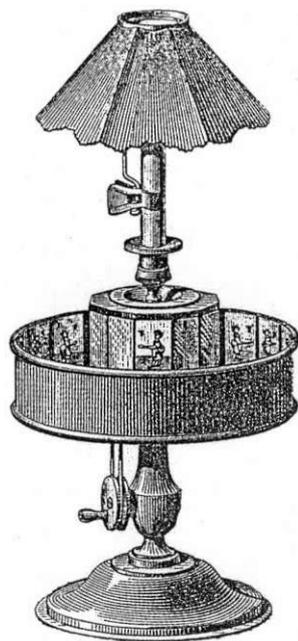
Но прежде чем этот «обман» реализовался в игрушку, Плато более пяти лет исследовал явление персистенции – способности сетчатки человеческого глаза сохранять изображение в течение некоторого времени. Он установил, что персистенция в среднем равна одной трети секунды и «зависит от силы и времени зрительного восприятия, от цвета и освещённости предмета».

1834 год. Английский изобретатель Уильям Георг Хорнер (William George Horner) (1786–22.09.1837) изобрёл в 1834 году «Дидэлам» (Daedalum) – «Колесо дьявола». В отличие от фенакистископа, он был более удобен для просмотра движущихся изображений, так как позволял наблюдать движение нескольким зрителям одновременно. На целых 30 лет изобретение Хорнера было забыто. И только 23 апреля 1867 года американец Уильям Линкольн (William Lincoln) переименовал «Колесо дьявола» в «Колесо жизни» – «Зоетроп» (Zoetrope) и запатентовал его. Конструкция зоетропа очень проста. Она состоит из барабана с открытым верхом, внутрь которого устанавливается бумажная лента с 12 картинками последовательных фаз движения. По окружности барабана над рисунками расположены 12 вертикальных прорезей, через которые ведётся просмотр. Барабан закрепляется на центральной оси и приводится в движение рукой одного из зрителей.

1853 год. Австрийский барон Франц фон Ухатиус (Franz Freiherr von Uchatius) (20.10.1811–04.06.1881) впервые начал проецировать движущиеся картинки. Он придумал проекционный стробоскоп – аппарат для показа живых изображений, соединявший в себе стробоскопический круг и «Волшебный фонарь». Во время демонстрации Ухатиус менял скорость вращения стробоскопа, что позволяло демонстрировать на экране в течение 30 секунд движущиеся изображение, состоящее из сотни фаз, то есть

за одну секунду сменять три-четыре изображения.

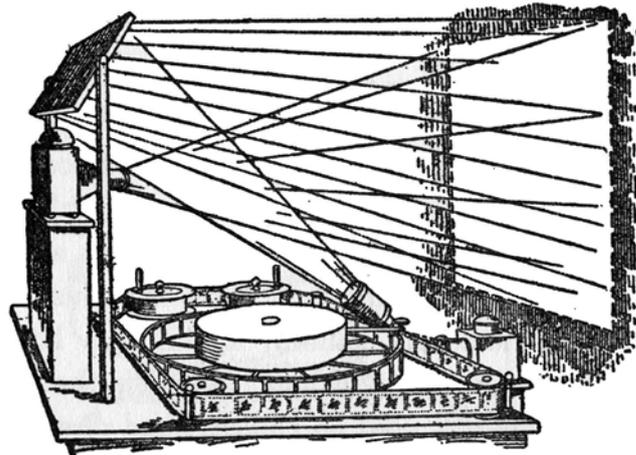
Декабрь 1877 года. Французский художник и изобретатель Шарль-Эмиль Рейно (Charles-Emile Reynaud) (08.12.1844–08.01.1918) запатентовал прибор, названный «Праксиноскопом» (Praxinoscope). Принцип работы праксиноскопа похож на зоетроп – используется такая же лента с картинками и вращающийся барабан. Но в центре аппарата помещена призма, состоящая из 12 зеркал, заменивших окошки в барабане. Каждое зеркало отражает одну из 12 картинок. Во время вращения зритель видит



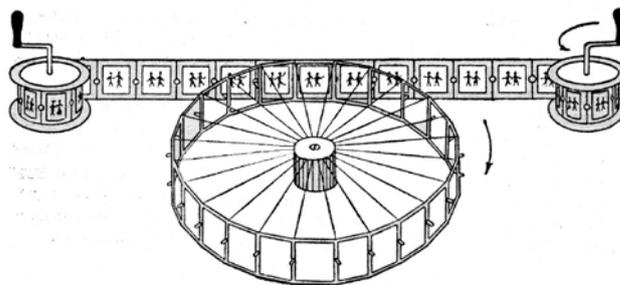
Праксиноскоп

только ту картинку, которая отражается зеркалом, расположенным перпендикулярно к направлению взгляда.

