

Мир Кино

ТЕХНИКИ

ОКТАБРЬ–ДЕКАБРЬ | 18-2010 |

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ | ОАО «НИКФИ» | ООО «ИПП «Куна» | Подписной индекс: 81923 в каталоге Роспечати



**ОСНОВЫ
СТЕРЕОГРАФИИ**

**ОСОБЕННОСТИ
СХЕМОТЕХНИКИ**

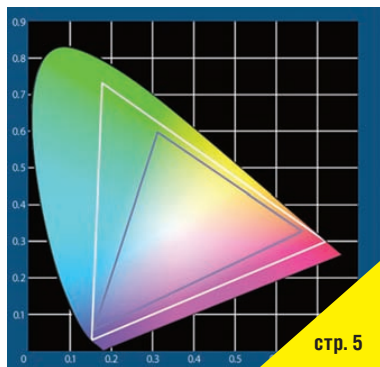
**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ
ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ
ЦИФРОВЫХ
ВИДЕОПРОЕКТОРОВ
НА БАЗЕ
СВЕТОДИОДОВ**

**ЦВЕТНОЙ
КИНЕМАТОГРАФ**

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ

СУЩНОСТЬ ЗЕРКАЛА

№ 18 СОДЕРЖАНИЕ



стр. 5



стр. 16



стр. 30



стр. 39

Вопросы теории

А.В. Авдеев, Ш.Я. Вахитов

Исследование экспоненциальных рупорных громкоговорителей и создание метода их проектирования

2

Технологии

О.В. Рожков, С.М. Шамаев

Особенности схемотехники высокоэффективных осветительных систем цифровых видеопроекторов на базе светодиодов

5

П.Н. Чадаев, М.А. Сакварелидзе, А.С. Михайлов, И.А. Грицкова

Антистатические компоненты защитного слоя светочувствительных материалов

11

Мастер-класс, семинары, новости SMPTE, отзывы

В.А. Ванин, В.А. Шулаков

Голографическая сущность зеркала

16

А.И. Шварцвальд

Объёмная фотография. Безлинзовый вариант

24

А.С. Мелкумов

Основы стереографии

30

Страницы истории кино

Н.А. Майоров

Цветной кинематограф

39

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

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

Электронная версия www.elibrary.ru

Подписной индекс Роспечать: № 81923

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

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

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

Отпечатано в ООО «Типография ПАРАДИЗ»
Объём 6 п.л. Заказ № 2146.
Тираж 1100 экземпляров.

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

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

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



Исследование ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫХ РУПОРНЫХ ГРОМКОГОВОРТЕЛЕЙ и создание метода их проектирования

А.В. Авдеев, аспирант,
Ш.Я. Вахитов, д.т.н.,
профессор, СПбГУ КиТ



1. Экспериментальное исследование «критической частоты» экспоненциального рупорного громкоговорителя

Аннотация

В статье приводятся результаты экспериментального исследования «критической частоты» для экспоненциальных рупорных громкоговорителей различной длины, соответствующих трём «критическим частотам». По результатам эксперимента проводится сравнительный анализ АЧХ двух головок (драйверов) с экспоненциальными и конусными рупорами той же длины, площади входного и выходного отверстий. Показано несоответствие положения классической теории экспоненциальных рупорных громкоговорителей о «критической частоте» полученным экспериментальным данным.

Ключевые слова: критическая частота, входное сопротивление, активная составляющая сопротивления, волновое уравнение, плоская волна, фронт волны, сечение, экспоненциальный рупор, образующая, конический рупор.

■ В классической теории экспоненциального рупора рассматривается понятие «критической частоты», которое возникает вследствие волнового уравнения Вебстера, при решении которого исходят из предположения о том, что в экспоненциальном рупоре распространяется плоская волна, площадь фронта которой изменяется в точном соответствии с заданным законом изменения сечения рупора. Теоретическим результатом решения этого уравнения (которым до настоящего времени пользуются практически во всех учебниках и монографиях по электроакустике [1, 2]) является следующая формула входного сопротивления рупора:

EXPERIMENTAL STUDY OF THE CRITICAL FREQUENCY
EXPONENTIAL HORN LOUDSPEAKER

A. Avdeev, Ch. Vakhitov

Abstract

The article presents the results of a pilot study «critical frequency» for the exponential horn loudspeakers of different lengths, which correspond to the three «critical frequency». According to the results of the experiment is carried out a comparative analysis of the frequency response of the two heads (drivers) with exponential and conical horns, the same length, area of entrance and exit holes. Showing inconsistency of the classical theory of exponential horn speaker of the «critical frequency» to the experimental data.

Keywords: critical frequency, input resistance, active component of the resistance, wave equation, plane wave, wave front, section, exponential horn, generatrix, conical horn.

$$Z_{\text{вх}} = \rho c_0 S_0 (r' + ix') = \rho c_0 S_0 \left[\sqrt{1 - \left(\frac{W_{\text{кр}}}{W}\right)^2} + j \frac{W_{\text{кр}}}{W} \right] \quad (1)$$

Отсюда возникает представление о наличии в экспоненциальном рупоре так называемой «критической частоты», ниже которой активная составляющая сопротивления обращается в ноль, и теоретически рупор перестаёт излучать звуковую энергию в окружающую среду, ведя себя подобно фильтру верхних частот. Однако в практических наблюдениях подтверждения этому факту не встречается, а скорее наоборот, указывается на от-

сутствие экспериментального подтверждения этого положения классической теории.

Прямых экспериментальных данных, доказывающих наличие или отсутствие «критической частоты», в известной литературе нам обнаружить не удалось. Поэтому было решено провести прямой эксперимент, позволяющий подтвердить или же опровергнуть соответствие существующих теоретических положений классической теории экспоненциального рупора практическим данным.

Для проведения такого эксперимента были рассчитаны и изготовлены три экспоненциальных рупора с различной «критической частотой» $f_{кр}$: 350, 500 и 700 Гц.

Зная закон изменения сечения для экспоненциального рупора:

$$S_l = S_0 \cdot e^{2\beta \cdot l} \quad (2)$$

и задавшись значениями площадей входного и выходного отверстий $S_0 = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ и $S_l = 0,25 \text{ м}^2$, находим длины рупоров, соответствующие этим трём «критическим частотам»:

$$l = \frac{1}{2\beta} \ln \frac{S_l}{S_0} \quad (3)$$

где

$$\beta = \frac{2\pi \cdot f_{кр}}{C_0} \quad (4)$$

Используя в сечении рупоров квадрат, введём величину x , постепенно изменяющуюся от 0 до конечной длины рупора с заданным шагом (0,1l, 0,2l, 0,3l и до 1,0, соответственно). По закону изменения площади (2) и согласно формуле вычисления стороны квадрата d , определяем соответствующие значения самой площади сечения и стороны для трёх экспоненциальных рупоров. Полученные данные сведены в таблицу 1.

Табл. 1. Значения площади сечения и стороны трёх экспоненциальных рупоров

$x_1, \text{ м}$	$x_2, \text{ м}$	$x_3, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$	$d, \text{ м}$
0,000	0,000	0,000	0,00049	0,022
0,048	0,034	0,024	0,00092	0,030
0,096	0,067	0,048	0,00171	0,041
0,145	0,101	0,072	0,00319	0,056
0,193	0,135	0,096	0,00594	0,077
0,241	0,169	0,120	0,01100	0,105
0,289	0,202	0,145	0,02100	0,144
0,337	0,236	0,169	0,03900	0,196
0,385	0,270	0,193	0,07200	0,268
0,434	0,304	0,217	0,13400	0,366
$l_1 = 0,482$	$l_2 = 0,337$	$l_3 = 0,241$	0,25000	0,500

Для сравнительного анализа при проведении эксперимента также изготовлены и использованы дополнительные три рупора с теми же параметрами входного и выходного отверстий и длинами, но с образующей в виде конуса, т.е. три конусных рупора. В конусных рупорах распространяется сферическая волна и, следовательно, «критической частотой», подобно экспоненциальным, их сопротивление обладать не будет [2].

По результатам расчётов и данных табл. 1, на рис. 1 изображены все профили расширения рупоров для трёх длин (соответствующих «критическим частотам») и двух образующих (экспонента и конус):

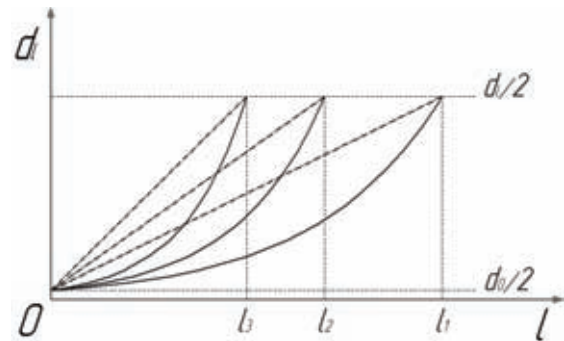


Рис. 1. Профили расширения для макетов рупоров

Для изготовленных макетов были подобраны две головки от нормальных рупорных громкоговорителей (РГ): первая, используемая до сих пор типовая головка от РГ 12ГР-38 фирмы НПП ООО «ЭЛАТ», вторая – также отечественная головка, но снятая с производства. Обе головки обладают электрическим сопротивлением 8 Ом, резонансная частота первой – 1000 Гц, второй – 600 Гц, диаметр головок, соответственно, 70 мм и 60 мм.

При проведении эксперимента определялись АЧХ рупоров с каждой из двух головок, при подаче звукового напряжения, соответствующего электрической мощности 1 Вт. Измерительный микрофон и рупорный громкоговоритель располагались в звукомерной заглушенной камере на расстоянии 1 м друг против друга. Все измерения проводились на базе измерительного центра НИИ ИРПА.

Полученные графики АЧХ для рупоров с первой головкой отображены на рис. 2, со второй – на рис. 3. Полученные АЧХ наглядно показывают, что с понижением частоты все экспоненциальные рупоры продолжают излучать звуковую энергию, как на «критической частоте», так и существенно ниже этой частоты. Причём крутизна спада АЧХ с понижением частоты ниже «критической», заметно не меняется.

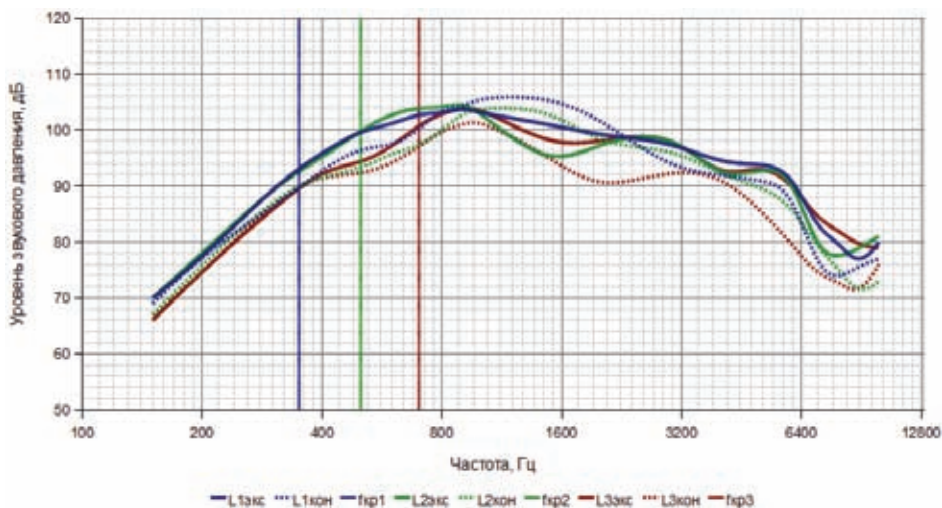


Рис. 2. АЧХ макетов рупоров с первой головкой

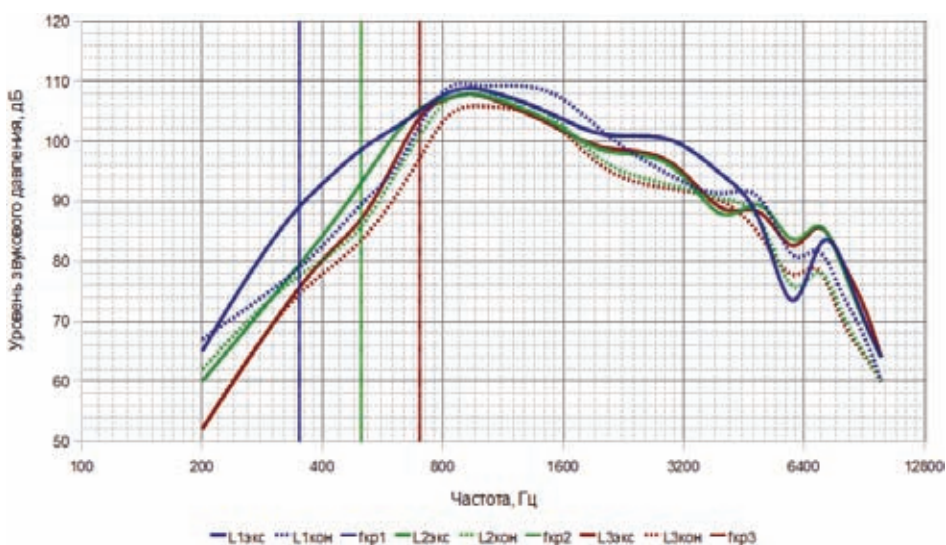


Рис. 3. АЧХ макетов рупоров со второй головкой

Результаты проведённых экспериментов показали:

- увеличение длины экспоненциального рупорного громкоговорителя даёт расширение эффективно воспроизводимого диапазона частот, в основном, за счёт подъёма АЧХ в области нижних частот;
- увеличение длины конических рупоров даёт увеличение среднестандартного уровня звукового давления, за счёт подъёма АЧХ во всей области частот;

На эффективность излучения экспоненциальных РГ на низких частотах (в том числе, ниже «критической»), наряду с размерами самого рупора, существенное влияние оказывают параметры самой головки.

Такой важный параметр, как крутизна спада АЧХ на низких частотах, целиком определяется параметрами головки (драйвера), а не размерами и даже не формой образующей рупора. ■

- излучение в нижней области частотного диапазона (в том числе, на «критической частоте») у экспоненциальных рупоров более эффективно, для первой головки выше конического той же длины, в среднем, на 6–9 дБ, для второй – на 4–6 дБ;
- средний спад АЧХ в нижней области частот (200 Гц – 600 Гц) для первой головки составляет 32 дБ на октаву, для второй – 18 дБ.

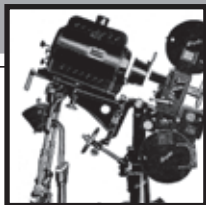
Выводы

Полученные результаты объясняются лучшим согласованием акустических сопротивлений при продвижении волнового фронта вдоль оси рупора при больших длинах, т.е. более медленным изменением площади сечения [3].

Наличие «критической частоты» в том понимании, который заложен в классической теории экспоненциального рупора, экспериментом не подтвердилось. По данным эксперимента можно сделать вывод о том, что использование условия распространения в экспоненциальном рупоре плоской волны для решения волнового уравнения Вебстера является ошибочным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурдуев В.В. Акустические основы вещания. М., Связьиздат, 1960.
2. Ковалгин Ю.А., Вахитов Ш.Я., Фадеев А.А., Щевьев Ю.П. Акустика. Учебник для вузов. М., Горячая линия – Телеком, 2009.
3. Вахитов Я.Ш. Электродинамические громкоговорители. Теория расчёта. Л., ЛИКИ, 1983.
4. Вахитов Я.Ш., Смирнова Н.А. Электродинамические громкоговорители. Расчёт и проектирование. Л., ЛИКИ, 1984.
5. Харкевич А.А. Электроакустическая аппаратура. Л., ОНТИ, 1933.



ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИКИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЦИФРОВЫХ ВИДЕОПРОЕКТОРОВ НА БАЗЕ СВЕТОДИОДОВ

О.В. Рожков,
С.М. Шамаев,
МГТУ им. Н.Э. Баумана



Аннотация

Рассмотрены оптические системы осветителей цифрового видеопроекторного устройства на базе светодиодных источников излучения и особенности их работы. Проведён сравнительный анализ схем и способов уменьшения световых потерь и неравномерности освещённости на экране. В заключение сделан вывод о целесообразности применения источников излучения в осветительной ветви устройств данного класса.

Ключевые слова: осветительная система, светодиод, цифровое микрозеркальное устройство.

SCHEMATIC DESIGN FEATURES OF HIGHLY EFFECTIVE VIDEO-PROJECTOR ILLUMINATION SYSTEMS BASED ON LIGHT-EMITTING DIODES

O. Rozhkov, S. Shamaev

Abstract

In this paper was considered LED-based digital video projector illumination systems, their design and work features and light losses reduction and compared spatial uniformity improvement methods. In conclusion was provided LED-usage reasonability in this system class.

Keywords: illumination system, light illumination diod, digital micromirror device.

Введение

В последние годы уделяется всё больше внимания цифровым проекционным устройствам, использующим пространственные модуляторы света – такие, как матрицы микрозеркал (DMD), просветные или отражающие жидко-кристаллические матрицы (LCD). Системы данного типа обеспечивают высокие стандарты качества изображения – разрешение Full HD (1920x1080 пикселей), высокую яркость (> 500 нит) и большой динамический контраст изображения (до 10000:1) [1].

Однако применение устройств данного класса в высокоинформативных (HD и выше) системах отображения информации (например, в центрах ситуационного реагирования, диспетчерских залах или кинотеатрах) затруднено; последнее обусловлено необходимостью работы видеопроектора в круглосуточном режиме. К тому же, эти циф-

ровые проекционные устройства имеют низкую энергетическую эффективность, что в свете глобального энергетического кризиса и возрастающей стоимости электроэнергии порой является ключевой характеристикой.

Основные требования к проекционным устройствам различных сегментов рынка видеопроекторов приведены в табл. 1. С увеличением диагонали экрана увеличиваются требования к разрешающей способности, световому потоку и контрасту изображения.

Благодаря значительному прогрессу в технологии мощных светодиодов, источники излучения на их основе становятся доступной альтернативой традиционным источникам. Энергетическая эффективность устройств данного класса может быть увеличена до трёх раз при использовании светодиодных источников излучения в импульсном режиме.