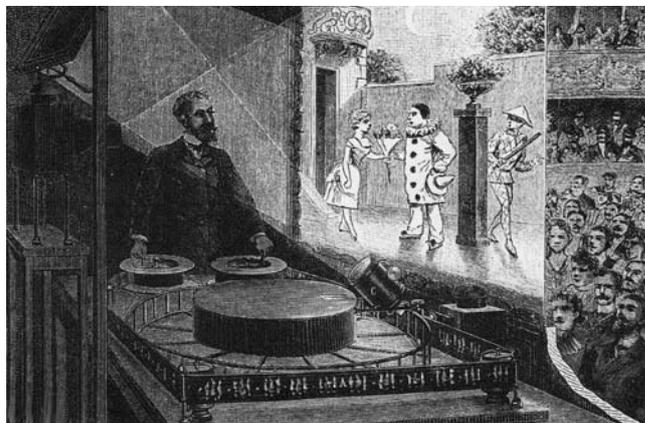
В восьмидесятые годы XIX века Рейно соединил «Праксиноскоп» с «Волшебным фонарём» и усовершенствовал его. Это позволило осуществить проекцию движущихся изображений на экран и организовать массовый просмотр программы. «Оптический театр» Рейно позволял демонстрировать не циклические движения, повторяющиеся до бесконечности, а создавать законченные сюжеты с развитием действия. Для своих первых анимаций он использует полотняную ленту со вставленными в неё рисунками-кадрами размером 50x40 мм на желатиновых плёнках шириной 65 мм. Это был прообраз современной



Принципиальная схема проекции в «Оптическом театре» Эмиля Рейно



Устройство для транспортировки перфорированной ленты в «Оптическом театре»



Сеанс «Оптического театра» Эмиля Рейно

прозрачной и гибкой киноленты. Для обеспечения движения такой ленты использовались отверстия между картинками, то есть Рейно первым применил перфорацию. Сеанс продолжался 15 минут. Каждый фильм содержал до полутора тысяч картинок.

28 октября 1892 года. В музее Грэвен (Musée Grévin) в Париже Эмиль Рейно начал регулярные демонстрации своих первых сюжетных анимационных фильмов:

- «Un bon bock» («Хорошее пиво»). Действие фильма разворачивалось на постоялом дворе между путешественником, посудомойкой, служанкой и гулякой;

- «Le Clown et ses chiens» («Клоун и его собаки»). Фильм демонстрировал цирковое выступление;

- «Pauvre Pierrot» («Бедный Пьеро»). Этот единственный сохранившийся до наших дней фильм Эмиля Рейно демонстрировал известный сюжет взаимоотношений в любовном треугольнике: Арлекин, Пьеро и Коломба.

Все перечисленные выше приборы заложили основу для создания кинематографа. А с его появлением они были забыты или перешли в разряд игрушек. Живые картинки, снятые с натуры, захватили зрителя. Прошло чуть больше десяти лет со дня рождения кинематографа, и анимационные фильмы вернулись на экран. Вернулись для того, чтобы остаться навсегда.

В начале XX века американец Джеймс Стюарт Блэктон (James Stuart Blackton) открыл секрет покадровой съёмки – One Turn, One Picture (один поворот, одна картина). И в истории анимации началась новая жизнь – жизнь в кинематографе. Развиваясь как один из видов кинематографа, разрабатывая многообразие стилей и методов собственного художественного языка, анимация прошла все этапы технического развития кинематографа от немого до компьютерного.

7 апреля 1906 года. Выпущен на экран первый в мире рисованный анимационный фильм «Humorous Phases of Funny Faces» («Смешные лица») (США, Vitagraph Company of America, 1906, ч/б, 3 мин., 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр и художник Джеймс Стюарт Блэктон (James Stuart Blackton).

17 августа 1908 года. В «Théâtre du Gymnase» в Париже состоялась премьера первого рисованного анимационного фильма, снятого на 35-мм киноплёнке в Европе – «Fantasmagorie» («Фантасмагория») (Франция, Gaumont, 1908, ч/б, 2 мин. (36,8 м), 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр Эмиль Коль (Émile Cohl).

9 мая 1912 года. В России состоялась премьера первого в мире кукольного анимационного фильма – «Прекрасная Люканида, или Война усачей с рогачами» (Россия, Торговый Дом А. Ханжонкова, 1912, ч/б, 8 мин. (230 м), 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр и оператор Владислав Александрович Старевич.

26 декабря 1913 года. В России состоялась премьера первого в мире кукольного анимационного фильма, в

котором графическая анимация совмещена с натурным изображением – «Ночь перед Рождеством» (Россия, Акционерное общество А. Ханжонкова, 1912, ч/б, 41 мин. (1115 м), 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр и оператор Владислав Старевич. В главных ролях: Иван Можухин, Ольга Оболенская, Пётр Лопухин).

9 ноября 1917 года. В Аргентине состоялась премьера первого в мире полнометражного анимационного фильма – «El Apóstol» («Апостол») (Аргентина, 1917, ч/б, 70 мин., 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр Кьюрино Кристиани (Quirino Cristiani).

8 февраля 1920 года. В США выпущен первый в мире цветной анимационный фильм – «The Debut of Thomas Cat» («Дебют кота Томаса») (США, Bray Picture Corporation, 1920, цв. (Brewster Color*, 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр Джон Рандольф Брэй (John Randolph Bray).

1 апреля 1921 года. В Берлине состоялась премьера абстракционистского анимационного фильма – «Lichtspiel. Opus I» («Игра света. Опус 1») (Германия, 1921, ч/б, 13 мин., 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр Вальтер Руттманн (Walter Ruttmann).

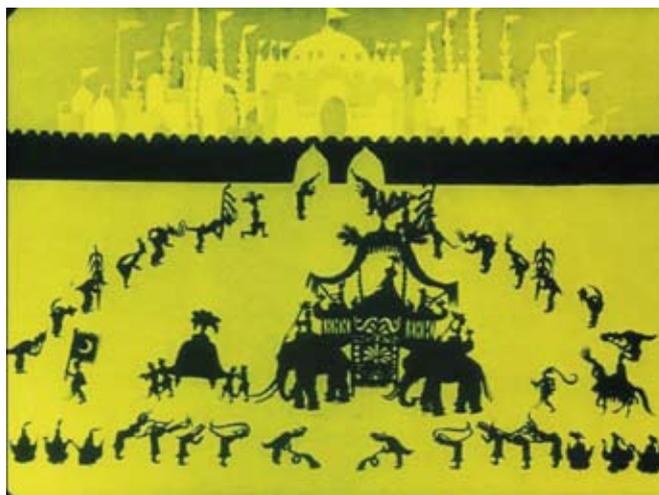
Январь 1925 года. В США выпущен первый в мире звуковой анимационный фильм – «Come Take a Trip in My Airship» («Поехали вместе в моём самолёте») (США, Out of the Inkwell Films Inc., 1924, ч/б, 35-мм, 1.33:1, звуковой (Lee De Forest's Phonofilm)). Режиссёр Дейв Флейшер (Dave Fleischer). Композитор Джорж Эванс (George Evans). Этот фильм представляет собой озвученный вариант немой версии, выпущенной в прокат 9 марта 1924 г.

26 февраля 1925 года. В США выпущен первый цветной анимационный фильм – «The Flying Elephant» («Летающий слон») (США, Sering D. Wilson & Company, 1925, цв. (Natural Color Kelly Process), 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёр Эбенезер Эбонай (Ebenezer Ebony).

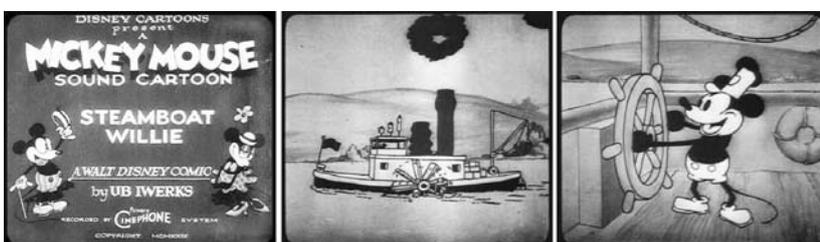


Кадры из анимационного фильма «Humorous Phases of Funny Faces» («Смешные лица») (1906)

* В следующих номерах нашего журнала мы расскажем историю развития систем цветного кинематографа, которому в этом году исполнилось 100 лет.



Кадры из анимационного фильма «Die Abenteuer des Prinzen Achmed» («Приключения принца Ахмеда») (1926)



Кадры из анимационного фильма «Steamboat Willie» («Пароходик Вилли») (1928)

2 мая 1926 года. В Берлине состоялась демонстрация первого в Европе полнометражного анимационного фильма – «Die Abenteuer des Prinzen Achmed» («Приключения принца Ахмеда») (Германия, Comenius-Film GmbH, 1926, ч/б, 65 мин., 35-мм, 1.33:1, немой). Режиссёры: Шарлотта Реиниджер (Charlotte Reiniger), Бер-

толд Бартош (Berthold Bartosch). Оператор Карл Кох (Karl Koch). Выпущен на экран 3 сентября 1926 года в Германии.