Табл. 1. Требования к проекционным устройствам для различных сегментов рынка

	Кинематограф (Cinema)	Лекционные залы (Conference)	Офисы и аудитории (Business-class)	Домашний кинотеатр (Home)
Тип проекции	Фронтальная (проектор)	Фронтальная (проектор)	Фронтальная (проектор)	Обратная (ПР ТВ)
Диагональ экрана, дюймы	>200	≈100–200	≈60–100	≈40–70
Разрешение	HDTV/UXGA (1920x1080)	SXGA (1280x1024)	XGA (1024x768)	HDTV/UXGA (1920x1080)
Свет. поток, лм	>5000	>2500	~1000	~500
Энерг. эффкт.	10 лм/вт	10 лм/вт	10 лм/вт	10 лм/вт
Яркость на экране, нт	>40	150	300	400
Контраст	1000:1	500:1	500:1	500...2000:1
Цена, \$	>40000	≈10000	≈2000	≈3000

Эти факторы во многом обуславливают необходимость разработки высокоэффективных и экономичных осветительных систем для цифровых проекционных устройств на базе светодиодных источников излучения.

Оптическая схема видеопроектора

Традиционно проекционная система видеопроектора состоит из источника излучения (обычно это газоразрядная лампа высокого давления UHP), цветового диска Ньютона, матрицы микрзеркал DMD, проекционной оптической системы и френелевского экрана (рис. 1).

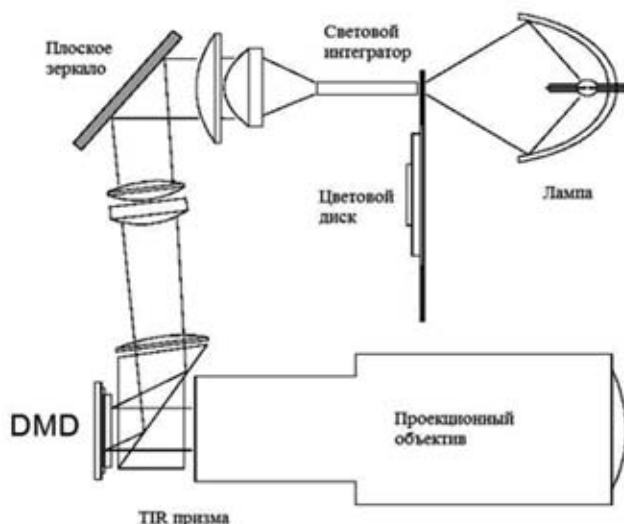


Рис. 1. Классическая схема одноматричного цветного видеопроектора высокого разрешения на базе матрицы DMD

Цветовой диск применяется для модуляции потока излучения от источника по цвету, обеспечивая последовательное во времени освещение DMD панели первичны-

ми цветами (R; G; B). Наиболее популярные коммерческие DMD проекторы используют трёхсекционное цветное колесо, содержащее красный, синий и зелёный сегменты. В более дорогих и высококачественных проекторах используются четырёх- или даже пятисекционные диски, где к основным трём цветам добавляется светло-зелёный и светло-голубой сегменты [2].

Системы такого типа обладают существенными недостатками, такими, как ограниченная цветовая гамма, низкая световая эффективность, громоздкость и сложность. Более того, существует значительное количество ультрафиолетового (УФ) и инфракрасного (ИК) излучения газоразрядной лампы. Не отфильтрованное УФ излучение может привести к уменьшению срока службы оптических компонентов [3].

Для того чтобы избежать вышеперечисленных недостатков ламповых систем освещения, необходимо разработать осветительную систему с большей эффективностью, с большим сроком службы, компактную по габаритам и недорогую.

Значительный шаг в этом направлении определяется применением светоизлучающих диодов (LED) в качестве источника излучения в осветительных системах проекторов. Светоизлучающие диоды обладают высокой световой эффективностью и увеличенным сроком службы; может быть использован квазимонохроматический спектр их излучения красного, зелёного и синего цветов, соответственно. В результате осветительная система с тремя светоизлучающими диодами (для трёх основных цветов) может создать более широкую цветовую гамму, чем традиционная «белая» лампа (рис. 2). Такой источник и призван заменить газоразрядные лампы с короткой дугой излучения, традиционно применяемые в видеоустройствах данного класса.

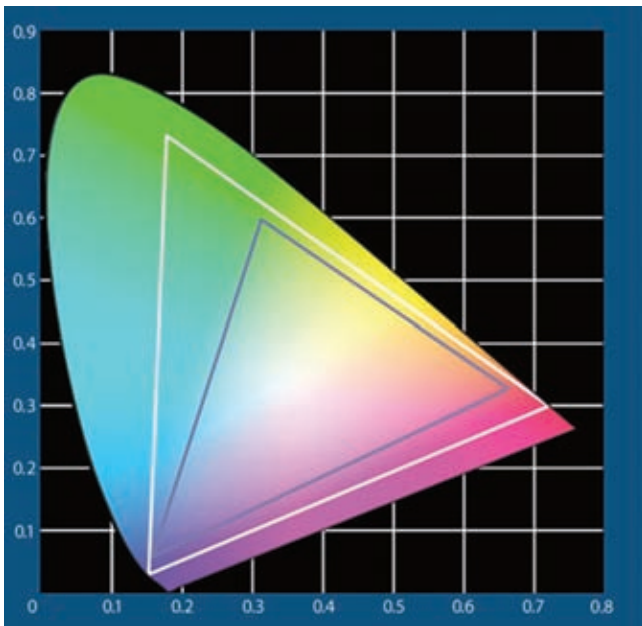


Рис. 2. Цветовой охват LED (белая линия); цветовой охват, рекомендованный для HDTV по [Рес. 709] (серая линия)

Проведённые патентные исследования показывают, что создание осветительной системы на базе LED, в которой отсутствуют недостатки уже известных систем, является сложной научно-технической задачей. Необходима система, не использующая традиционные средства усреднения освещённости изображения (такие, как массив микролинз или стержневой интегратор); она также должна обладать преимуществами в компактности, простоте конструкции и стоимости.

Однако при детальном рассмотрении оказывается, что при использовании светоизлучающих диодов (LED) распространение света усложняется, и общий выходной световой поток существенно ниже, чем от газоразрядной лампы. Зачастую на практике трудно получить хорошую равномерность светового пучка от LED при незначительных оптических потерях.

Примером может служить светодиодная осветительная система (патент U.S. No. 6, 224, 216), использующая трёхцветную систему освещения от трёх различных матриц LED. Излучение каждой LED матрицы вводится в волокно, по которому переносится на выходной торец светового интегратора;

затем с помощью линз свет переносится на изображающее устройство. Волокно соединяет соответствующие стержневые световые интеграторы и соответствующие LED матрицы (рис. 3). Недостатком такой реализации является сложность соединения LED матрицы с волокном.

Оптические потери в такой схеме обычно обусловлены потерями в массиве микрзеркал и в световоде, часто интегрированном в осветительную систему проектора. На практике за счёт потерь на стыках и при переносе сложно эффективно собрать излучение.

Другим примером может служить светодиодная осветительная система (патент U.S. No. 6, 220, 714). Излучение от матриц зелёного, красного и синего цветов коллимируется конденсорной линзой и, пройдя матрицу микролинз, падает на изображающую панель (рис. 4).

Один из недостатков этой системы в том, что только часть излучения, ограниченная полем микролинз, может быть эффективно использована для освещения изображающей панели. К тому же, система громоздка, сложна и дорога в изготовлении.

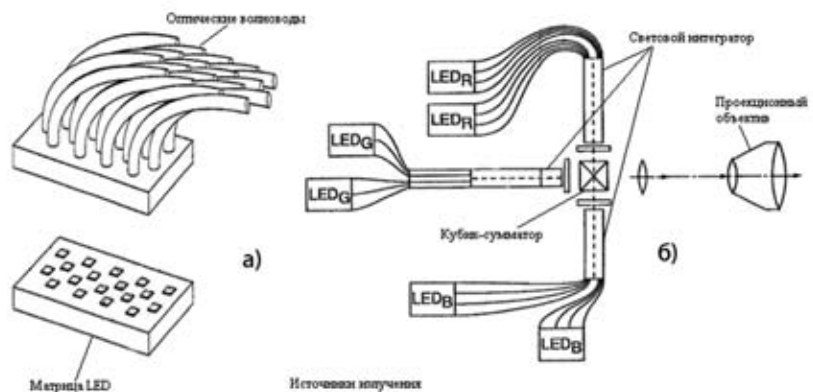


Рис. 3. Осветительная система на основе матриц LED для трёх основных цветов: а - ввод излучения LED в световод; б - общая компоновка трёхцветной осветительной системы



Рис. 4. Осветительная система с тремя LED источниками излучения и матрицами микролинз (для получения равномерной освещённости по полю)

Схмотехническое решение для осветительной ветви на базе светодиодов с квазимонохроматическим излучением

В свете успехов электронной промышленности в области производства органических светодиодов, последнее представляется уже доступной альтернативой традиционным источникам излучения в устройствах данного класса. Однако большинство опубликованных работ, посвящённых разработкам видеопрокторов, ограничены использованием дуговых газоразрядных источников излучения [4]. Эффективность осветительной ветви, в основном, зависит от выбранного способа создания первичных цветов, что также слабо освещается в литературе. Далее рассмотрены схмотехнические особенности работы осветительной системы видеопроектора на базе светодиодов. Такая схема решает многие задачи, отмеченные в первой части статьи.

На рис. 5 схмотехнически изображена оптическая система светодиодного проектора на базе матрицы микрозеркал DMD. Источником излучения являются три LED матрицы (отдельно для красного, синего и зелёного цветов). Три световых потока от LED коллимируются, после чего попадают на соответствующие входы дихроичного сумматора. Осветительная система проектора состоит из двух частей. Первая часть осветительной системы состоит из коллимирующей линзы, расположенной перед каждым диодом, дихроичного кубика-сумматора и конденсорной линзы, которая фокусирует излучение на DMD матрице. Вторая часть состоит из двух призм полного внутреннего отражения (TIR) и проекционного объектива, который переносит изображение матрицы на экран.

Излучение красного и синего диодов отражается, а излучение зелёного диода проходит без изменений этандю. Суммированное трёхцветное излучение на выходе дихроичного сумматора проходит через конденсорную

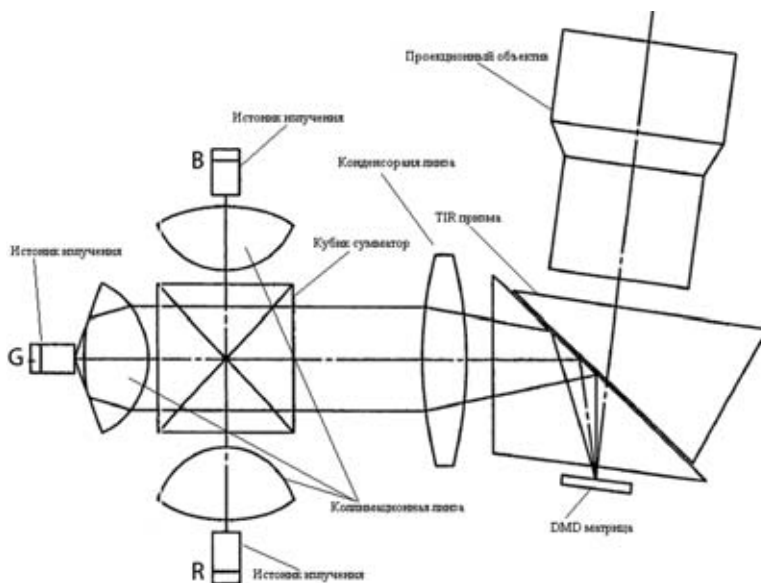


Рис. 5. Оптическая схема проектора на базе матрицы микрозеркал DMD

линзу и, отражаясь от гипотенузной грани первой призмы (TIR), попадает на матрицу DMD. Таким образом, изображения трёх LED переносятся на матрицу микрозеркал: отметим, что световые панели могут быть интегрированы с оптическими световодами, которые уменьшают неравномерность распределения излучения LED до того, как излучение попадёт в коллимирующую линзу (рис. 5) [4, 5].

В данном примере используются матрицы LED, размеры и форма которых пропорциональны размеру матрицы микрозеркал DMD (типичное соотношение сторон 16:9). Это, в свою очередь, координируется с размерами полевой диафрагмы и других компонентов осветительной системы.

Режим работы LED матриц синхронизирован по времени с моментом переключения положения (включения/выключения) микрозеркал матрицы DMD. Свет, отражённый от матрицы DMD, проходит через TIR призму без отражения и далее через проекционный объектив попадает на экран. В таком режиме DMD панель, освещённая соответствующей матрицей LED, создаёт на экране последовательные (во времени) изображения в первичных (R; G; B) цветах (обычно с частотой 75 Гц).

Если источник излучения представляет собой не однородный диод, а композитную матрицу диодов, то зазор между последними должен быть минимизирован.

На рис. 6 показаны варианты реализации LED панелей. На рис. 6а изображён одиночный LED, по размерам и форме пропорциональный матрице микрозеркал. На рис. 6б излучатель состоит из четырёх отдельных источников (число источников может меняться, равно как и их форма, основная задача при этом – минимизировать зазор между ними). Показанный на рис. 6с излучатель состоит из множества источников прямоугольной формы (всего 16). На рис. 6д источник образует 32 светодиода с круглой формой излучающей поверхности; последний вариант при-

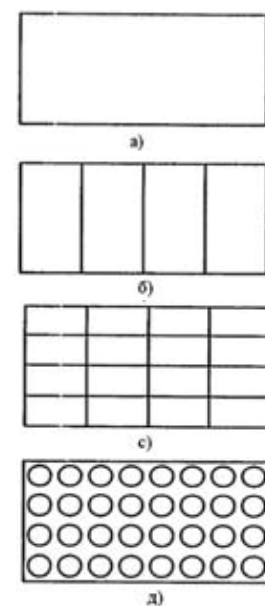


Рис. 6. Варианты исполнения источника излучения: однородный (а) или композитный (б, в, д)

меняется не часто, так как зазор между отдельными излучателями относительно велик по сравнению с излучателем прямоугольной формы.

Коэффициент заполнения поверхности излучателя обычно характеризуют отношением $\eta = \Sigma S_i / S_{ист.} \leq 1$, где $S_{ист.}$ – общая площадь источника излучения, а ΣS_i – сумма площадей элементарных источников излучения.

Однако есть возможность получить высокую равномерность освещённости даже в случаях, когда зазор между источниками велик. Для этого необходимо интегрировать на поверхность LED оптический световод, выходной торец которого пропорционален матрице микрозеркал DMD. Последний используется для усреднения излучения по интенсивности – за счёт многократного отражения излучения источника от боковых граней. Зазор между LED и световодом делается минимально возможным, чтобы избежать оптических потерь.

Другой способ получения равномерной освещённости в плоскости DMD иллюстрирует рис. 7. LED матрицы для красного, синего и зелёного цветов дефокусируются относительно изображения DMD панели для различных цветовых путей. Аналогично сферической aberrации, при дефокусировке точечный источник изображается размытым пятном, что приводит к улучшению равномерности освещённости в плоскости DMD. На практике оптическая система такого осветителя может иметь большие остаточные aberrации, однако при этом уменьшается световая эффективность и, главное, снижается контраст изображения.

Применение материальных диафрагм для повышения контраста изображения

Дальнейшее улучшение характеристик оптической системы видеопроектора заключается в применении полевой диафрагмы [5]. Последняя обычно располагается в плоскости матрицы DMD и виньетировать паразитное излучение вблизи краёв освещённой области, что приводит к повышению контраста конечного изображения. Возможна схема осветителя с использованием двух конденсорных линз. Тогда полевая диафрагма может быть расположена в плоскости промежуточного изображения, как это изображено на рис. 8а. Полевая диафрагма, расположенная в плоскости DMD (рис. 8б), препятствует тому, что излучение от источника будет разогре-

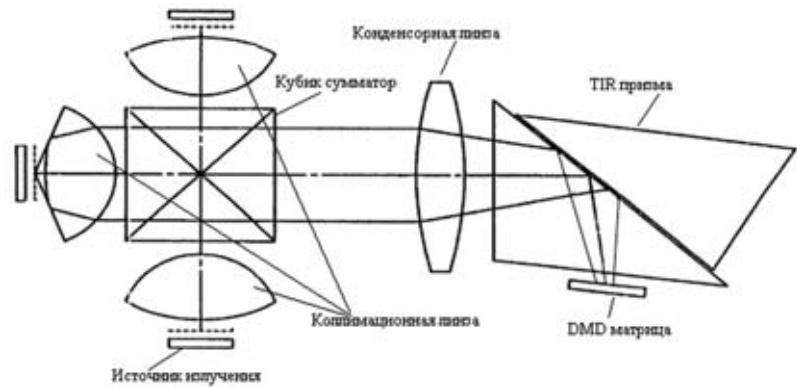


Рис. 7. Дефокусировка источника для улучшения равномерности освещённости DMD

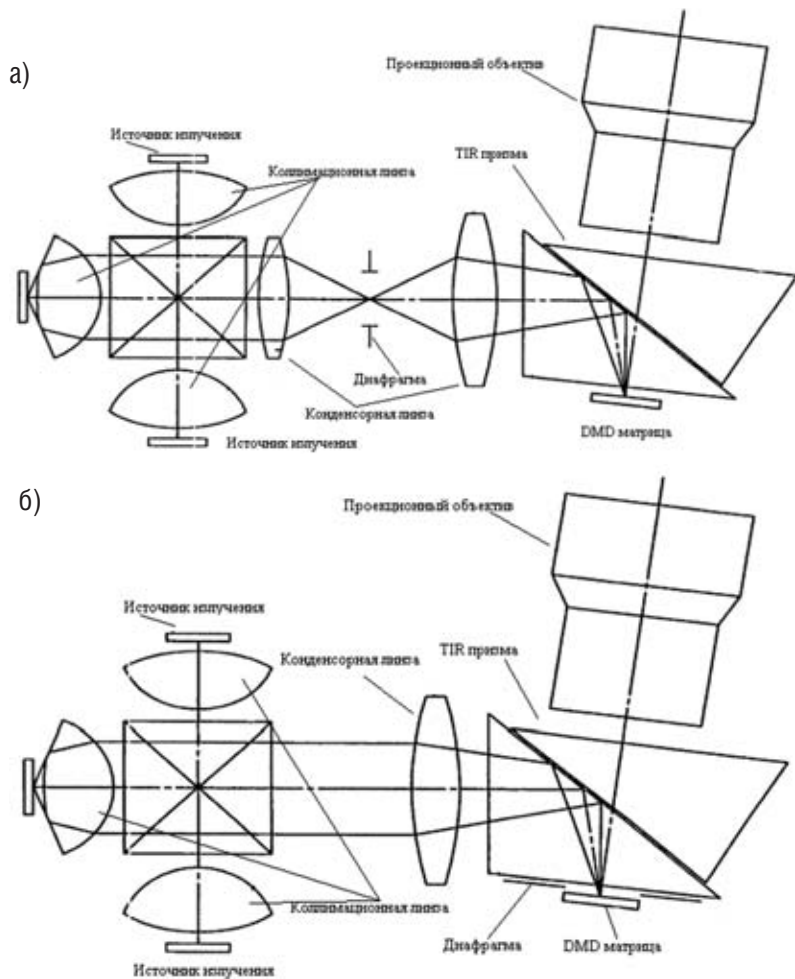


Рис. 8. Два варианта расположения полевой диафрагмы: а) в плоскости основного изображения LED; б) в плоскости промежуточного изображения LED

вать платы управления матрицей микрозеркал. Это обеспечит увеличение срока службы, а требования к охлаждению плат управления будут не очень жёсткие.