19 сентября 1928 года. В США выпущен на экран звуковой анимационный фильм – «Steamboat Willie» («Пароходик Вилли») (США, Walt Disney Pictures/United Artists, 1928, ч/б, 8 мин., 35-мм, 1.14:1, звуковой (Cinephone)). Режиссёры: Уолт Дисней (Walt Disney), Юб Айверкс (Ub Iwerks).

«Пароходик Вилли» очень часто упоминается в литературе по истории кино как первый звуковой анимационный фильм в мире. Это одинаково верно и не верно. Неверно потому, что первый звуковой анимационный фильм «Поехали вместе в моём самолёте» выпущен в 1925 году.

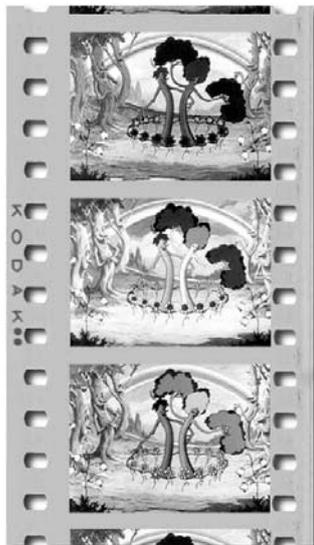
Верно потому, что в «Пароходике Вилли» впервые в рисованном фильме звук применяется не как обособленный музыкальный фон, он неразрывно связан с изображением, являясь мощным выразительным средством. В фильме каждый персонаж имеет свою звуковую характеристику. Музыка становится составной частью фильма, активно участвуя в происходящих на экране событиях. Без неё фильм теряет большую долю своего смысла.

Хочу заметить, что в «Пароходике Вилли» состоялся звуковой дебют самой популярной «кинозвезды» XX века – Микки Мауса (Mickey Mouse).

30 сентября 1932 года. В США выпущен первый в мире полноцветный анимационный фильм – «Flowers and Trees» («Цветы и деревья») (США, Walt Disney Pictures/United Artists, 1932, цв. (трёхцветный Technicolor, процесс № 4), 8 мин., 35-мм, 1.37:1, звуковой). Режиссёр Берт Жилет (Bert Gillett).



Схема съёмки анимационных фильмов по трёхцветной системе «Technicolor».



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



Кадры из анимационного фильма «Flowers and Trees» («Цветы и деревья») (1932)

«Цветы и деревья» – это не только первый в мире полноцветный («in Living Color» – в живом цвете) анимационный фильм, это первый в мире анимационный фильм, получивший Оскара и положивший начало бурному развитию цветной кинематографии по трёхцветной системе «Technicolor». С 1932 по 1953 год именно по этой системе цветного кино были сняты всемирно известные и любимые многими поколениями зрителей шедевры студии, созданной и руководимой У. Диснеем.

По системе Technicolor (Процесс № 4) съёмка велась на обычном мультстанке обычной 35-мм кинокамерой для покaдровой съёмки, перед объективом которой был установлен круг с тремя светофильтрами. Каждая фаза анимационного фильма снималась последовательно через синий, красный и зелёный фильтры. С проявленного негатива на специальном кинокопировальном аппарате выпечатывались отдельно три цветоделённые плёнки для создания матриц красных, синих и зелёных цветов и дальнейшей печати гидротипных копий.

Начиная с «Цветов и деревьев», студия У. Диснея прочно заняла место первопроходца в освоении новых систем кинематографа в анимации.

В Советском Союзе трёхцветный субтрактивный метод съёмки и печати мультипликационных фильмов разрабатывался и внедрялся практически одновременно в начале 30-х годов XX века на киностудиях «Ленфильм» и «Мосфильм»*.

Так же как и в американской трёхцветной системе «Technicolor», съёмка отечественных цветных мультипликационных фильмов производилась обычной кинокамерой на одну плёнку последовательно через три светофильтра – синий, зелёный и красный. Но если съёмочная техника и на «Ленфильме», и на «Мосфильме» для получения трёх цветоделённых негативов применялась одинаковая, то получение цветной копии фильма было разным.

Лаборатория цветного кино киностудии «Ленфильм», так же как и компания «Техниколор», в основу получения цветной копии положила способ гидротипной печати мето-



Цветоделённые чёрно-белые кадры и цветной гидротипный кадр из анимационного фильма «Утёнок» (1938)

*Технический приём для получения движущихся изображений путём покaдровой съёмки отдельных фаз движения называют анимацией (англ. animation - оживление, одушевление) или мультипликацией (англ. multiplication - умножение). В Советском Союзе применялся термин «мультипликация». От него пошли названия: мультипликатор, мультфильм, киностудия «Союзмультфильм»

дом впитывания, разработанным Государственным оптическим институтом. Печать – водяными красками, так же как и печать цветной копии «Техниколор».

На киностудии «Мосфильм» в 1936 году под руководством Павла Михайловича Мершина был разработан и практически осуществлён процесс печати цветных копий на хромированной желатине. Необходимо отметить, что для гидротипной печати, кроме трёх цветоделённых кадров, снимался еще четвёртый кадр, но без светофильтра. С этого кадра печатали бланк-фильм для цветной фильмокопии, а также чёрно-белый вариант анимационного фильма.

По способу П.М. Мершина студией «Мосфильм» были напечатаны и выпущены в прокат анимационные фильмы: «Лиса и Волк» (1937), «Завещание (Завещание пса-скотинки)» (1937), «Сказка о рыбаке и рыбке» (1937), «Волк и семеро козлят» (1938), «Чудесный светофор (Сова-светофор)» (1938).

Гидротипным способом печатались цветные копии трёхцветных анимационных фильмов киностудии «Ленфильм», начиная с 1937 года: «Теремок», «Первая охота» (1937); «Утёнок» (1938); «Джябжа» (1939); «Цирк» (1940); «Сказка о глупом мышонке» (1940); «Три подружки» (1941).

В середине тридцатых годов прошлого века на киностудии «Союзмультфильм» началось освоение трёхцветного способа съёмки. Начиная с фильма «Сладкий пирог» в 1937 году, на студии советским трёхцветным способом было снято несколько анимационных фильмов: «Дед Мороз и Серый волк», «Красная шапочка» (1937); «Кот в сапогах», «Сказка о царе Салтане», «Трудолюбивый петушок и беспечные мышки» (1938); «Таёжные друзья», «Мойдодыр», «Боевые страницы», «Победный маршрут», «Сказка о попе и работнике его Балде» (1939); «Дед Иван» («Как дед Иван смерть прогнал»), «Ивась», «Лимпопо», «Медвежонок» (1940); «Бармалей» (1941); «Сказка о царе Салтане» (1943); «Краденое солнце» (1944); «Синдбад-Мореход» (1944). В мае 1945 года на экраны страны был выпущен последний цветной анима-



Игольчатый экран Александра Алексеева



Кадр из анимационного фильма «Une nuit sur le mont chauve» (Ночь на Лысой горе) (1933)



Кадры из анимационного фильма «Новый Гулливер» (1935)



Кадры из анимационного фильма «The Old Mill» («Старая мельница») (1937)



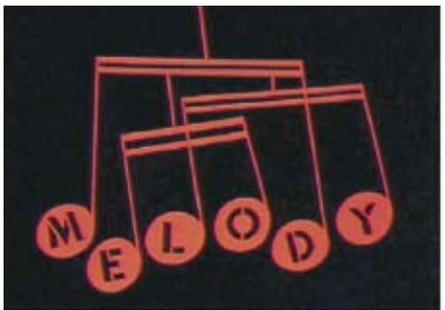
Кадры из анимационного фильма «Snow White And The Seven Dwarfs» («Белоснежка и семь гномов») (1937)

ционный фильм, снятый трёхцветным способом, «Зимняя сказка».

Для съёмок методом советской трёхцветки использовалась отечественная аппаратура и, в основном, отечественная киноплёнка. На киноплёночной фабрике № 6 в Шостке был освоен выпуск плёнок для изготовления матриц и бланк-фильма для цветной печати. В НИКФИ было освоено производство обеих плёнок для съёмки методом бипака, которые по многим показателям не уступали зарубежным аналогам фирм «Агфа», «Дюпон» и «Геверт».



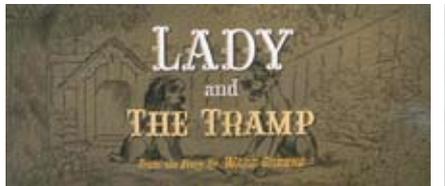
Кадры из анимационного фильма «Fantasia» («Фантазия») (1940)



Кадр из стереоскопического анимационного фильма «Melody» («Мелодия») (1953)



Кадры из анимационного фильма «Свистеть, гудеть, брнчать и грохотать» (1953)



Кадры из анимационного фильма «Lady And The Tramp» («Леди и Бродяга») (1955)



Кадры из анимационного фильма «Sleeping Beauty» («Спящая красавица») (1959)

Разработки по улучшению трёхцветного процесса велись даже в годы Великой Отечественной войны.