В обоих вариантах излучение от LED поступает на дихричный сумматор. Суммированное излучение от источников излучения на выходе фокусируется первой конденсорной линзой в плоскости, где располагается полевая диафрагма. Вторая конденсорная линза переносит размытое изображение, созданное первой линзой, в пло-

скость DMD панели. Размеры и соотношение сторон полевой диафрагмы пропорциональны размерам DMD панели.

Альтернативные варианты сведения цветных каналов

Использование в качестве сумматора оптического излучения дихроичного кубика не всегда экономически оправдано. Альтернативой может служить X- или V-образная комбинация дихроичных пластин, представленная на рис. 9а и 9б, соответственно.

Общим для этих схем является то, что оптическая длина пути для красного, синего и зелёного цветов от матриц LED до матрицы микрзеркал DMD остаётся одинаковой во всех показанных схемах:

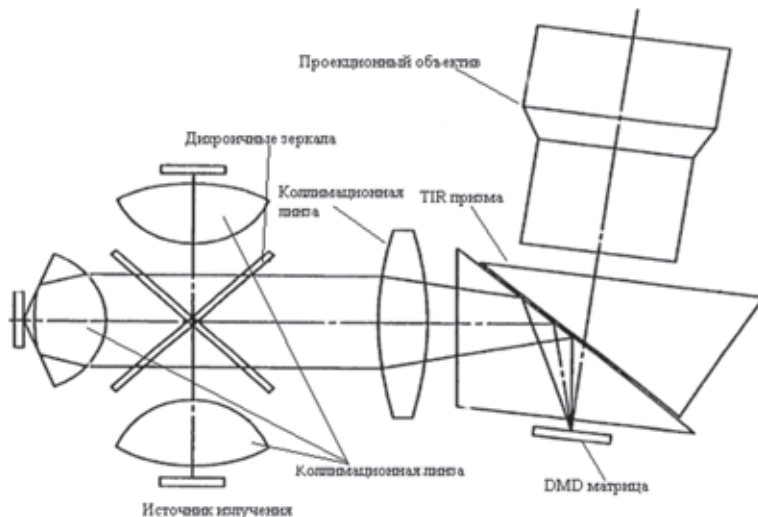
$$L_{\text{red}} = L_{\text{green}} = L_{\text{blue}},$$

где L_i – длина оптического хода лучей от LED матрицы до матрицы DMD.

$$\sum_i L_i^{\text{red}} n_i^{\text{red}} = \sum_i L_i^{\text{green}} n_i^{\text{green}} = \sum_i L_i^{\text{blue}} n_i^{\text{blue}},$$

где L_i^j – длина хода луча в среде, n_i^j – показатель преломления среды.

а)



б)

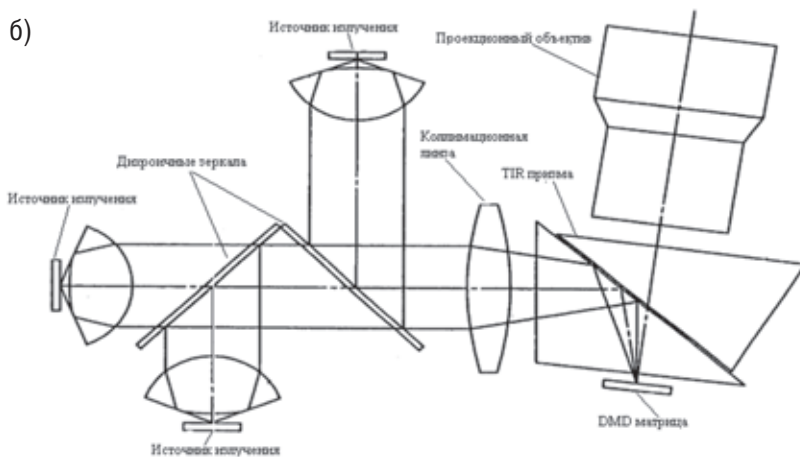


Рис. 9. Комбинация дихроичных пластин: а) X-образная; б) V-образная

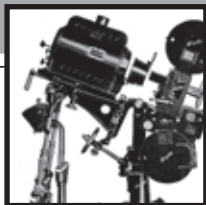
Решая систему этих линейных уравнений, находим требуемые положения матриц LED. Порядок расположения источников излучения может меняться, если это обусловлено специфическими требованиями к источникам излучения.

Заключение

Рассмотрены различные варианты компактной высокоэффективной осветительной системы для современных видеопроекторов. Показано, что в качестве источников излучения первичных цветов в современных проекционных устройствах могут применяться как отдельные светодиоды, так и составные матрицы светодиодов, причём число используемых цветов не ограничивается тремя основными. Основным достоинством представленного схематического решения осветительной системы является улучшенная цветовая гамма и повышенная световая эффективность. Устранены громоздкие стержневые световые интеграторы и нежелательное ИК и УФ излучение газоразрядных Хе или Ме-Hg дуговых ламп; также устранены балластные компоненты, и не требуется интенсивное охлаждение. Более того, не требуется цветовой диск Ньютона и, соответственно, двигатель для его вращения, что также уменьшает стоимость изделия и повышает надёжность. Вся «работа» по созданию R; G; B изображения переносится от цветного диска Ньютона, который модулировал световой поток по цвету, на электронную схему и поочерёдный режим работы светодиодных источников квази-монохроматического излучения. Последние в своей работе синхронизированы по времени с моментом разворота микрзеркал матрицы DMD. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев В. Мировой рынок отображения информации. Электроника: наука, технология, бизнес, № 8, с. 21–24, 2008.
2. Seime Lars and Hardeberg Jon Y. Characterization of LCD and DLP projection displays, IS&T/SID 10-th color imaging conference, Vol. 17, Issue 24, p. 735–736, 2008.
3. Segler D.J. LED TV: Technology Overview and the DLP Advantage. TI 12, p. 5, 2005.
4. Рожков О.В., Соколов К.С. Особенности использования стержнеобразных интеграторов в компактных проекционных системах с высокой световой эффективностью. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, Приборостроение, с. 113–123, 2004.
5. Florian Fournier, William J. Cassarly, and Jannick P. Rolland. Method to improve spatial uniformity // Optics Letters, Vol. 33, Issue 11, p. 1165–1167, 2008.



АНТИСТАТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ



П.Н. Чадаев, аспирант, М.А. Сакварелидзе, д.х.н., профессор, А.С. Михайлов, к.т.н., доцент, Московский киноvideоинститут; И.А. Грицкова, д.х.н., профессор, МИТХТ им. М.В. Ломоносова

Аннотация

Синтезированы полимерные микросферы с различным строением поверхности, с узким распределением частиц по размерам, имеющие структуру «ядро-оболочка». Полимерные микросферы введены в защитные слои эмульсионных фотографических материалов. Изучено влияние полимерных микросфер на сенситометрические характеристики светочувствительных материалов и показана возможность использования их в качестве антистатических компонентов.

Ключевые слова: полимерные микросферы, эмульсионные слои, сенситометрические характеристики, антистатические свойства.

■ Современные светочувствительные материалы, представляющие собой полимерную основу с нанесёнными на неё эмульсионными и вспомогательными слоями, обладают способностью в процессе эксплуатации накапливать статическое электричество. Защита फिल्मовых материалов от возникновения зарядов статического электричества всегда была актуальной и важной проблемой. Статическое электричество на светочувствительных слоях может возникать по целому ряду причин, таких как:

- пониженная влажность воздуха ($\varphi < 50\%$);
- большие скорости перемотки плёнки в съёмочной и проекционной аппаратуре;
- технологические параметры изготовления фотографического материала;
- неоптимальные условия хранения и эксплуатации.

ANTISTATIC COMPONENTS OF PROTECTION LAYER FOR LIGHT-SENSITIVE MATERIALS

P. Chadaev, M. Sakvarelidze, A. Mikhailov, I. Gritskova

Abstract

Synthesized polymeric micro spheres with different structure of surface, narrow distribution of particles dimensions, having "nucleus - envelope" structure. Polymeric micro spheres applied into protection layers of emulsion photographic materials. Studied the influence of polymeric micro spheres to sensitometric characteristics of light-sensitive photographic materials and approved the possibility to use it as antistatic components.

Keywords: *polymeric micro spheres, emulsion layers, sensitometric characteristics, antistatic properties.*

Защита полимерных материалов от статического электричества осуществляется различными, как физическими, так и химическими способами [1]. К физическим способам относятся: ионизация воздуха, уменьшение коэффициента трения, заземление оборудования, создание соответствующего температурно-влажностного режима в помещении, где проводится работа с плёнкой. К химическим способам относится использование различных электропроводящих покрытий или антистатическая обработка поверхности изделий. В качестве антистатиков могут быть использованы различные органические или неорганические вещества, обладающие ионной или электронной проводимостью. Наличие большого количества патентной литературы, в которой предлагаются различные составы для антистатической защиты फिल्मовых материалов, свидетельствуют о том, что этот вопрос

привлекает внимание многих исследователей и практиков. Однако актуальность исследования в том, что эта задача не была решена в аспекте устранения электризуемости плёнок на весь период её изготовления и эксплуатации с сохранением оптических и физико-механических свойств материала.

В последние десятилетия в практике производства фотоматериалов достаточно широко используется способ создания микрошероховатости на поверхности защитных слоёв фотоматериалов, заключающийся в том, что вводятся полимерные частицы малых размеров, благодаря которым предотвращается тесный контакт между витками плёнки, находящейся в рулоне [2].

Так, предприятие «Тасма» (Россия) и бывшее АО «Свема» (Украина) использовали при производстве высокодисперсную полимерную суспензию полиметилметакрилата (ПММА), создававшую эффект микрошероховатости. Перед введением суспензии требуется тщательное диспергирование системы во избежание образования агрегатов в растворах защитного (или вспомогательного) слоя и тщательная их фильтрация перед поливом. Недостатком этой дисперсии являлось создание определённой мутности среды и, как следствие этого, снижение разрешающей способности. У крупнозернистых фотоматериалов, где размер микрокристаллов галогенида серебра сопоставим с размерами частиц ПММА, снижение разрешающей способности не так заметно, но в случае мелкозернистых эмульсионных слоёв такое падение будет весьма заметным.

В связи с этим, целью нашей работы было: синтез и изучение влияния полимерных микросфер с различным строением поверхности, введённых в защитные слои эмульсионных слоёв, на фотографические и физико-механические свойства светочувствительных материалов, и выявление возможности их использования в качестве антистатических компонентов.

Существует много методов синтеза монодисперсных частиц малых размеров с различной формой, диаметром и поверхностным покрытием [3, 4]. Нами были синтезированы полимерные микросферы различного строения и различного диаметра (от 0,6 до 6,0 мкм). Это полистирольные суспензии, полученные затравочной полимеризацией стирола в отсутствие ПАВ (ПС); полистирольные суспензии, полученные затравочной полимеризацией стирола в присутствии карбоксилсодержащего олигодиметилсилоксана (ПС+ПДМС); полиметилметакрилатные частицы, полученные полимеризацией метилметакрилата в присутствии карбоксилсодержащего олигодиметилсилоксана на затравочных полиметилметакрилатных частицах (ПММА+ПДМС). Кроме того, использовали полимерные микросферы, модифицированные путём адсорбции желатины на их поверхность, и полимерные микросферы с ковалентно связанными функциональными группами полимера и желатины (ПММА+ПДМС+Ж). Все полимерные суспензии характеризовались узким распределением частиц

по размерам, были устойчивы в процессе полимеризации и при хранении, имели структуру «ядро-оболочка». На рис. 1 представлены микрофотографии полимерных суспензий. На приборе NanoZS, производства фирмы «Malvern», были определены распределения синтезированных полимерных микросфер по размерам и дзетта потенциалу (рис. 2).

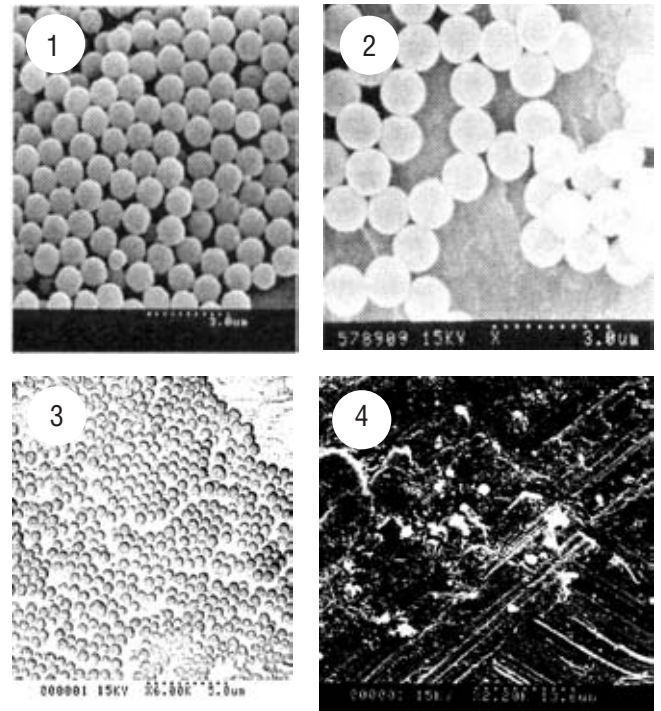


Рис. 1. Микрофотографии полимерных суспензий: 1 – полистирол ($d=1$ мкм); 2-полистирол, в присутствии полидиметилсилоксана; 3- полиметилметакрилат ($d=0,6$ мкм); 4 - промышленно используемый в качестве антистатической добавки образец полиметилметакрилата

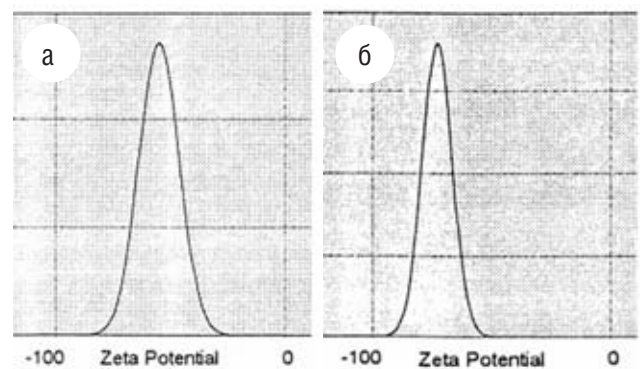


Рис. 2. Распределение полистирольных микросфер по значениям дзетта потенциалов, определённых по электрофоретической подвижности полимерных частиц для образцов: а – полистирольные суспензии, полученные затравочной полимеризацией стирола в отсутствие ПАВ; б- полистирольные суспензии, полученные затравочной полимеризацией стирола в присутствии карбоксилсодержащего олигодиметилсилоксана

Полимерные микросферы были введены в защитные слои, которые наносились на фотографическую эмульсию, политую на триацетатцеллюлозную основу. Полив проводили на лабораторной поливной машине кюветного типа при затемнённом жёлто-зелёном освещении в два приёма – сначала наносили эмульсионный слой, а затем на него, после его студения, наносили раствор защитного слоя, который также студили. Политые образцы сушили в потоке воздуха в полном отсутствии освещения, и затем хранили в светонепроницаемой бумаге при комнатной температуре от 0 до 90 суток.

Для сохранения максимально возможной разрешающей способности фотоматериалов добавление микросфер в защитный слой не должно вызывать значительной мутности светочувствительных слоёв и ухудшения оптических свойств. Данному параметру не соответствовали образцы, содержащие полимерные микросферы диаметром более 1 мкм. Нами были исследованы фотографические материалы, содержащие полимерные ми-

кросферы диаметром 0,6–0,9 мкм. В качестве контрольных использовались: образец, не содержащий полимерные микросферы в защитном слое (образец К, табл. 1) и образец, содержащий полимерную дисперсию, промышленно применяемую при изготовлении серийных фотоматериалов (образец П, табл. 1).

Исследование изготовленных образцов плёнок проводили как по фотографическим свойствам (светочувствительность, коэффициент контрастности, оптическая плотность вуали, разрешающая способность), так и по электростатическому сопротивлению поверхности защитных слоёв в зависимости от природы полимерных микросфер, их концентрации и времени хранения.

Для определения фотографических характеристик использовали сенситометр ФСР-41 и денситометр ДП-1М. Образцы плёнок экспонировали за светофильтром СС-5 (≥ 400 нм) и за общим светофильтром при выдержке 1/20 с, обрабатывали в стандартном проявителе УП-2 в течение 6 мин. при температуре 20°C и фиксаже БКФ-2.

Табл. 1. Строение и концентрации полимерных микросфер

Тип полимера	Обозначение образца фотоматериала	Концентрация полимерных микросфер в образце фотоматериала, С, г/л	Мутность* образцов
ПС (0,6 мкм)	1.1	4,5	Лёгкая мутность
	1.2	6,5	Лёгкая мутность
	1.3	8,5	Значительная мутность
	1.4	10,5	Значительная мутность
ПС (0,9 мкм)	2.1	4,5	Лёгкая мутность
	2.2	6,5	Значительная мутность
	2.3	8,5	Значительная мутность
	2.4	10,5	Значительная мутность
ПММА + ПДМС (0,6 мкм)	3.1	4,5	Лёгкая мутность
	3.2	6,5	Лёгкая мутность
	3.3	8,5	Значительная мутность
	3.4	10,5	Значительная мутность
ПММА + ПДМС + физ. адсорб. желатина (0,6 мкм)	4.1	4,5	Прозрачный слой
	4.2	6,5	Прозрачный слой
	4.3	8,5	Прозрачный слой
	4.4	10,5	-
ПММА + ПДМС + ковал. связ. желатина (0,6 мкм)	5.1	4,5	Прозрачный слой
	5.2	6,5	Прозрачный слой
	5.3	8,5	Прозрачный слой
	5.4	10,5	Лёгкая мутность
-	К	0	Прозрачный слой
ПММА	П	6,5	Значительная мутность

*Мутность эмульсионных слоёв, прошедших химико-фотографическую обработку, определялась визуально

При построении характеристических кривых определяли общую светочувствительность $S_{\text{общ}}$ – по критериям $S_{0,2}(1/H)$ и $S_{0,85}(10/H)$, коэффициент контрастности γ , оптическую плотность вуали D_0 и максимальную плотность D_{max} [5]. Зависимость сенситометрических характеристик образцов фотоматериалов от концентраций полимерных микросфер приведена на рис. 3.