В начале 30-х годов прошлого века во Франции наш соотечественник Александр Алексеевич Алексеев (01.08.1901-09.08.1982) изобрел игольчатый экран, на котором, используя игру света и тени, можно было создавать любые изображения. Для этого Алексеев использовал плоскость, покрытую сотнями тысяч отверстий, из которых высовываются или в которые втыкаются металлические стерженьки в разнообразных конфигурациях. Первый игольчатый экран состоял из 500000 иголок. На нём в

13 ноября 1940 года. В США выпущен на экран первый в мире цветной анимационный фильм со стереофоническим звуком – «Fantasia» («Фантазия») (США, Walt Disney Pictures, 1940, цв. (трёхцветный Technicolor, процесс №4), 120 мин., 35-мм, 1.37:1, стереозвук (Fantasound). Режиссёры: Джеймс Элгар (James Algar), Самуэль Армстронг (Samuel Armstrong), Форд Биббе (Ford Beebe), Норманн Фергусон (Norman Ferguson), Джим Хендлей (Jim Handley), Т.Хи (T. Hee), Уилфред Джексон (Wilfred Jackson), Гамильтон Ласке (Hamilton Luske), Билл Робертс (Bill Roberts), Пауль Саттерфилд (Paul Satterfield), Бен Шарпстин (Ben Sharpsteen).

1933 году был снят первый «игольчатый» анимационный фильм «Une nuit sur le mont chauve» (Ночь на Лысой горе) (Франция, 1933, ч/б, 8 мин., 35 мм, 1.37:1, звуковой). Режиссеры Александр Алексеев и Клер Паркер (Claire Parker). Композитор Модест Петрович Мусоргский. Лондонский симфонический оркестр под управлением Альберта Коатеса (d'Albert Coates).

25 августа 1935 года. В СССР вышел на экран первый в мире полнометражный фильм «Новый Гулливер», созданный средствами объёмной анимации, в котором кукольные мультипликационные персонажи взаимодействуют с живыми актёрами (СССР, Мосфильм, 1935, 80 мин. (6 ч., 2200 м), 35-мм, 1.37:1, звуковой. Режиссёр Александр Птушко, оператор Николай Ренков).

5 ноября 1937 года. В США выпущен на экран первый в мире цветной мультиплановый (multiplane camera) анимационный фильм – «The Old Mill» («Старая мельница»). (США, Walt Disney Pictures/RKO Radio Pictures Inc., 1937, цветной (Technicolor), 9 мин., 35-мм, 1.37:1, звуковой (RCA Sound System)). Режиссёр Уилфред Джексон (Wilfred Jackson).

21 декабря 1937 года. В США выпущен на экран первый в мире цветной полнометражный анимационный фильм «Snow White And The Seven Dwarfs» («Белоснежка и семь гномов») (США, Walt Disney Pictures/RKO Radio Pictures Inc., 1937, цветной (Technicolor), 83 мин., 35-мм, 1.37:1, звуковой (RCA Photophone)). Премия «Оскар» за 1938 год. Продюсер Уолт Дисней (Walt Disney). Режиссёр Дэвид Ханд (David Hand).



Стереопара по системе «Стерео-70» из фильма «Сувенир» (1977)



Кадр из стереоскопического анимационного фильма «Сувенир» (1977) (просмотр иллюстрации в анаглифических очках)



Кадры из анимационного фильма «Toy Story» («История игрушек») (1995)



Кадр из анимационного фильма «Столичный сувенир» (2004)

25 декабря 1948 года в московском кинотеатре «Стереокино» началась демонстрация первого советского цветного стереоскопического научно-популярного фильма «Кристаллы» (СССР, Моснаучфильм, 1948, цветной (Agfascolor), 3 ч., 549 м, стереоскопический («Стереоскоп-35», горизонтальная стереопара, 10x10 мм), 35 мм, 1:1, звуковой), в котором впервые в мире использовалась стереоскопическая графическая анимация, созданная Д. Бабиченко и О. Хлудовой.

28 мая 1953 года. В США выпущен первый в мире цветной стереоскопический рисованный анимационный фильм – «Melody» («Мелодия») (США, Walt Disney Pictures /RKO Radio Pictures Inc., 1953, цветной (Technicolor), 10 мин., 2x35 мм, стереоскопический, (Disney 3D: dual-strip 3-D), 2x35 мм, 1.37:1, звуковой (RCA Sound System).

Режиссёры: Уард Кимбалл (Ward Kimball), Чарлз А. Николс (Charles A. Nichols).

Анимационный фильм «Мелодия» создан в период стереоскопического «бума» в США. Он был не только смелым экспериментом в создании рисованного стереоскопического анимационного фильма, но и положил начало новой серии студии У. Диснея – «Приключения в музыке» («Adventures in Music»).