Полученные результаты показали, что добавление полимерных микросфер не ухудшает светочувствительность ($S_{0,2}$, $S_{0,85}$) и коэффициент контрастности (γ); оптическая плотность вуали (D_0) несколько меньше при использовании синтезированных нами полиметилметакрилатных суспензий с физически адсорбированной желатиной, нежели при использовании промышленного образца дисперсии ПММА.

Одним из важнейших фотографических показателей является разрешающая способность (R). Испытания проводились с помощью резольвометра РП-2М в соответствии с действующим стандартом [6] и методикой проведения работы.

Результаты измерений показали, что при использовании в качестве антистатической добавки промышленно применяемого полимера наблюдается значительное снижение разрешающей способности от 195 мм^{-1} (контрольный образец К) до 160 мм^{-1} , что сказывается на качестве изображения, в то время как применение полиметилметакрилатных суспензий, модифицированных желатиной, не вызывает ухудшения разрешающей способности (табл. 2).

Антистатические свойства образцов, содержащих полимерные микросферы, определяли, измеряя напряжённость электрического поля и полупериод стекания заряда. Измерения проводились с помощью измерителя ИПЭП-1 [7], при температуре $+22^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 50%. Добавление полимерных микросфер вызывает снижение напряжённости электрического поля, особенно в случае применения образцов, модифицированных желатиной.

Также измерен полупериод стекания заряда. Исследования образцов, содержащих промышленно применяемые антистатические компоненты, показали значительное увеличение полупериода стекания заряда от 30 с (контрольный образец К) до 60 с. Синтезированные нами полимерные микросферы показали меньший полупериод стекания заряда по сравнению с промышленным антистатическим компонентом. Результаты измерений напряжённости электрического поля и полупериода стекания заряда приведены в табл. 3.

Кроме того, нами исследована зависимость температуры деформации и температуры плавления эмульсионных слоёв фотографических материалов от концентрации полимерных микросфер в щелочно-сульфитном растворе по ОСТ В6-17-427-76 [8]. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что добавление предложенных полимерных микросфер не ухудшает вышеуказанные прочностные характеристики (табл. 4).

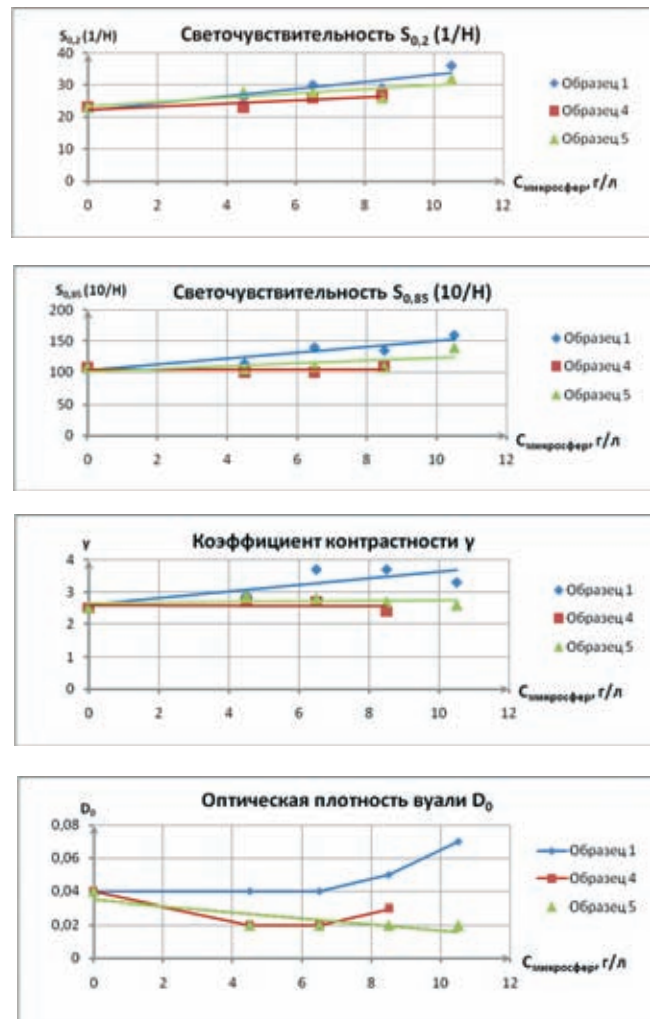


Рис. 3. Графики зависимости сенситометрических характеристик образцов фотоматериалов от концентраций полимерных микросфер

Табл. 2. Влияние строения и концентрации полимерных микросфер на разрешающую способность фотоматериалов

Обозначение образца фотоматериала	Максимально различимое поле	Разрешающая способность, R, мм ⁻¹
1.1	19	180
1.2	18	160
1.3	18	160
1.4	18	160
4.1	20	195
4.2	20	195
4.3	19	180
5.1	20	195
5.2	20	195
5.3	20	195
5.4	19	180
К	20	195
П	17	160

Табл. 3. Зависимость напряжённости электрического поля и полупериода стекания заряда от строения и концентрации полимерных микросфер

Обозначение образца согласно табл. 1	Напряжённость электрического поля, E , кВ/м	Полупериод стекания заряда, $\tau/2$, с
1.1	1,3	23
1.2	1,3	20
1.3	1,3	18
1.4	1,3	17
4.1	3,0	49
4.2	1,4	46
4.3	0,7	45
5.1	1,1	36
5.2	1,0	35
5.3	1,0	33
5.4	0,9	30
К	3,0	35
П	1,5	60
Сторона, покрытая антистатическим лаком	0,1	25

Таким образом, в результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Полиметилметакрилатные суспензии, модифицированные карбоксилсодержащим олигодиметилсилоксаном и желатиной, могут быть рекомендованы к дальнейшим испытаниям с целью использования их в промышленных условиях в качестве антистатических компонентов светочувствительных слоёв.
2. Определены оптимальные концентрации полимерных микросфер – 6,5 г/л в пересчёте на сухое веще-

Табл. 4. Зависимость температуры деформации и температуры плавления эмульсионных слоёв от концентрации полимерных микросфер

Обозначение образца	Температура деформации t_d , °С	Температура плавления $t_{пл}$, °С
1.1	57	60
1.2	57	60
1.3	57	60
1.4	58	61
4.1	54	57
4.2	51	54
4.3	45	48
5.1	47	53
5.2	46	50
5.3	46	49
5.4	49	54
К	48	53
П	58	61

ство. При этом обеспечивается достаточный для практического использования уровень антистатических свойств светочувствительных слоёв, превышающих показатели слоёв с промышленно применяемой дисперсией ПММА.

3. Оптические характеристики эмульсионных слоёв, содержащих полимерные микросферы, заметно превышают оптические характеристики слоёв, содержащих промышленно применяемую дисперсию ПММА.

Предложенная технология может быть использована для разработки новых сортов высокочувствительных фотографических материалов, в том числе и для аэрокосмических плёнок высокого разрешения. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурдыгина Г.И. Фильмокопии. М., Искусство, с. 207, 1991.
2. Сакварелидзе М.А., Левачев С.М. Антифрикционные покрытия фильмовых материалов на основе полистирольных микросфер. МТК, № 3, с. 6–9, 2007.
3. Прокопов Н.И., Грицкова И.А., Черкасов В.Р., Чалых Ф.Е. Синтез монодисперсных функциональных полимерных микросфер для иммунодиагностических исследований. Успехи химии, Т. 65, № 2, с. 178–192, 1996.
4. Грицкова И.А., Седакова Л.И., Мирадян Д.С., Синекаев Б.М., Павлов А.М., Праведников А.Н. Топохимия и массоперенос при эмульсионной полимеризации. Доклад АН СССР, Т. 243, № 2, с. 403–424, 1978.
5. ГОСТ 10691.0-84 – ГОСТ 10691.4-84. Материалы фотографические чёрно-белые на прозрачной подложке. Метод общесенситометрического испытания.
6. ГОСТ 2819-84. Материалы фотографические. Метод определения разрешающей способности.
7. ГОСТ 22261-94. Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
8. ОСТ В6-17-427-76. Аэрофотоплёнки. Методы испытаний.



ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ЗЕРКАЛА



■ В.А. Ванин, к.т.н., научный руководитель фирмы «Гало», г. Фрязино, Московская область;
В.А. Шулаков, руководитель голографического факультатива, физический колледж, г. Минск, Республика Беларусь ■

XXVII Школа по голографии. Международная конференция ГолоЭкспо-2010.
Докладчик В.А. Ванин

■ Введение

Голография – не просто наука, изучающая выбранный фрагмент из общей картины мира, а можно сказать, что это наука наук, которая привнесла в научный метод познания целостность («холичность»). В этой связи она сродни метафизике, о чём свидетельствуют многочисленные ссылки на голографию в серьёзных метафизических работах. Приход голографии в нашу жизнь совпал со сменой эпох развития Земли, которая в настоящий момент переходит от эры Рыб, характеризующейся разрушениями и войнами, к эре Водолея, к периоду гармонизации всех земных процессов. Так что приход голографии не случаен, и мы с Вами можем гордиться принадлежностью к избранной касте голографистов. Но, несмотря на свою высокую миссию, голография не чурается сугубо прагматических вещей и помогает своим приверженцам зарабатывать на жизнь, о чём свидетельствует основная направленность нашей конференции.

Перехожу к теме доклада, который является продолжением цикла моих выступлений на предыдущих конференциях под общим названием «Голографическая парадигма мира». На этот раз темой является «Зеркало», феномен которого меня притягивал с 1968 года, с момента вступления в голографическое сообщество. Ну а поскольку доклад включён в программу возрождённой голографической школы, я полагаю, будет уместно кратко изложить основные положения предыдущих докладов [1–3]. Прежде всего, по той простой причине, что среди Вас с большой вероятностью можно найти людей, которым пока нечего терять, и которые согласны с высказыванием Льва Ландау: «Попробуй понять то, что предста-

вить невозможно, и тогда Вы состоялись как истинный учёный». У меня три таких положения:

- открытие голографии дало человечеству более совершенный инструмент в познании окружающего мира, в том числе, в объяснении работы мозга человека и устройства Вселенной;
- зеркало, как идеальная голограмма, может служить эталоном, маяком, направляющим развитие голографической науки и её применений;
- голографическая модель устройства Вселенной может оказаться полезной при разработке концепции нанотехнологий.

Если эти положения кому-то покажутся слишком амбициозными, то к вышеприведённым словам Ландау можно добавить высказывания научного Гуру – А. Эйнштейна, который, оценивая очередную новую теорию мироустройства, говаривал, что она недостаточно безумна, чтобы быть истинной. В обосновании озвученных положений один из докладов был посвящён тому, как способ представления информации об окружающем нас мире (её записи, обработки и визуализации) влияет на все стороны нашей жизни, включая науку, искусство, общественные взаимоотношения). В этом докладе была обоснована активная роль науки XXI века (голографии) в формировании новой парадигмы мира, целостного во всех своих проявлениях и соответствующего современному уровню научных знаний о нём, прежде всего, благодаря достижениям в области квантовой физики.

Другие существенные, на мой взгляд, идеи постараюсь включить в текст этого доклада.

Революционная Мысль, что наш мир устроен по голографическому принципу, принадлежит замечательному

учёному, физику-теоретику Дэвиду Бому, который был соратником «отца» американской атомной бомбы Роберта Оппенгеймера и коллегой Альберта Эйнштейна. В середине XX века Д. Бом работал в Принстоне вместе с Эйнштейном, где пытался создать свою версию квантовой механики, строго математическую и притом наглядную – физическую. В какой-то мере это ему удалось, что он и изложил в своей замечательной монографии «Основы квантовой теории». Перебравшись в 1950 г. из Принстона в Лондон, Бом занялся физикой плазмы – настало время осваивать мирную управляемую термоядерную энергию. И скоро он обнаружил у плазмы коллективные свойства, сближающие её с живой материей. Остался шаг до синтеза квантовой физики с человеческим сознанием. И Д. Бом сделал этот шаг.

Мир как голограмма

Согласно голографической модели Д. Бома, весь мир устроен примерно так же, как голограмма, и любой существующий объект Вселенной «вкладывается» в каждую из своих составных частей. Толчком для подобных фантастических рассуждений учёного стал известный парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена (ЭПР), по которому «сцепленные» волновой функцией частицы всегда и везде, на любом расстоянии друг от друга, ведут себя строго взаимосвязано, так что изменение состояния одной приводит к мгновенной перемене в состоянии другой. Расстояние тут не играет абсолютно никакой роли – действует принцип дальнего действия. Этот феномен, на первый взгляд, противоречит и пресловутому «здоровому смыслу», и теории относительности, но он был подтверждён как научный факт экспериментом физика из Парижского университета Элейна Аспекта. Размышляя над этим вопросом, Бом пришёл к выводу, что элементарные частицы взаимодействуют между собой не потому, что существует какой-то механизм обмена информацией со скоростью, превышающей скорость света, а потому, что они представляют собой по существу один единый объект. Матрицей мира, по Бому, служит некий «скрытый» порядок, отображением, проекцией которого является не только материя, но и сознание. Монадология Бома, в отличие от чисто интуитивной монадологии Лейбница, высказанной последним три столетия назад, опиралась на современные знания квантовой физики. Хорошим примером голографичности окружающего мира являемся мы с вами: в самом деле, информация о нашем устройстве и программа созидания человека записана в ДНК, структура которой одинакова в каждой клетке нашего организма. Это и есть скрытый порядок, который в течение жизни разворачивается в явный – в человеческую личность.

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, директор центра квантовой астрофизики лаборатории Ферми. По их мне-

нию, наша Вселенная представляет собой сферу, поверхность которой состоит из элементов планковской длины ($1,6 \times 10^{-35}$ м), и каждый несёт в себе информацию – бит. А то, что внутри, созданная ими голограмма [4].

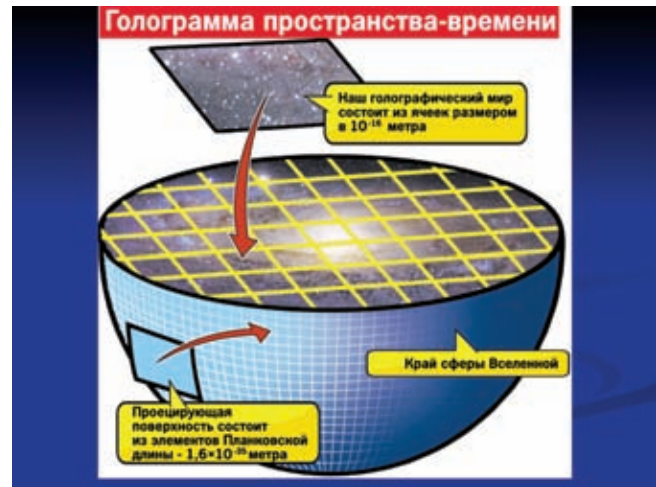


Рис. 1. Голографическое устройство нашей Вселенной

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. Когда-то посторонние радишумы донимали исследователей в Bell Laboratory, благодаря которым в 1964 г. было обнаружено реликтовое излучение, доказавшее гипотезу Большого взрыва.

Возможно, подобная великолепная история познания повторяется почти через полвека. Есть ли иные подтверждения голографической модели мира, кроме указанных выше совпадений выводов теории с экспериментальными данными? С 2001 года в космосе летает зонд под названием WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), который ловит фотоны реликтового излучения с целью изучения флуктуаций этого всеобъемлющего микроволнового фона Вселенной, доставшегося нам в наследство от её предполагаемого Большого взрыва.

На сегодняшний день уже создана карта реликтового излучения, по которой астрофизики уточнили возраст Вселенной – 13,7 миллиарда лет. Форма Вселенной – шар, о котором и говорят «голографисты». Не исключено, что в будущем, создав подходящие инструменты, учёные смогут проникать «внутрь» вселенской голограммы. Тогда люди смогут по своей воле в любой момент извлекать записанную там ψ -информацию – картины прошлого и будущего. Или посещать, казалось бы,

недостижимо далёкие миры Вселенной – сначала на информационном уровне, а потом в них «материализуясь». А это означает, что люди начнут путешествовать в пространстве–времени. Не только мысленно, ментально, но и физически, реализуя свою божественность.

Американский физик-теоретик Мичио Каку, один из авторов «теории струн» [5], и профессор Ядерного Университета России (бывший МИФИ) Б.У. Родионов, предложивший «флюксовую» модель структуры Вселенной [6], считают, что существующие законы физики этому не препятствуют.

В самом деле: всё в мире состоит из одних и тех же элементарных частиц, подчиняющихся общим законам квантовой физики, причём эти частицы могут существовать в виде волн, либо собственно частиц: всё зависит от условий их наблюдения, т.е. от сознания (воли, мысли) наблюдателей. Окружающий нас Мир представляет собой калейдоскоп из различного рода волн Де Бройля (они же – волны Шредингера).

Д. Бом называет этот калейдоскоп Голодинамикой. Видимую нами Реальность мы формируем с помощью своего Сознания, которое, подобно лучу лазера, выбирает «Наш мир» из возможного многообразия миров, представленных в Голодинамике.

Мысль эта не нова, просто Д. Бом пришёл к ней с позиций научной логики, а Карлос Кастанеда – после знакомства с учением толтеков (магов древней Мексики). По этому учению, Человек представляет собой скопление энергетических полей в виде светящейся сферы. На этой сфере есть особое пятно – «Точка сборки», в которой сходятся мириады энергетических полей в форме светящихся волокон, из которых состоит Вселенная. Собираясь в этой точке, они превращаются нашим Сознанием в окружающий нас чувственный мир. Чтобы увидеть другой мир, нужно просто сместить «Точку сборки», однако сделать это не просто, поскольку она прочно удерживается коллективным Сознанием всего Человечества.

На рис. 2 [4] представлена такая структура Вселенной, где волновые потоки сплетаются в длинные энергетические жгуты, образуя подобие сахарной ваты. Эта структура голографична, она согласуется с представлениями толтеков и хорошо описывается современной «флюксовой» теорией профессора Б.У. Родионова. Темой же данного доклада является голографическая сущность «Зеркала», которая, естественно, базируется на «голографичности» Вселенной, предполагающей, что в каждой её точке присутствует информация обо всём (о целом). Этот феномен, на наш взгляд, легко объяснить, если принять во внимание зарождение Вселенной в результате Большого взрыва какого-то гиперплотного микрообразования и последующего её расширения до нынешних размеров.

«Зеркало» же, будучи помещённым в любую точку пространства, лишь формирует «пакеты стоячих волн» во всём диапазоне своей отражательной характеристики. В данный момент мы, люди, не умеем подключаться к информационному полю Вселенной в любой точке

её пространственно-временного континуума и получать нужную нам информацию. А Зеркало, на наш взгляд, облегчает процесс этого контакта, образуя своеобразные «ворота» в нематериальные миры прошлого и будущего, связанные с нашим реальным миром энергией сознания. Однако и в этом «облегчённом» варианте мы пока не готовы извлекать из Зеркала всю информацию, которую оно нам предлагает, но две подсказки уже воплощены в жизнь: речь идёт о цветной фотографии Липпмана и отражательной голографии Денисюка [7]. Такого рода подсказки обычно приходят из мира мифов, сказаний, либо хорошей научно-фантастической литературы.

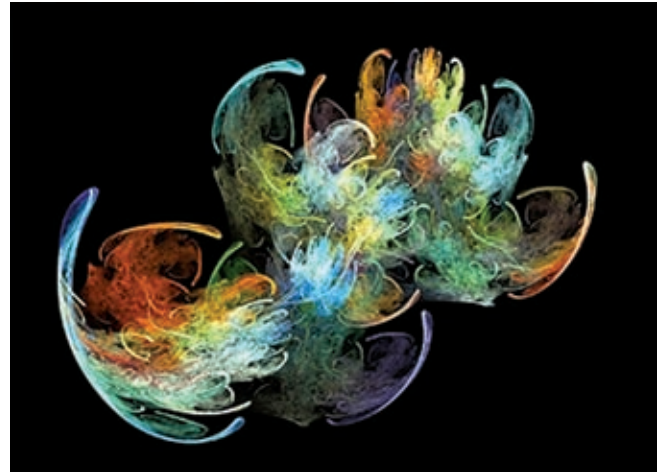


Рис. 2. «Ватная Вселенная» разрывает свои ментальные пространственные оковы

Так, рассказы Ивана Ефремова «Тень минувшего» и «Звёздные корабли», по собственному признанию Ю.Н. Денисюка, стали тем катализатором, который «запустил» проект по отражательной голографии. В обоих рассказах описаны зеркала, обладающие «волшебными» свойствами динамической голограммы. Интересно отметить, что эти рассказы И. Ефремов написал в 1944 г., за четыре года до открытия Д. Габором «Голографии».

Мистические свойства зеркала

Точно определить предмет или понятие – это наполовину его осознать. Понятие «Зеркала», используемое в докладе, более широкое, чем принятое в нашем обиходе. Из возможных определений авторами предлагается следующее: зеркало есть сущность, отражающая информационный (энергетический) сигнал без заметного искажения.

История возникновения и развития голографии тесно переплетается с более древней историей Зеркала, в том числе, и с её мистическими аспектами. Тема «Зеркала» представлена во всех областях нашей жизни, как духовной, так и материальной. Зеркала поражают своей непостижимой двойственностью. С одной стороны, это материальный предмет, а с другой – неосозаемое отражение, фантом.

Из многочисленных мистических свойств, приписываемых зеркалам, я хочу обратить Ваше внимание только на те, которые являются общими для культур практически всех народов мира. Прежде всего, к таким свойствам относятся широкие информационные возможности зеркал, использование которых напрямую зависит от уровня нашего сознания. Ежедневно смотрясь в зеркало, мы реализуем самое простое его информационное свойство: отражая, корректировать заданным образом визуальную информацию. А возможности зеркал отображать события, происходящие в любой точке земного шара, мы пока реализовать не можем. В сказаниях и мифах такими способностями обладали маги, волшебники (вспомним сказку А.С. Пушкина «О спящей царевне и семи богатырях»), либо сущности потустороннего мира, типа мистического Воланда, мастерски изображённого М. Булгаковым в знаменитом романе «Мастер и Маргарита».

Пойдёт ли на пользу человеку такая тотальная информированность обо всём на свете, ведь многие знания умножают наши печали?... Но, похоже, это закон жизни, что любая мысль, рано или поздно, материализуется, правда не по форме, а по сути. Вот и знаменитое зеркало Воланда реализуется в нашем мире с помощью спутников связи, Интернета и компьютерной техники, правда, пока в реальном, настоящем времени.

Существует предположение, что зеркало своей энергетической оболочкой одновременно находится как бы в двух измерениях. Одна его половина принадлежит нашей реальности, а вторая находится в столь загадочном потустороннем мире. Поэтому, существует традиция занавешивать зеркала в доме умершего на 40 дней, пока его душа не покинет землю. Иначе душа может «застрять» в зеркале, стать неприкаянной и досаждать живущим в доме. Зеркала не рекомендуется ставить в спальне, напротив кровати, поскольку во время сна наша душа (или астральное тело) покидает физическое тело, как правило, находясь рядом с ним. Но при наличии зеркала она может проходить сквозь него и подвергаться нежелательным воздействиям различных существ потустороннего мира. В результате, утром мы просыпаемся невыспавшимися, с головной болью и тревожными ощущениями.

Несомненно, что в этих верованиях есть какая-то скрытая от нас истина. В заключение этого раздела я хотел бы обратить Ваше внимание на особую любовь людей искусства к зеркальной тематике: в кино – это, прежде всего, фильмы А. Тарковского «Зеркало» и «Солярис», в литературе – «Алиса в Зазеркалье» математика Льюиса Кэрролла, в живописи – картины Галины Серебряковой, Петра Кончаловского, Кузьмы Петрова-Водкина, Николая Ульянова. Последнего вообще можно назвать непревзойдённым мастером «зеркальной» темы. На рис. 3 представлен эскиз к его знаменитой картине «Пушкин и Натали», где жена поэта любит своим отражением, а сам он затравленно смотрит через

плечо в противоположную сторону, где светская публика обсуждает странный, с их точки зрения, союз опального, некрасивого сочинителя и юной красавицы. С точки зрения теории, использование зеркальной тематики в живописи и в кино нарушает привычную для нас схему зрительного восприятия предлагаемых картин, заставляя тем самым более внимательно их рассматривать, что способствует лучшему пониманию замысла художника. Ведь Зеркало в картине – это иллюзия в иллюзии: волшебные пространственные и световые эффекты плюс богатый шлейф символики и мистики вокруг сюжетов, связанных с отражением. Кстати, подобными свойствами обладает псевдоскопическое изображение голограммы, что используется при изучении особенностей нашего зрительного восприятия.



Рис. 3. «Пушкин и Натали» (картина художника Николая Ульянова)

Зеркало в голографии

По своему прямому назначению – отражать свет, зеркала являются основным элементом практически всех схем записи голограмм: от простых алюминиевых до многослойных лазерных. А вот использованию в голографии других свойств зеркала посвящено немного работ.

Наиболее известными и впечатляющими по результатам являются работы Б.Я. Зельдовича, Н.Ф. Пилипецкого и В.В. Шкунова по «Обращению волнового фронта». На рис. 4 представлена взятая из книги указанных авторов [8] схема обращения волнового фронта при четырёхволновом смешивании. Образующееся в этой схеме динамическое зеркало «работает» в реальном времени и способно на макроуровне (не на квантовом) обращать течение времени, подобно прокручиванию киноплёнки в обратную сторону. Это зеркало является хорошим приближением голодинамики Д. Бома.

Более наглядно данный эффект представлен на следующем рисунке, где сравнивается действие двух зеркал: обычного и работающего в схеме обращения волнового фронта. Обычное зеркало не может компенсировать изменения, происшедшие с объектом с течением времени, а зеркало ОВФ перемещает объект из настоящего в его прошлое, сохраняя все признаки его внешности.

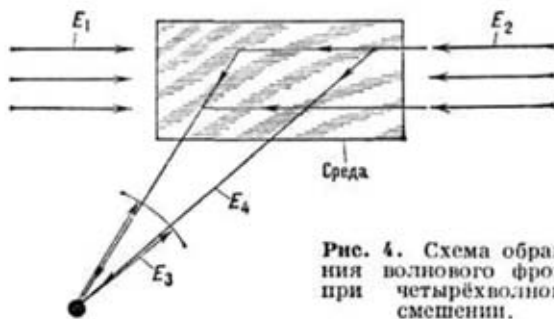


Рис. 4. Схема обращения волнового фронта при четырёхволновом смешении.

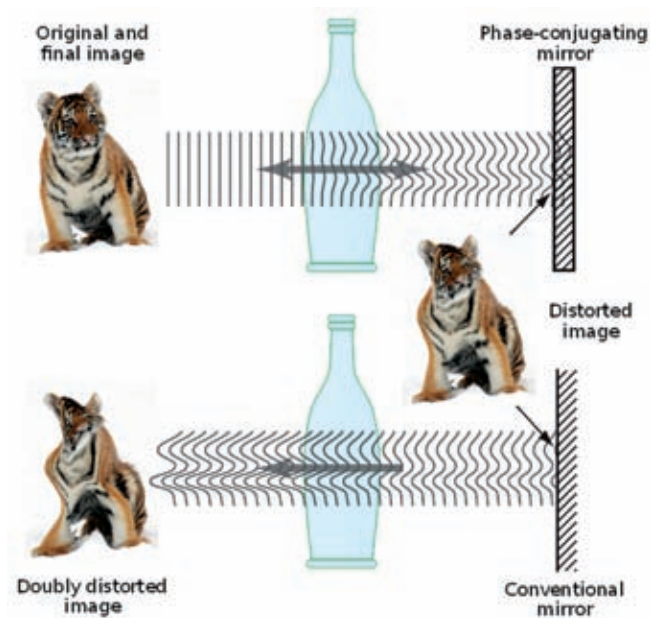


Рис. 4. «Работа» динамического голографического зеркала в схеме обращения волнового фронта

Другая схема, представленная на рис. 5 и показывающая принципиальную возможность соединения прошлого с настоящим, рассмотрена ранее, в прошлом столетии [9].

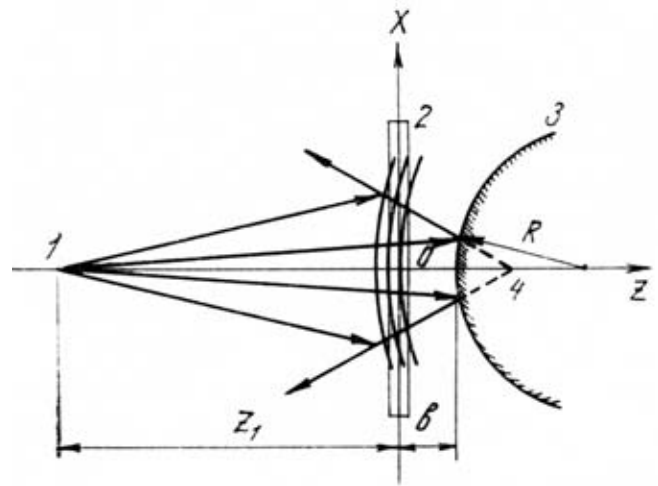


Рис. 5. Схема записи голографического зеркала

В этой схеме интересно то, что встречаются два фантомных образа: зеркальное отражение руки (настоящее время) и восстановленное изображение зеркального шара (прошлое время). Аннигиляции не происходит, поскольку оба они принадлежат зазеркалью (рис. 6).



Рис. 6. Изображение руки экспериментатора в восстановленном голографическом изображении зеркального шара

Ещё одна схема записи голограмм с применением зеркала, представленная на рис. 7, принадлежит двум нашим замечательным голографистам: профессору Н.И. Кириллову, изобретателю используемых до сих пор во всём мире прозрачных эмульсий для голографии, и физика из института им. Губкина Е.М. Любимову [10]. В основе этой схемы лежит использование для записи голограмм т.н. «зеркальных фотослоёв», которые изготавливались поливом на зеркальные подложки обычной прозрачной эмульсии ПЭ-2. В процессе фотохимической обработки зеркальный слой растворялся и вымывался из фотопластинки. Предполагалось, что такие слои будут полезны при записи липпмановских фотографий и копи-

ровании пропускающих голограмм с преобразованием их в голограммы отражательного типа. Однако практика не подтвердила эти ожидания: алюминиевое зеркало этих слоёв было «грубее» ртутного зеркала Липпмана, а при копировании пропускающих голограмм, естественно, образовывалось множество паразитных изображений, которые мешали восприятию полезного образа. Однако при использовании толстых фазовых сред можно подавить ненужные изображения и получить требуемый эффект. Что касается липпмановских фотографий, то есть идея сделать зеркальный слой распределённым в толще эмульсионного слоя (в виде треугольных полупрозрачных зеркалец, типа катафотов размером порядка длины волны регистрирующего излучения). Понятно, что без нанотехнологий здесь не обойтись. Так что, может быть, эта схема и будет ещё востребована.

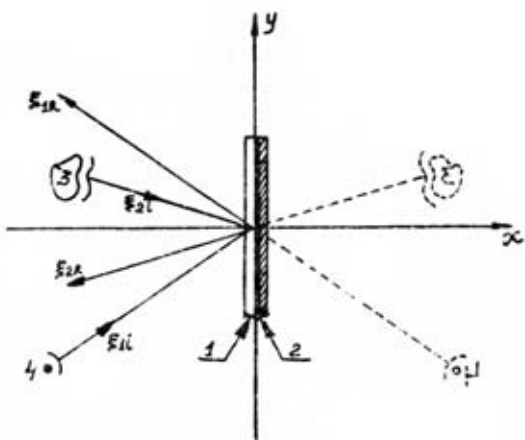


Схема получения голограммы: 1 – светочувствительный слой; 2 – зеркально-отражающий слой; 3 – объект; 4 – опорный источник

Рис. 7. Схема получения голограммы

Симметрия зеркального изображения

Симметрия, наряду с тяготением, является одной из базовых сущностей нашего мироздания. Она играет ведущую, хотя и не всегда осознанную, роль в современной науке, искусстве, технике и окружающей нас жизни. Симметрия пронизывает буквально всё вокруг, захватывая, казалось бы, совершенно неожиданные области и объекты. Но среди различных видов симметрии зеркальная симметрия с соответствующим симметричным элементом – плоскостью симметрии, имеет первостепенное значение. В самом деле, форма всех объектов, которые двигаются по земной поверхности или возле неё – шагают, плывут, летят, катятся, обладают, как правило, одной, более или менее хорошо выраженной плоскостью симметрии. Всё то, что развивается или движется лишь в вертикальном направлении, характеризуется симметрией конуса, то есть имеет множество плоскостей симметрии, пересекающихся вдоль вертикальной оси. И то, и другое обстоятельство объясняет-

ся действием силы земного тяготения, симметрия которого моделируется конусом. Итак, в симметрии плоскость симметрии является её основным элементом. В зеркальной симметрии эта плоскость совпадает с плоскостью зеркала. Вспомним о том, что если разрезать предмет вдоль его плоскости симметрии и прижать одну из половинок к зеркалу, то в зеркале как бы появится вторая, «отрезанная» половина.

Другой пример зеркальной симметрии, который каждый из нас может наблюдать в природе, представлен на рис. 8. Как вы можете видеть, зеркальное отражение практически невозможно отличить от его материального двойника.



Рис. 8. Наукоград Фрязино в Зеркале Барских прудов

Наверно, каждому известно свойство «Зеркала» менять местами «Лево» и «Право», оставляя «Верх» и «Низ» на своих местах. Тем не менее, на сегодня нет чёткого объяснения этого феномена, кроме общего положения о связи данного эффекта с базовыми свойствами нашего мира – симметрией и гравитацией [11]. С этим феноменом связана любопытная история, рассказанная мне Наталией Георгиевной Орловой и её сыном Дмитрием. Наталия Георгиевна в 90 годы, в период расцвета советской голографии, занималась в Совете по голографии международными связями, одновременно являясь учёным секретарем академика Прохорова.

Лет 50 назад, академик Ландау зашёл к ней вечером в гости. Её сыну Диме в то время было 5–6 лет, но Зеркало уже манило его своей тайной. От его вопроса: «почему зеркало по-разному отражает «лево», «право», «верх» и «низ», он решил отвяжаться и ответил, что это связано с тяготением, и потому голова и ноги не меняются местами. После чего Дима лёг на пол и вопросительно на него посмотрел. Ландау вышел из себя: сказал, что ребёнок дебил и ушёл, не прощаясь, хотя приходил к матери по делу. Я спросил у Орловой: так ли это было, и она, улыбаясь, подтвердила. В течение нашего разговора рядом крутился димин кот Стасик. Как только мы закончили нашу беседу, он растянулся на полу перед большим зеркалом и молчаливо на нас посмотрел.

Круг через 50 лет замкнулся: вопросы остались, а ответов по-прежнему нет.



Кот Стасик в Зазеркалье

Однако недавно физик из Мельбурнского университета Роберт Фут показал, что теория суперсимметрии допускает существование зеркальных миров. В таком случае нематериальное может превращаться в материальное, и наоборот: материя перетекать в мысль, а мысль – в материю. Из расчётов Фута выходит, что рядом с нами постоянно существует незримый, неосознаваемый мир, этакое «вещество наших снов», разлитое повсюду. Расстояние между этими двумя мирами, быть может, меньше длины атома! Как ни фантастична эта идея, она опирается исключительно на формулы и факты, опубликованные Футом в его книге «Призрачные миры».

Физики выделяют две принципиально разные категории элементарных частиц: фермионы и бозоны. Первые – вещественные частицы. Они занимают определённое место в пространстве, и ни одна другая вещественная частица не может оказаться на месте фермиона. Оно занято. Точно так же ни один человек не может побывать, образно говоря, «в вашей шкуре». Вас могут оттеснить, но никак не слиться с вами. Вот и между фермионами всегда имеется какая-то дистанция. Им не совпасть друг с другом. Подобное свойство вещественных частиц обуславливает стабильность всей материи.

Самые известные из них – электроны, протоны, нейтроны. А вот бозоны – это силовые частицы. Их можно назвать также частицами (квантами) энергии. Они могут скапливаться в одном месте, образуя поток частиц, не отличимых друг от друга. Пример подобной частицы – фотон (квант света). Любая точка пространства может быть слегка освещена световым бликом, а может быть и озарена яркой вспышкой лучей. Долгое время учёные принципиально отделяли вещественные частицы от силовых, фермионы от бозонов.