10 ноября 1953 года. В США выпущен первый в мире широкоэкранный анимационный фильм – «Toot Whistle Plunk and Boom» («Свистеть, гудеть, брэнчать и грохотать») (США, Walt Disney Pictures /RKO Radio Pictures Inc., 1953, цв. (Technicolor), 10 мин., ш/з (CinemaScope), 35-мм, 2.35:1, стереозвук (магнитная 4-х канальная фонограмма)). Режиссёры: Уард Кимбалл (Ward Kimball), Чарлз А. Николс (Charles A. Nichols).

Фильм стал следующим шагом У. Диснея в освоении новых видов кинотехники — созданием широкоэкранных анимационных фильмов. Первый в мире широкоэкранный «мультик» появился через месяц после выхода на экран его игрового широкоэкрannого собрата «The Robe» («Плащаница»). Являясь вторым анимационным фильмом из серии «Приключения в музыке», он прекрасно продемонстрировал возможности широкоэкрannого кинематографа. В фильме в полной мере используется композиционное построение широкоэкрannого кадра в сочетании с 4-х канальным стереофоническим звуком.

16 июня 1955 года. В США выпущен первый в мире широкоэкранный полнометражный анимационный фильм – «Lady And The Tramp» («Леди и Бродяга») (США, Walt Disney Productions, 1955, цветной (Technicolor), 76 мин., ш/з (CinemaScope), 35-мм, 2.55:1, стереозвук (4-х канальная магнитная фонограмма). Режиссёры: Хамилтон Ласк (Hamilton Luske), Клайд Джероними (Clyde Geronimi), Уилфред Джексон (Wilfred Jackson).

29 января 1959 года. В США выпущен в прокат первый в мире широкоформатный полнометражный анима-

онный фильм – «Sleeping Beauty» («Спящая красавица») (США, Walt Disney Productions, 1959, цветной (Technicolor), 75 мин., широкоформатный (Super Technirama 70), 70 мм, 2.2:1, стереозвук (6-ти канальная магнитная фонограмма), негатив 35-мм (горизонтальный, Technirama)). Режиссёры-мультипликаторы: Милт Кахл (Milt Kahl), Франк Томас (Frank Thomas), Марк Дэвис (Marc Davis), Оллие Джонстон (Ollie Johnston), Джон Лоунсбери (John Lounsbery). Монтаж: Рой М. Бреуер (Roy M. Brewer), Дональд Холлидей (Jr. Donald Halliday).

16 июня 1959 года. В Москве на ВДНХ СССР начинается демонстрация первого советского цветного кругорамного фильм «Дороги весны». Фильм начинался и заканчивался первой в мире кругорамной анимацией (Режиссеры анимации: Л. Атаманов, А. Бабиченко, И. Иванов-Вано) (см. статью «Кругорамные системы кинематографа», Мир техники кино №№ 11–12, 2009)

В начале 60-х годов XX века началось освоение широкого экрана советскими мультипликаторами. 22 августа 1960 года киностудия «Союзмультфильм» представила юным зрителям первый советский цветной широкоэкранный анимационный фильм «Мурзилка на спутнике» (СССР, Союзмультфильм, 1960, цветной («Свема»), 19 мин. (2 ч, 558 м.), широкоэкранный, анаморфированный, 35 мм, 2.35:1, моно. Графический анимационный фильм. Режиссеры: Е. Райковский, Б. Степанцев. Художники-постановщики: В. Никитин, А. Савченко. Художник: А. Беляков. Операторы: Т. Бунимович, Н. Климова).

В 1977 году на киностудии «Таллинфильм» режиссер Эльберт Туганов и оператор Арво Нуут по советской системе «Стерео-70», разработанной специалистами НИКФИ, сняли первый в мире стереоскопический кукольный анимационный фильм «Сувенир» (СССР, Таллинфильм, 1977, цветной («Свема»), 10 мин., стереоскопический («Стерео-70»), 70 мм, 1.37:1, стереозвук (6-ти канальная магнитная фонограмма)).

22 ноября 1995 года. Выходит на экран первый в мире цветной полнометражный анимационный фильм, созданный полностью компьютерным способом – «Toy Story» («История игрушек») (США, Walt Disney Pictures, Pixar Animation Studios, 1995, цв., 80 мин, 1.78:1 стереозвук, Dolby Digital). Режиссёр Джон Лэссетер (John Lasseter).

«История игрушек» открыла новую страницу в истории анимации. Создание этого анимационного фильма стало настоящим триумфом трёхмерного дизайна и открыло огромные перспективы не только перед аниматорами, но и для разработчиков компьютерных программ. Одни – получили практически неограниченные технические возможности для реализации своих творческих проектов. А другие программисты, – возможность реализовать свои проекты по совершенствованию программ для облегчения процесса создания 3D анимации, ведь сегодня создание трёхмерного анимационного фильма требует огромного количества человеческих и компьютерных ресурсов. Все эти годы процесс создания компьютерной анимации постоянно совершенствуется и развивается: сокращается время ренде-



Кадр из анимационного фильма «Особенный» (2006)



Кадр из анимационного фильма «Приключения Алёнушки и Ерёмы» (2008)



Кадр из стереоскопического анимационного фильма «Shrek 4D» (Шрек 4Д) (2003) (просмотр иллюстрации в анаглифических очках)



Стереопара из цифрового анимационного фильма «Чучело» (The Scarecrow) (2007)

ринга анимации, улучшается пластика движения, текстура объектов становится всё более реалистичной.

31 января 2005 года в Москве прошла презентация первого российского полнометражного 3D анимационного фильма «Столичный сувенир», который был создан Столичной анимационной компанией «Золотой треугольник» специально для выпуска на DVD.

1 августа 2006 года в Москве прошла премьера первого отечественного полнометражного 3D анимационного фильма «Особенный», снятого студией «Animagic» для кинотеатрального показа. Но поскольку этот фильм не имел прокатного успеха и про него забыли, то обычно первым отечественным 3D анимационным фильмом и в прессе, и в Интернете называют фильм «Приключения Алёнушки и Ерёмы», несмотря на то, что его премьера состоялась только 23 октября 2008 года.

Создание трёхмерных изображений изначально предполагает получение объёмного объекта, так как сам принцип построения компьютерных 3D моделей даёт возможность увидеть объект в разных ракурсах. Поэтому для получения стереопары, то есть для съёмки стереоскопического анимационного фильма, нет необходимости использовать стереокамеру. Достаточно оцифровать созданную трёхмерную сцену в двух ракурсах, и полученную таким образом стереопару перенести на киноплёнку или цифровой носитель для любой из эксплуатируемых систем стереоскопической проекции в кинотеатре или на экране компьютера.

Используя возможности трёхмерной анимации, компания DreamWorks создала для демонстрации в парке Студии Юниверсал (Universal studios) 12 минутный стереоскопический 3D анимационный фильм «Shrek 4D». Фильм начал демонстрироваться 23 мая 2003 года с цветной 70-мм фильмокопии анаглифическим методом (красный – левый, синий – правый глаз).

Успешное освоение производства и удачный мировой прокат трёхмерных анимационных фильмов в стереоскопическом варианте привёл к тому, что, начиная с 2009 года, например, все анимационные фильмы студии DreamWorks Animation будут выпускаться в стереоскопическом формате.

10 сентября 2007 года на конференции Ассоциации гигантских киноэкранов (Giant Screen Cinema Association, GSCA) в Ванкувере (Канада) состоялась премьера первого в мире стереоскопического кукольного анимационного фильма, снятого по разработанной в ОАО «НИКФИ» А.С. Мелкумовым и С.Н. Рожковым системе покадровой двухракурсной стереосъёмки одним цифровым фотоаппаратом – «Чучело» (The Scarecrow) (Эстония/Россия, Nukufilm OÜ/ ОАО «НИКФИ», цв., 5 мин., стереоскопический (IMAX-3D), 2x70 мм, 1.44:1). Режиссёры: Андрес Тенусаар (Andres Tenusaar), Александр Мелкумов. Оператор Рагнар Нельянди (Ragnar Neljandi).

30 января 2008 года бельгийские компании «Wave Pictures» и «Illuminata Pictures» выпустили в прокат полнометражный анимационный фильм «Fly Me to the Moon» (Мухнём на Луну), который считается первым трёхмерным цифровым стереоскопическим анимационным фильмом.

13 мая 2009 года стал днём триумфа анимации и стереокино. В этот день впервые в истории Каннского кинофестиваля (Cannes Film Festival) на его открытии был показан не полнометражный художественный фильм, а стереоско-



Кадр из стереоскопического анимационного фильма «Чучело» (The Scarecrow) (2007) (просмотр иллюстрации в анаглифических очках)



Кадр из стереоскопического анимационного фильма «Fly Me to the Moon» (Мухнём на Луну) (2008) (просмотр иллюстрации в анаглифических очках)



Кадр из стереоскопического анимационного фильма «Up» (Вверх) (2009)

пический анимационный фильм «Up» (Вверх) (США, Walt Disney Pictures, Pixar Animation Studios, 2009, цв., 96 мин., стереоскопический (Disney Digital 3D), 1.85:1, стереозвук SDDS. Режиссёры Пит Доктер (Pete Docter), Боб Петерсон (Bob Peterson).

История анимации продолжается...