Однако в теории суперсимметрии возникает особый зеркальный мир. В нём вещественные частицы запросто превращаются в силовые, и наоборот. Например, вещество превращается в свет, а свет – в вещество. Несмотря на то, что зеркальный мир находится рядом с нами, мы его не ощущаем, поскольку законы этого мира отличны от законов нашего, общим является только тяготение.

Не этим ли фактом объясняется свойство зеркал сохранять в своём отражении неизменным положение «Верха» и «Низа». Кстати, «зеркальная» теория Фута объясняет, почему галактики не разлетаются в стороны под действием центробежных сил. На сегодня известно, что зримая нами материя составляет лишь около 4% материи Вселенной. Всё остальное, по мнению Роберта Фута, состоит из «зеркальных» частиц, и мы их, естественно, увидеть не можем. По его мнению, всё объято «зеркальным» веществом. Оно удерживает галактики, скрепляет Солнечную систему. Без него бы мироздание распалось.

А что, если Роберт Фут прав? Давайте пофантазируем, как может изменяться наш мир. Любые мысли – это энергетические импульсы, а энергия в суперсимметричном мире превращается в вещество, мысли материализуются. Если этого мира прежде не существовало, а я подумал о нём, значит, где-то он уже воплотился наяву. Где? Всюду, вокруг нас, рядом с нами. Он же незримый, неосознаваемый, ему найдётся место везде. Если, задремав на диване, вы увидели мимолетное виденье, оно расположится тут же, ничуть не потеснив Вас. Способно же зеркало, в свои несколько квадратных сантиметров пространства втиснуть весь интерьер комнаты, не исказив ни одной пропорции, не потеснив ни один предмет.

С давних времён все религии говорят нам о потустороннем мире, подчёркивая, что проникнуть туда может каждый, надо лишь приложить усилие. Достигается это молитвами, длительным постом, медитацией и другими формами аскезы, и когда все посторонние помыслы исчезнут и наше сознание уподобится лазеру, тогда мы испытаем «озарение» и «просветление». Не исключено, что потоки наших мыслей, воплощённые в мире Зазеркалья, «эхом» возвращаются к нам. Их энергия преобразуется в события, которых не было бы, если бы мы сами не напороочили их.

Можно ли управлять подобными процессами? Ответ на этот вопрос дадут исследователи XXI века, ведь по мнению многих авторитетных учёных, мы стоим на пороге открытия суперсимметричных частиц.



По природе я экспериментатор, поэтому решил сам побывать в зеркальной бесконечности, поместив себя между параллельными зеркалами.

Это, конечно, не «Зеркала Козырева», позволяющие, по утверждениям некоторых авторов, путешествовать во времени и в пространстве, но я испытал ощущение незнакомо-го мне пространства. Этот эксперимент можно провести намного проще, находясь в «зеркальном» лифте. Чтобы эффект был полным, нужно постараться ни о чём не думать.

Этот эксперимент можно провести намного проще, находясь в «зеркальном» лифте. Чтобы эффект был полным, нужно постараться ни о чём не думать.

Заключение. Мир – как Зеркало

Многие из Вас, а может быть большинство, прослушав этот доклад, задались вопросом: «Положим, это интересно, но что полезного даёт нам озвученная информация в реальной жизни»? Отвечаю: рассмотренный в докладе «зеркально–голографический подход» к восприятию окружающего мира может быть полезен каждому и прямо сейчас. Для этого надо осознать несколько несложных принципов взаимодействия с ним. Весь наш мир можно представить в виде гигантского дуального зеркала, по одну сторону которого лежит физическая Вселенная, а по другую простирается метафизическое пространство вариантов (Грегг Брейден называет его Божественной матрицей [12]). В отличие от ситуации с обычным зеркалом, материальный мир выступает в качестве отражения, образом которого служат намерение и мысли (Бога, Природы, кому как больше нравится), а также всех живых существ – Его воплощений. Пространство вариантов является своего рода голографической матрицей, шаблоном, по которому происходит движение всей материи. Там хранится информация о том, что и как должно происходить в материальном мире. Число различных потенциальных возможностей бесконечно. При гармонии Души и Разума мы можем выбрать из этого множества желаемый вариант, который реализуется в нашем вещественном мире. Что для этого надо, да ничего особенного – просто надо верить в себя. Более подробно об особенностях нашего взаимодействия с Божественной матрицей мира можно почитать в работах Г. Брейдена и В. Зеланда [12, 13]. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ванин В.А.* Изобразительная голография: ретроспективный обзор и прогноз. М., ИПП «КУНА», МТК № 4, с. 17–22, 2007.
2. *Ванин В.А.* Голографическая Парадигма Мира. М., ИПП «КУНА», МТК № 6, с. 15–19, 2007.
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, с. 10–14, 2008.
4. Голографическая Вселенная. Интернет – портал «Природное наследие», опубликовано mdsi, март 2009.
5. *Мичио Каку.* Параллельные миры. Изд. «София», 2008.
6. *Ольховатов А., Родионов Б.* Тунгусское сияние. М, Изд. «Лаборатория базовых знаний», 1999.
7. *Денисюк Ю.Н.* Принципы голографии. Л., ГОИ, 1978.
8. *Зельдович Б.Я., Пилипецкий Н.Ф., Шкунов В.В.* Обращение волнового фронта. Изд. «Наука», 1985.
9. *Ванин В.А., Наумов Б.Л., Орлова Н.Г.* Изобразительные свойства голограммы зеркала. ТКИТ, № 9, с. 67–68, 1978.
10. *Любимов Е.М., Кириллов Н.И.* Получение отражательных голограмм регистрацией интерференционной картины вблизи зеркально-отражательной поверхности. Сб. «Оптическая голография и её применение», ЛДНТП, 1974.
11. *Гильде В.* Зеркальный мир. Изд. «Мир», Москва, 1982.
12. *Грегг Брейден.* Божественная матрица. Время, пространство и сила сознания. «София», 2009.
13. *Зеланд Вадим.* Вершитель реальности. Изд. «Аст-Астрель», 2007.

ВНИМАНИЕ! ХОРОШАЯ НОВОСТЬ!

Киноклуб «Арткино» и Творческое объединение «Мир искусства» совместно с НИКФИ (Научно-исследовательским кинофотоинститутом) организуют **первые в России 3D курсы подготовки операторов и режиссёров стереокино!** Появление таких курсов очень актуально в период острой нехватки для отечественной кино-телеиндустрии специалистов по 3D кино. **Курсы рассчитаны на 3 месяца (12 занятий по 4 академических часа (180 минут))** и имеют практическую направленность. Занятия будут проходить в учебном классе НИКФИ (станция метро «Аэропорт»). Руководитель курсов: ведущий специалист по стереокино в России – оператор и продюсер стереокино Александр Мелкумов. Занятия будут сопровождаться показом фрагментов из 3D стереофильмов на киноэкране. За время курсов каждый из его участников должен снять короткометражный 3D фильм (камера предоставляется курсами). По окончании каждому, успешно выполнившему все учебные задания, будет выдан официальный сертификат.

ПРОГРАММА КУРСОВ ОБУЧЕНИЯ РЕЖИССЁРОВ И ОПЕРАТОРОВ ПО ТЕМЕ «ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА СТЕРЕОФИЛЬМОВ»

1.	Введение в теорию стереографии	6 академ. часов
2.	Особенности композиционного построения кадра в стереокино	4 академ. часа
3.	Технология малобюджетной цифровой стереосъёмки	4 академ. часа
4.	Особенности монтажного построения стереофильма	4 академ. часа
5.	Обзор инструментария для проведения стереокиносъёмки	4 академ. часа
6.	Анализ практических работ по стереосъёмке	4 академ. часа
7.	Подбор параметров стереокиносъёмки	4 академ. часа
8.	Киносъёмка оптикой «Стерео-70»	4 академ. часа
9.	Технология форматирования видеопотоков и монтажа стереофильмов в цифровом формате	4 академ. часа
10.	Технология создания трёхмерных надписей в фильме	4 академ. часа
11.	Разбор практических работ, выполненных слушателями	6 академ. часов

Данный курс является введением в теорию и практику стереоскопических киносъёмки, который составлен на базе исследовательских работ лаборатории стереокинематографии НИКФИ и обобщений творческой практики производства стереофильмов на отечественных киностудиях и мировом опыте.

Для нового набора на курсы обращаться по телефону: **8 (910) 409 19 45**
Александр Сергеевич Мелкумов



Объёмная фотография. БЕЗЛИНЗОВЫЙ ВАРИАНТ



А.И. Шварцвальд, к.т.н.,
Университет им. А.К. Айламазяна, г. Переславль-Залесский, Россия

XXVII Школа по голографии. Международная конференция ГолоЭкспо-2010

Выполнен теоретический анализ безлинзового варианта цветной объёмной фотографии с целью выяснения возможности использования способа для практического применения. Особенность безлинзового способа записи объёмного изображения заключается в отсутствии оптических устройств между объектом и регистрирующим слоем. Запись производится в масштабе 1:1. Безлинзовый вариант записи интерференционной картины широко используется в изобразительной голографии.

■ Вступление

Объёмная фотография – способ получения объёмного изображения протяжённого объекта на плоском носителе с использованием обычного света (некогерентного и ахроматического).

Возможность фотографической записи объёмного изображения с использованием естественного света привлекала внимание многих исследователей с момента изобретения фотографии. Были разработаны различные варианты получения стереоизображений фотографическим методом. В прошлом столетии в результате развития лазерной техники, благодаря изобретению лазеров когерентного излучения, разработке с использованием нанотехнологий фотоматериалов высокого разрешения, созданы разнообразные оптические схемы для записи изобразительных голограмм. Изобразительная голография получила широкое распространение, но не стала таким элементом массовой культуры, каким является фотография, вследствие известной сложности оборудования и процесса, высокой стоимости конечного продукта и отсутствия системы голографического сервиса для обслуживания массового потребителя [1].

Успехи голографии создали определённые условия для поиска и разработки способов записи цветного объёмно-

го изображения естественным светом. Решению этой задачи посвящён ряд работ, в которых предложены и исследованы различные варианты оптических схем, предназначенных для частичного или полного решения данной задачи [2–9]. Бытует мнение о невозможности записи голограмм некогерентным светом [10] с использованием технологии цветной интерференционной фотографии Липпмана [11].

В изобразительной голографии для записи информации о положении точек изображения в пространстве используется интерференция когерентных плоских и радиальных пучков фотонов. Интерференционная картина представляет собой семейства концентрических поверхностей параболоидов, гиперболоидов и эллипсоидов [14]. В толстом фотослое в результате экспонирования и химико-фотографической обработки образуются фрагменты соответствующих зеркал, которые при освещении создают изображение точек объекта.

Интерференция софокусных потоков фотонов

Софокусными называют потоки фотонов, один из которых радиально расходится из некоторой точки, а другой радиально сходится в ту же точку, а саму точку – фокусом потоков. Интерференционная картина когерент-

ных софокусных потоков фотонов представляет собой семейство концентрических сфер, центры которых находятся в фокусе (рис. 1).

При отражении радиального потока когерентных фотонов от сферического зеркала, полюс которого совпадает с полюсом радиального потока, отражённый и падающий потоки являются софокусными и образуют аналогичную интерференционную картину.

Иная картина интерференции образуется при падении на поверхность сферического зеркала радиального потока некогерентных фотонов, исходящих из полюса зеркала. Рассматриваем фотон как синусоиду электромагнитных колебаний длиной l , называемую цугом (рис. 2).

При нормальном падении фотона на сферическое зеркало отражённая часть цуга фотона движется в нормальном направлении навстречу падающей части цуга. Два встречных электромагнитных возмущения интерферируют на отрезке встречного движения длиной $l/2$. При отражении от металлического зеркала в точке падения отражения происходит потеря полуволны электрического вектора. В этой точке электрические векторы падающей и отражённой частей цуга постоянно равны и находятся в противофазе, а их сумма постоянно равна нулю. Зеркало создаёт такую суперпозицию падающей и отражённой части цуга любого нормально падающего фотона (в том числе некогерентного и ахроматического), что образуется стоячая интерференционная волна с узлом на поверхности зеркала (рис. 3).

Радиальный поток фотонов образует у поверхности зеркала область интерференции толщиной $l/2$ в виде концентрических сфер. В результате экспонирования такой интерференционной картины и последующей химико-фотографической обработки фотослоя в нём образуются фрагменты семейства концентрических сферических зеркал, которые при освещении обычным светом создают изображение светящейся точки, находящейся по отношению к фотослою в том же месте, где находился источник фотонов во время экспонирования. Полученная голограмма является цветным объёмным фотоснимком точечного источника света [11]. Схема образования изображения светящейся точки сферическим зеркалом показана на рис. 4.

На первый взгляд, задача создания безлинзовой цветной объёмной фотографии с учётом указанного эффекта решается просто – необходимо создать плоскую матрицу зеркал, включающую отдельное зеркало для каждой точки фотографируемой объёмной сцены. Однако, переход от одной точки к протяжённому объекту, состоящему из множества точек, оказался сложным.

О механизме объёмного видения

1. Поток фотонов, содержащий информацию о положении объекта

Простейший случай: объект – светящаяся точка, излучающая фотоны, создающая радиальный поток фотонов. Поток фотонов, направленный в сторону наблюдателя, представляет собой конус с вершиной в светящейся

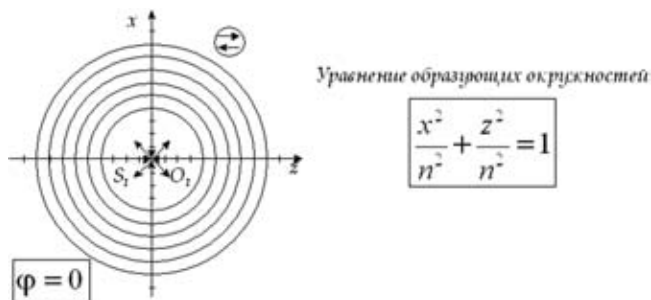


Рис. 1. Интерференция софокусных потоков фотонов

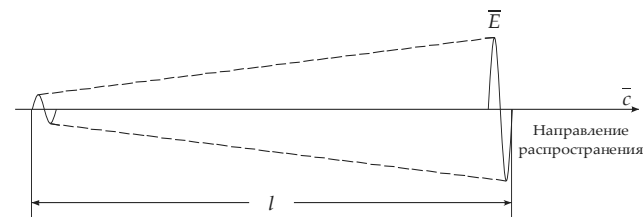


Рис. 2. Фотон

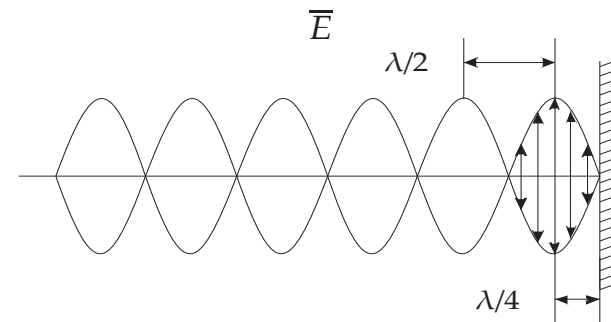


Рис. 3. Стоячая интерференционная волна цуга фотона во время отражения

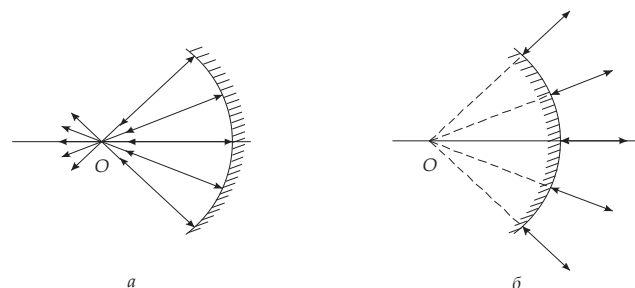


Рис. 4. Восстановление изображения точечного источника фотонов сферическим зеркалом: а) вогнутым, действительное изображение; б) выпуклым, мнимое изображение

ся точке. Поток излучённых (отражённых) фотонов несёт информацию о положении точки в пространстве. Физическая сущность информации – это направление, с которого приходит в точку наблюдения единичный поток фотонов, и угол расхождения единичных потоков фотонов на базовом расстоянии в плоскости наблюдения. Эта информация декодируется органом зрения, образуется объёмная картина точки.

В общем случае объект с диффузной поверхностью состоит из множества точек, каждая из которых отражает поток фотонов в виде конуса с вершиной в данной точке объекта. Общий поток фотонов, несущий информацию о положении объекта в пространстве, представляет собой набор конусов распространения фотонов с вершинами, находящимися на поверхности объекта на различном расстоянии друг от друга в объёме сцены, и от плоскости наблюдения. Помещая орган зрения в общий поток фотонов, отражённых объектом, в область наблюдения, декодируем объёмную информацию об объекте.

2. Зрение одним глазом

Наблюдение светящейся точки одним глазом позволяет получить информацию о направлении её расположения относительно наблюдателя за счёт фиксации визирной линии глаза, и о расстоянии между точкой и плоскостью наблюдения за счёт аккомодации оптической системы глаза. В последнем случае система зрения использует градуировочную зависимость «аккомодация – расстояние», имеющуюся в памяти на основании жизненного опыта. Диапазон различаемых расстояний посредством аккомодации от 10–22 см до 5 м. Диапазон ясной видности предметов – от 10–22 см до бесконечности [15].

Вследствие того, что сетчатка глаза состоит из отдельных элементов (палочек и колбочек), глаз воспринимает две точки объекта за одну, если изображения обеих точек находятся на одном элементе сетчатки. Участок поверхности объекта, изображение которого лежит внутри границ элемента сетчатки, воспринимается как точка, которую называют физиологической точкой. Величина такого участка зависит от расстояния наблюдения и определяется физиологическим предельным углом остроты зрения ω_0 , который у людей различный, а также зависит от освещённости объекта [16]. В расчётах его принимают равным одной минуте [15]. На расстоянии L участок объекта, соответствующего физиологической точке, это кружок диаметром

$$d = 0,000291L \text{ мм.} \quad (1)$$

Условие видности всей сцены одним глазом: конус, отражённый от каждой точки сцены, независимо от положения точки, раскрывается во всей области наблюдения.

3. Стереоскопическое зрение

Зрительная система, состоящая из двух глаз, позволяет наблюдать объект с двух точек зрения, находящихся на стационарном (базовом) расстоянии, равном 52–74 мм. В расчётах принимается значение 65 мм. Стереоскопическое зрение обеспечивает объёмное видение по двум механизмам – конвергенция и диспаратность.

При наблюдении светящейся точки двумя глазами визирные линии глаз сходятся в ней за счёт поворота глазных яблок – явление конвергенции. В этом случае система зрения использует градуировочную зависимость «конвергенция – расстояние», имеющуюся в

памяти на основании жизненного опыта. Явление конвергенции функционально связано с явлением аккомодации.

При рассматривании одной точки двумя глазами её изображения находятся в центрах фовеол глаз. В этот момент изображения всех других точек, находящихся в пространстве (кроме точек, лежащих на горизонте), располагаются на сетчатках правого и левого глаз не одинаково относительно центров фовеол. Разность расположения изображений (диспаратность) воспринимается системой зрения как объёмное изображение.

Диапазон различаемых расстояний посредством конвергенции составляет от 10–22 см до 450–2700 м и зависит от индивидуальных свойств зрения наблюдателя. Диапазон стереоскопического зрения по механизму диспаратности – от 10–12 см до бесконечности.

Предельные величины Δp замечаемых на глаз различий в удалённости предметов, находящихся впереди или позади плоскости сравнения, удалённой от наблюдателя на расстояние L , выражается формулой [15]:

$$\Delta p = \omega_0 L^2 / (b_0 \pm \omega_0 L). \quad (2)$$

Непременным условием стереовидения точки является достаточная величина диаметра основания конуса потока фотонов в плоскости наблюдения. Она должна быть больше базового расстояния между зрачками. Для реального объекта это условие автоматически выполняется, у синтетических объектов его необходимо обеспечить.

4. Требования к синтетическому объёмному изображению объекта

Исходя из свойств системы зрения, обеспечивающих восприятие объёмного изображения, и особенностей оптической схемы безлинзовой объёмной фотографии с использованием матрицы сферических зеркал, сформулированы следующие требования к синтетическому объёмному изображению и оптической схеме:

- На поверхности изображения объекта должны располагаться светящиеся точки, излучающие радиальный поток фотонов, или радиальные потоки отражённых фотонов, якобы исходящих из соответствующих точек мнимого изображения.
- Светящаяся или мнимая точка должна излучать радиальный поток фотонов в виде конуса, диаметр основания которого в плоскости наблюдения больше, чем база зрачков.
- Основание конуса в плоскости наблюдения должно быть сплошным.
- Расстояние между точками изображения в плане должно быть не более величины, обеспечивающей слитное изображение на расстоянии наблюдения.
- Диаметр сегментной поверхности сферического зеркала должен быть равен диаметру кружка объекта, образующего на сетчатке глаза изображение, соответствующее физиологической точке при заданном расстоянии наблюдения.

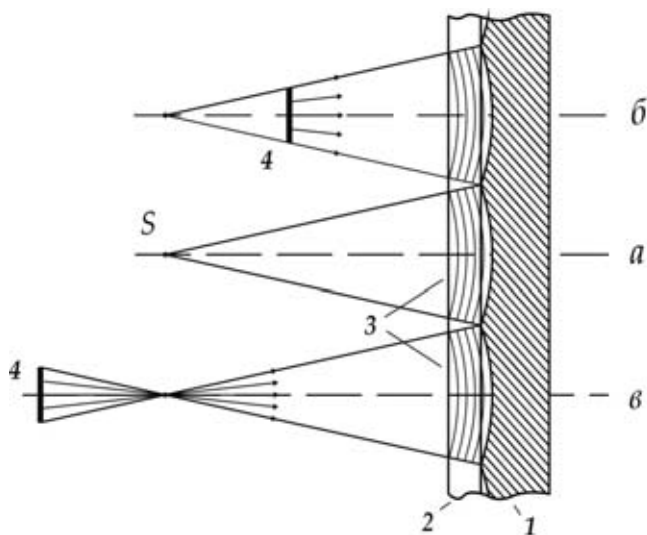


Рис. 5. Оптическая схема экспонирования:

1 – матрица сферических зеркал; 2 – светочувствительный слой; 3 – поверхности интерференции; 4 – кружки поверхности объекта

- Расстояние между планами синтетического объекта должно быть не более предельной величины замечаемых на глаз различий в удалённости предметов, что обеспечит слитное изображение по глубине сцены на расстоянии наблюдения.
- Оптическая схема должна обеспечить эффективную запись интерференционной картины.
- Семейство селективных голографических зеркал, созданное в носителе изображения, должно воспроизводить положение изображения точки в пространстве при рассматривании изображения из заданной области наблюдения.
- Совокупность сферических зеркал должна обеспечивать слитность изображения в плане и по глубине сцены.

Исследование оптической схемы

1. Условия записи интерференции

Рассмотрена оптическая схема процесса экспонирования, представленная на рис. 5. Матрица сферических зеркал 1 со сферическим радиусом R находится в контакте со слоем прозрачного светочувствительного материала 2 на прозрачной подложке (подложка не показана). Экспонируемая сцена примыкает к плоскости фотослоя.

Условия эффективной записи интерференции в исследуемой схеме:

- регистрируемая точка объекта отражает фотоны, падающие нормально на поверхность зеркала;
- поверхность зеркала металлическая;
- светочувствительный слой и подложка плоские, прозрачные, разрешающая способность фотослоя не менее 5000 линий на мм, толщина слоя больше 3 мкм;
- матрица зеркал плоская, что необходимо для обеспечения контакта с плоским фотослоем;

- интерференционная картина образуется во всей толщине фотослоя, что реализуется, когда длина цуга фотона l больше удвоенной суммы высоты сегментной поверхности h и толщины фотослоя n :

$$l > 2(h + n), \quad (3)$$

где

$$h = d^2 / 8R. \quad (4)$$

2. Регистрируемые участки объекта

Фотоны, идущие от точек поверхности объекта, находящиеся на расстоянии радиуса сферической поверхности, падающие нормально на сферическую поверхность соответствующего зеркала, образуют интерференционную картину, как показано на рис. 5а. Эти фотоны интерферируют у поверхности зеркала и образуют концентрические сферические поверхности интерференции, которые в экспонированном и проявленном фотослое создают изображение точки, расположенной в фокусе зеркала.

Фотоны, отражённые от участка объекта, находящегося ближе центра сферической поверхности зеркала, имеющие направление, совпадающее с радиальным (рис. 5б), создают у поверхности зеркала интерференционную картину, аналогичную показанной на рис. 5а. Поверхности интерференции в экспонированном и проявленном фотослое создают изображение точки, также расположенной в фокусе зеркала. Полученная голограмма создаёт изображение точки, также расположенной в фокусе зеркала. Это явление отсутствует при экспонировании плоского транспаранта и размещении объекта за плоскостью фокусов зеркал.

Фотоны, отражённые от участка объекта, находящегося дальше центра сферической поверхности зеркала, проходящие через центр сферической поверхности зеркала (рис. 5в), создают у поверхности зеркала интерференционную картину, аналогичную показанной на рис. 5а. Полученная голограмма создаёт изображение точки, также расположенной в фокусе зеркала.

Во всех случаях изображение точки объекта будет находиться в фокусе зеркала. При использовании матрицы зеркал с одинаковым сферическим радиусом будет получено плоское кулисное изображение объекта на расстоянии сферического радиуса от поверхности фотослоя. Применение ансамблей зеркал с различным сферическим радиусом приведёт к получению нескольких кулисных изображений объекта на различных расстояниях от поверхности фотослоя. Следовательно, безлинзовый вариант с использованием матрицы зеркал не обеспечивает получение объёмного изображения протяжённого объекта.

3. Условие слитности изображения в плане

Слияние точек изображения происходит при расположении их центров на расстоянии d , рассчитанном по формуле (1). Результаты расчётов представлены в таблице 1.

Светящиеся точки виртуального объекта, находящиеся в плане на расстоянии d , воспринимаются глазом как слитное изображение.

Практика образования растриванного изображения при производстве полиграфической продукции предъявляет менее жёсткие требования к линиатуре, чем формула (1). Так, для газетных фотографий используется линиатура 22, 26 и 33 лин/см, а для книжных иллюстраций – 47, 52, 59 и 79 лин/см [16]. Следовательно, расстояние между центрами точек растра находится в интервале от 0,455 до 0,127 мм, и при рассмотрении с расстояния 250 мм образуется слитное изображение. Для минимальной линиатуры формула (1) принимает вид:

$$d = 0,00181L \text{ мм.} \quad (1a)$$

4. Условие стереоскопического восприятия изображения

Оптическая схема рассматривания объёмной фотографии приведена на рис. 6.

Величина диаметра основания конуса потока фотонов b , идущего от точки изображения, должна быть больше базового расстояния между глазами ($b_0 = 65 \text{ мм}$). Из соотношений расстояний, указанных на рис. 6, получена формула для расчёта диаметра сегментной поверхности d_m по условию стереовидения мнимого изображения:

$$d_m = Rb/L, \quad (5)$$

где b – диаметр области стереовидения на расстоянии L .

Результаты расчётов при $b = 100 \text{ мм}$ представлены в таблице 2.

Сравнивая соответствующие значения размеров кружков, рассчитанных по условию слитности (табл. 1) и по условию стереовидения (табл. 2), отмечаем, что первые величины значительно меньше вторых, из чего следует, что в рассматриваемой области параметров оптической схемы слитность изображения не достигается.

5. Условия одновременного удовлетворения условий стереовидения и слитности изображения

Решая совместно уравнения (1) и (5), находим значения L и d_m , которые одновременно удовлетворяют условию слитности изображения и условию стереовидения:

$$L = 58,6(Rb)^{0,5} \quad (6)$$

Результаты расчётов при $b = 100 \text{ мм}$ приведены в таблице 3.

Из табл. 3 следует, что план на глубине 10 мм виден объёмно на расстоянии 1,5 м, а план на глубине 100 мм и одновременно все планы перед ним – на расстоянии бо-

Табл. 1. Размер кружков слитного изображения, наблюдаемого на плоскости

L, мм	250	300	500	1000
d, мм	0,073	0,087	0,145	0,291

Табл. 2. Размер d_m кружков объекта, образующих физиологическую точку на сетчатке глаза, при наблюдении с расстояния L

Сферический радиус зеркала R , мм	Расстояние наблюдения L , мм		
	10	50	100
250	4,0	20,0	40,0
300	3,3	16,7	33,3
500	2,0	10,0	20,0
1000	1,0	5,0	10,0

Табл. 3. Параметры оптической схемы при одновременном удовлетворении условий стереовидения и слитности изображения

R , мм	10	50	100
L , мм	1495	3342	4726
d_m , мм	0,435	0,973	1,375

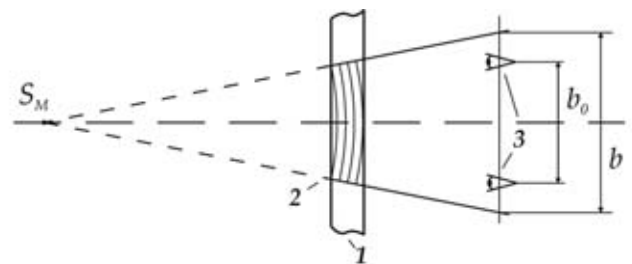


Рис. 6. Оптическая схема рассматривания объёмной фотографии: 1 – фотографический слой; 2 – зеркала зарегистрированной интерференционной картины; 3 – глаза наблюдателя

лее 4,7 м. Эти данные показывают принципиальную возможность получения объёмного фотографического изображения плоского транспаранта по безлинзовой схеме, однако требуемое расстояние наблюдения велико и не приемлемо для традиционной фотографии.

Решая совместно уравнения (1a) и (5), находим значения L и d_m , которые одновременно удовлетворяют условию слитности изображения, принятому в полиграфии, и условию стереовидения:

$$L = 23,5(Rb)^{0,5} \quad (7) \quad \text{Заключение}$$

В этом варианте расстояние рассматривания объёмного изображения в 2 раза меньше, но также не приемлемо для традиционной фотографии.

6. Проверка условия записи интерференции

Значение высоты сегментной поверхности, рассчитанное по формуле (4) для всех вариантов оптической схемы, рассчитанных по формуле (6), равно 2,36 мкм. Минимальная длина цуга фотонов, определённая по формуле (5), обеспечивающая запись интерференционной картины при толщине фотослоя 6 мкм, для всех вариантов равна 16,7 мкм. Для параметров изображения, рассчитанных по формуле (7), минимальная длина цуга фотонов равна 35 мкм.

Литературные данные о длине цуга фотонов весьма противоречивы. Однако, пользуясь самыми ранними данными Винера [12] по интерференции некогерентного света при отражении от плоского зеркала, можно оценить длину фотона по количеству полос интерференции, зарегистрированных на фотопластинке в местах пересечения фотослоя с плоскостями интерференции. Наибольшее зарегистрированное количество полос равно 33. Такую картину интерференции образовали фотоны с длиной цуга более 33 длин волн. При длине волны 0,5 мкм длина цуга превышает 16,5 мкм. Если длина цуга фотонов видимого диапазона света больше требуемой, можно утверждать, что условия записи интерференции выполняются.

1. Безлинзовая оптическая схема с использованием матрицы одинаковых сферических зеркал позволяет получить кулисное изображение плоского транспаранта с глубиной, равной сферическому радиусу зеркал.

2. При экспонировании протяжённого объекта по исследованной схеме может быть получено его мнимое и действительное плоское кулисное изображение на расстоянии радиуса сферического зеркала от поверхности фотослоя, соответственно, за и перед ним.

3. Расстояние рассматривания, с которого можно наблюдать расположение кулисного изображения в пространстве, значительно превышает расстояния, используемые для рассматривания фотографий.

4. Указанные свойства безлинзовой схемы не обеспечивают получение объёмного изображения в полном значении этого слова. Однако, кулисное изображение может иметь определённые преимущества перед обычным плоским фотографическим изображением за счёт того, что изображение будет находиться в глубине снимка или перед ним, оторвётся от его плоскости, что создаст дополнительный эффект объёма за счёт психофизической реакции органа зрения.

5. Выполненный анализ выявил два фактора, препятствующих созданию цветной объёмной фотографии: образование паразитных изображений точек объекта, находящихся за пределами полюсов зеркал, и малый диаметр конуса потока фотонов, идущих из точки изображения, в плоскости наблюдения. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Выговский Ю.Н., Малов А.Н., Чекалов В.В., Шварцвальд А.И. Актуальные проблемы изобразительной голографии. Сб. «Применение лазеров в науке и технике», Иркутск, с. 1–4, 1997.
2. Heiniger F., Laeri F., Tachudi T. Recording and reconstructing holograms in the spectrum of a white-light source. Applied Optics, vol. 20, № 19, p. 3378–3381, 1981.
3. Swanson G.J. Recording of one-dimensionally dispersed holograms in white light. Applied Optics, vol. 20, № 24, p. 4267–4270, 1981.
4. Ruterbusch P.H. White-light holography utilising solar illumination. Applied Optics, vol. 22, № 22, p. 3475, 1981.
5. Ruterbusch P.H., Gerhart G.R. Yu F.T.S. White-light holography with a slide projector. Optical Engineering, vol. 22, № 1, p. 172–173, 1983.
6. Montilla J., Hernandez R. Color photography by speckle interferometry in white light. Optics Acta, vol. 29, № 6, p. 843–846, 1982.
7. Гальперн А.Д., Денисюк Ю.Н., Рожков Б.К. Исследование качества системы, формирующей растрово-голографическое изображение. Оптика и спектроскопия, т. 55, № 3, с. 495–500, 1983.
8. Ransom P.L. White-light holographic system to compensate phase distortion. Applied Optics, vol. 22, № 22, p. 3484–3490, 1983.
9. Oliva J., Fimia A., Quintana J.A. Hologram copying in dichromated gelatin with sunlight. Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng., vol. 402, p. 57–58, 1983.
10. Philips N.J., Heiword H., Hare T. About Lippmann photography. Journ. Photogr. Sci., vol. 22, p. 158–169, 1984.
11. Малов А.Н., Онацкий А.Н., Шварцвальд А.И. Нанотехнологические проблемы цветной голографии. Сб. «Голография: фундаментальные исследования, инновационные проекты и нанотехнологии. Материалы XXVI школы по когерентной оптике и голографии». Изд. «Папирус», Иркутск, с. 186–195, 2008.
12. Wiener O. Stehende Lichtwellen und die Schwingungsrichtung polarisirten Lichtes. Annalen d. Phys. u. Chem. Bd. XL, s. 203–243, 1890.
13. Lippmann M. La photographie des couleurs. Comptes rendus de l'Academie des Sciences de Paris, 112, 274, 1891.
14. Миллер М. Голография. Изд. «Машиностроение», Л., 1979.
15. Валюс Н.А. Стереоскопия. Изд. АН СССР, М., 1962.
16. Пэдхем Ч., Сандерс Дж. Восприятие света и цвета. Изд. «Мир», М., 1978.



ОСНОВЫ СТЕРЕОГРАФИИ



Александр Мелкумов,
зав. сектором цифрового стереокино ОАО «НИКФИ»

■ На волне возрождения трёхмерного формата в кинематографе появился термин – стереограф, обозначающий новую профессию кинематографиста, якобы владеющего знаниями, как правильно вести стереосъёмку. Любая профессия предполагает наличие самого объекта знания. Так, колорист владеет знаниями цветоведения, ассистент оператора по экспозиции – знаниями экспонометрии. Следовательно, было бы логичным, чтобы стереограф владел элементарными знаниями стереографии. Не вдаваясь в дискуссию о том, нужно ли готовить новых специалистов для съёмочной площадки, или его функции должны стать дополнительным сегментом ответственности непосредственно автора изображения – кинооператора фильма, предметом данной статьи является стереография в кинематографе.

Данная статья является лишь обработкой и современным толкованием теории расчётов параметров стереокино и фотосъёмки для проекции на экран основоположника отечественной системы стереокино «Стереo-70» Андрея Григорьевича Болтынского. В 50-х годах прошлого века А.Г. Болтынским были математически описаны основы стереографии. Несколько десятилетий эта теория, которую можно условно назвать «теорией параллакса», позволяет создавать стереофильмы комфортного, неутмляемого восприятия. Универсальность данной теории, независимо от формата и вида носителя изображения, была проверена на созданных в последнее время технологиях стереосъёмки в цифровом формате.

Изучение основ стереографии под его непосредственным руководством, думаю, даёт мне моральное право на такой поступок.

Статья обращена к кинематографистам, которые, как правило, не желают загружать свои знания мате-

матическим аппаратом, нетерпеливы и жадны к получению практических знаний и рецептов в сию секунду. На вопрос, как правильно снять стереокино, требуют моментального односложного ответа. Отсюда и причина скоротечных семинаров, которые привносят больше путаницы в понимание обсуждаемого вопроса. Засилье иноязычной терминологии, неверно трактуемая причинно-следственная связь предмета обсуждения приносят больше вреда, чем пользы. Как в той поговорке: «Слышим звон, да не знаем, где он».

Что такое стереография?

В самом слове «стереография» слышны отголоски другого термина – хореография, и это не случайно. Стереография описывает вопросы передачи и восприятия пространственного рисунка на киноэкране, подобно рисунку движения на театральной сцене. Передача пространственного рисунка не обязательно должна быть физически тождественна реальному пространству на съёмочной площадке, да и в большинстве случаев не может быть таковой. В кинофильме мы имеем дело с планами разного масштабного увеличения – общий план, средний план, крупный план, деталь. Но подобно тому, как в цветном изображении мы имеем дело не с физическим тождеством цвета, а с психологическим, так и в стереографическом построении мы должны стремиться к психологическому тождеству восприятия пространства трёхмерного изображения.

Необходимо в первую очередь обозначить, что понимать под стереосъёмкой и почему наблюдение её результата на экране создаёт ощущение бинокулярного восприятия объекта? Стереосъёмка, если мы рассматриваем её классический одностереопарный вариант, предполагает регистрацию объекта с двух точек ракурсов, строго рас-



Рис. 1. Стереопара двухракурсного изображения объекта

положенных на горизонтальной линии на определённом расстоянии друг от друга, называемого базисом съёмки (Bc). В таком случае мы получим двухракурсное изображение объекта, называемое стереопарой (рис. 1).

Но для получения ощущения трёхмерного восприятия зрителю необходимо предоставить условия раздельного (терминологически – *сепаратного*) рассмотрения правым и левым глазом соответствующих им изображений этих двух ракурсов. **В отличие от голографии, стереокинематограф остаётся зрелищем плоских, но количественно удвоенных изображений, снятых и рассматриваемых раздельно для правого и левого глаз.** То есть, и в стереокино мы продолжаем смотреть плоское изображение, как и в обычном кинематографе, но только снятое для каждого глаза отдельно.

Пространственное восприятие изображения в кинозале

Ощущение пространственного расположения объекта возникает у человека, когда глаза пеленгуют объект путём скрещивания зрительных осей на данном объекте. Сигналы мышечных усилий поворота глазных яблок, поступающие в мозг, обработка их сравнительных величин, дают нам информацию о степени удалённости предмета. Такая «пеленгация» называется конвергенцией зрительных осей (рис. 2).

Пространственное изображение, которое мы воспринимаем в стереокино с экрана, это результат работы нашего мозга, оперирующий **определённой разностью информации**, заложенной в стереопаре, которую разглядывают наши глаза. Эту определённую разность можно видеть на экране, если смотреть без стереочков. Совмещённые строго по вертикали изображения двух ракурсов на экране будут иметь горизонтальное смещение одноименных точек пространственного объекта в зависимости от степени удалённости от точки съёмки. Горизонтальное смещение одноименных точек пространственного объекта называется **горизонтальным параллаксом** (рис. 3).

Вводимый здесь термин «определённая разность информации» обозначает ту полезную разность, которая несёт информацию о пространственном восприятии изображения объекта. Может присутствовать и другой вид **полезной** разности в изображениях как, например, разность во взаимном перекрытии частей объекта, или разность в отображении геометрии одноименных объектов. Но все они могут быть описаны единой



Рис. 2. Конвергенция зрительных осей

причинно-следственной связью – горизонтальным смещением одноименных точек. В остальном, изображения, полученные с двух ракурсов, должны быть практически идентичными по таким фотографическим параметрам, как светлота, контраст, цветность, масштаб, резкость, и не иметь вертикального смещения одноименных точек, определяемого как **вертикальный параллакс**. Наличие вертикального сдвига левого изображения относительно правого приводит к сдвигу зрительных осей по вертикали, несвойственное нашему зрению, и является одной из причин утомляемости при восприятии стереофильмов.

Горизонтальные параллаксы являются причиной конвергенции зрительных осей при наблюдении изображения на экране, что вызывает ощущения, подобные тем, что возникают при бинокулярном восприятии. Горизонтальные параллаксы могут иметь как «положительное», так и «отрицательное» значение. Если точка левого изображения на экране расположена левее одноименной точки правого изображения, то такой па-

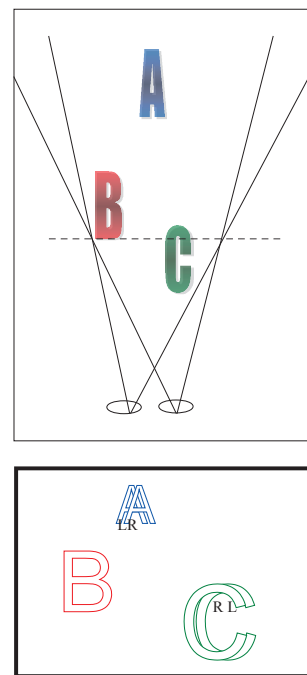


Рис. 3. Горизонтальный параллакс

раллакс обозначается как положительный. Если же точка левого изображения расположена правее одноименной точки правого изображения – такой параллакс будет отрицательным.

Наблюдая объект с **положительным параллаксом**, мы как бы пеленгуем его в **заякранном пространстве** (рис. 4), те же точки изображения объекта, которые имеют **отрицательный параллакс** (рис. 5), из-за пересечения зрительных осей, пеленгуются в **зальном пространстве**. Зальное и заякранное пространства разграничены плоскостью экрана. Одноименные точки изображения пространственного объекта, имеющие нулевой сдвиг, воспринимаются зрителем в области плоскости экрана (рис. 6).

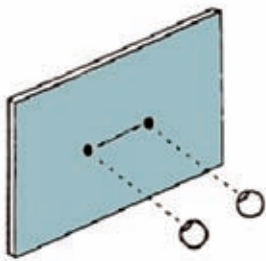


Рис. 4. Положительный параллакс

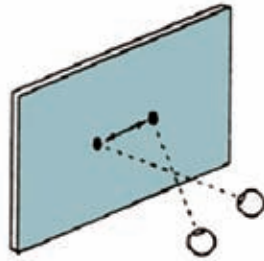


Рис. 5. Отрицательный параллакс

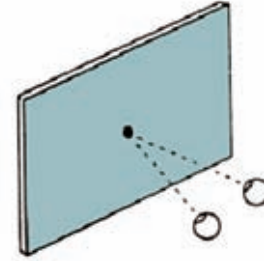


Рис. 6. Нулевой параллакс

Рассмотрим, как зрительное восприятие пространственного изображения описано математически в стереографии. Видимое зрителем расстояние D до точки M изображения объекта (рис. 7) характеризуется величиной параллакса изображения этой точки на экране $Pэ$ (m_1, m_2), базисом зрения $Vзр$ (B_1, B_2) и расположением зрителя в зале – дистанцией до плоскости экрана $Lзр$.

Опираясь теоремой подобия треугольников, видимое зрителем расстояние D до точки M можно вывести из следующей пропорции:

$$\frac{Vзр}{D} = \frac{Vзр - Pэ}{Lзр} \quad (1)$$

откуда

$$D = Lзр \frac{Vзр}{Vзр - Pэ} \quad (2)$$

Данное математическое выражение показывает, что если параллакс на экране равен нулю ($Pэ = 0$), то дистанция до наблюдаемого изображения совпадает с дистанцией до экрана, и мы воспринимаем изображение в плоскости экрана. В случае, если параллакс положительный, но меньше базиса зрения ($Pэ < Vзр$), дистанция до наблюдаемого изображения объекта будет дальше дистанции до экрана, то есть изображение наблюдается за экраном. Если

же величина параллакса отрицательная, то знаменатель $Vзр - (-Pэ)$ в формуле получается больше числителя, а это значит, что дистанция до наблюдаемого изображения будет меньше дистанции до экрана, и изображение объекта воспринимается в зальном пространстве. Дистанция до экрана предполагает не проекционное расстояние зала, а конкретное расположение каждого зрителя в зале. Следовательно, **каждый зритель воспринимает относительные расстояния между объектами в зависимости от своего расположения в зале. Чем дальше он сидит от экрана, тем в большем пространственном диапазоне он наблюдает трёхмерное изображение сцены.**

Параллакс бесконечности

Рассмотрим случай, когда положительный параллакс на экране равен базису зрения ($Pэ = Vзр$). Тогда знаменатель в формуле будет равен нулю, и дистанция до наблюдаемой точки объекта равна математической бесконечности. Здесь мы подошли к фундаментальному положению в стереографии: **максимально удалённая точка изображения объекта должна иметь на экране параллаксы, равный базису зрения**. Параллаксы макси-

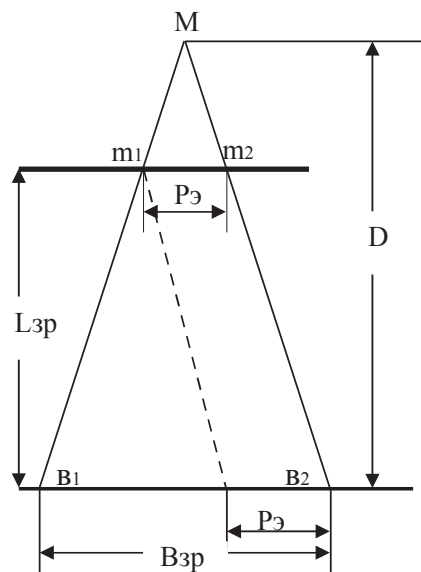


Рис. 7. Схема зрительного восприятия стереоизображения

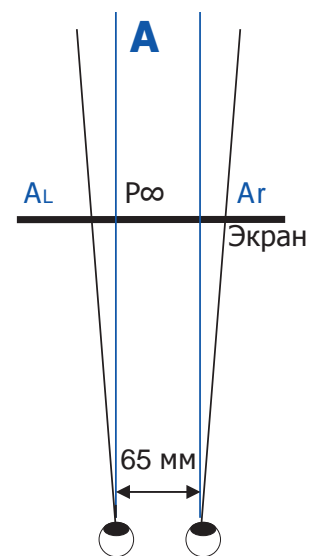


Рис. 8. Дивергенция зрительных осей

мально удалённой точки называется **параллаксом бесконечности**, и за его величину принято усреднённое значение базиса зрения зрителя, равное **65 мм**.

В этом случае зритель, как и в жизни, наблюдает бесконечно удалённые изображения объектов на параллельных зрительских осях. В случае превышения этого значения параллакса бесконечности более **65 мм**, наблюдение объекта будет проходить на расходящихся зрительных осях (рис. 8). Такое явление называется **«дивергенцией зрительных осей»** и **вызывает сильную утомляемость и головные боли при длительном просмотре фильма**.

Учитывая физиологические ресурсы зрения, допускается превышение величины параллакса бесконечности до 80–90 мм.

Относительно величины параллакса бесконечности на экране существует величина **параллакса бесконечности на регистрирующем носителе** (на киноплёнке или матрице) стереокамеры, которая определяется как частное от деления экранного параллакса бесконечности на коэффициент проекции.

$$P_{\infty \text{пл.}} = \frac{P_{\infty \text{эк.}}}{K_{\text{пр.}}} \quad (3)$$

Эта величина является константой в расчётах по подбору стереопараметров при стереосъёмке, то есть не изменяется на протяжении производства всего фильма. Величина коэффициента проекции определяется как частное от деления ширины экрана на ширину кадра на регистрирующем элементе.

Если ширина кадра на киноплёнке или матрице на протяжении съёмки фильма – величина постоянная, то коэффициент проекции есть величина переменная из-за разброса размеров экрана в сети кинотеатров. Для малых экранов величина параллакса бесконечности будет заниженной, для больших экранов – завышенной. Теоретически, для каждого размера экрана следует снимать стереофильм с определёнными этому размеру параметрами, что практически было бы невозможно. Из опыта многолетней практики мы рекомендуем усреднённую величину ширины экрана размером 6,5 метров.

Исходя из ширины кадра, параллакс бесконечности на плёнке в конкретной технологической системе имеет следующие величины:

- в кукольной анимации при съёмке фотоаппаратом «Canon 450» с матрицей шириной 22 мм – 0,22 мм;
- при съёмке в формате HDV камерами Sony A1 с матрицей 1/3" – 0,8 мм;
- при съёмке оптикой системы «Стерео-70» на плёнку или матрицу с шириной кадра 25 мм – 0,25 мм.

Съёмочный базис

Межцентровое расстояние между левым и правым объективами называется **базисом съёмки (Bc)**. Учитывая, что зритель чаще наблюдает на экране изображение объектов с увеличенным масштабом относительно реальных

размеров, величина базиса съёмки не только не должна превышать **базис зрения**, но иметь гораздо меньшую величину, кратную степени масштабного увеличения изображения на экране. Многолетней практикой стереосъёмки было определено, что **чем больше масштаб изображения на экране, тем меньше должен быть базис съёмки относительно базиса зрения**:

$$Bc = Bзр / M \quad (4)$$

Так, например, при среднем коэффициенте масштаба изображения на экране, равном $M = 2,5$, базис съёмки должен быть не более $65 \text{ мм} / 2,5 = 26 \text{ мм}$. В противном случае мы сталкиваемся с проблемой возникновения **эффекта миниатюризации**. Межцентровое расстояние между объективами может быть равно межцентровому расстоянию наших глаз – **базису зрения**, только в случае съёмки объектов и наблюдения их на экране в реальном масштабе. Существует и обратное эффекту миниатюризации явление гигантизма, если вести съёмку с заниженной величиной базиса съёмки. Данное явление наблюдается при съёмке кукольной анимации, когда зритель не ощущает абсолютных размеров кукол (33 см) по причине съёмки с базисом от 5 до 20 мм.

Величина базиса съёмки, кратная масштабу изображения объекта на экране, является **основной величиной базиса съёмки**.

Эффект миниатюризации не является основной причиной отказа от съёмки с большой величиной базиса съёмки. Как правило, зритель постепенно адаптируется к данному эффекту и перестаёт акцентировать на нём внимание, если, конечно, не монтируются рядом кадры одной сцены, снятые с различным базисом. Основной причиной отказа от съёмки с величиной базиса, равной базису зрения и более, это вопрос величины комфортно воспринимаемого пространства.

Комфортно воспринимаемое пространство

При производстве стереофильма, в отличие от традиционной киносъёмки, перед оператором стоит гораздо более сложная задача композиционного построения кадра. Оператор, выстраивая композицию кадра, оперирует не картинной плоскостью, как это он делает в традиционном кино, а пространством, расположенным от камеры до самой дальней границы видимой области композиции. В первую очередь необходимо провести **идентификацию пространства кадра со зрительным залом**, определить: где будет проходить плоскость экрана.

Плоскость в пространственной композиции, которая должна будет восприниматься в плоскости экрана, является **плоскостью нулевых параллакс**ов, которую по театральной терминологии чаще называют **«рампой»**, а расстояние до неё – **«дистанцией ramпы» (Lp)**. При стереосъёмке статичных композиций **желательно обозначать ramпу композиционными элементами** (на операторском сленге – **отбить ramпу**), что поможет зрите-

лю ориентироваться в пространственном расположении других объектов относительно плоскости экрана. Выбор положения рампы не может быть произвольным. При построении композиции, предметы, которые будут обрезаться краями кадра, не должны располагаться ближе дистанции рампы, в противном случае, из-за эффекта «отжимающего действия экрана» виртуальная плоскость нулевых параллаксов психологически не будет восприниматься в плоскости экрана. **Несовпадение плоскости нулевых параллаксов, заданных при съёмке, с плоскостью экрана при длительном просмотре фильма вызовет у зрителей дискомфорт и утомляемость.**

При выставлении плоскости рампы оператору необходимо определить границы протяжённости композиции по глубине кадра – **L_{дл}** и **L_{бл}** (рис. 9). Дальняя граница пространственной композиции должна располагаться не далее дистанции **L_{дл}**, что гарантирует отсутствие в композиции элементов изображения с величинами положительных параллаксов больше величины параллакса бесконечности (+65 мм) и, как следствие, отсутствие явления дивергенции. **Допустимая ближняя граница композиции** существует только для статичных объектов, которые психологически могут восприниматься в зрительном зале, не обрезаются границами кадра и не подвержены отжимающему эффекту экрана. Дистанция **L_{бл}** равна половине дистанции рампы. В этом случае изображения объектов имеют на экране отрицательный параллакс, равный параллаксу бесконечности со знаком минус (- 65 мм).

Таким образом, подобно глубине резко изображаемого пространства, в стереосъёмке существует глубина пространства, передаваемая в диапазоне параллаксов **130 мм**, комфортно наблюдаемая зрителем.

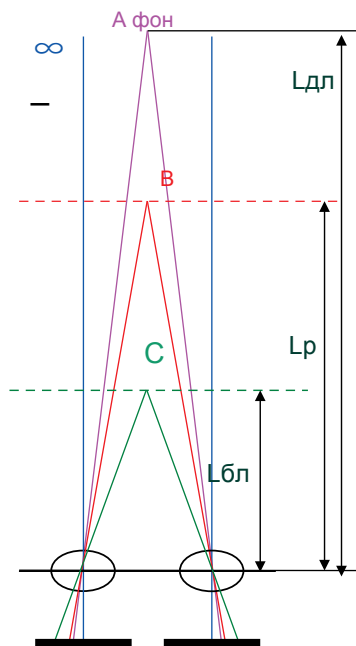


Рис. 9. Глубина комфортно воспроизводимого пространства

Подобно понятию «гиперфокальное расстояние», при каждом определённом сочетании базиса съёмки и фокусного расстояния объектива существует дистанция рампы, которая определяет то расстояние, с которого пространственная композиция может располагаться вплоть до бесконечности, а объекты будут воспроизведены в допустимых значениях положительных параллаксов. В этом случае **съёмка ведётся в пропорционально-пространственных соотношениях**, а дистанция до плоскости рампы называется «**основной расчётной дистанцией рампы**». Величина основной дистанции рампы определяется по формуле:

$$L_{\text{рамп}} = \frac{B \cdot F}{H \cdot P_{\infty}} \quad (5)$$

где: **L_{рамп}** – дистанция рампы, **B** – межцентровое расстояние, **F** – фокусное расстояние объектива, **H** – коэффициент пространственной передачи, равный 1, **P_∞** – величина параллакса бесконечности на плёнке.

Дистанция рампы не может быть произвольно выбрана оператором без ограничения глубины воспроизводимого пространства. При изменении дистанции рампы в сторону её уменьшения, объекты в бесконечности будут иметь параллаксы, значительно превышающие величину 65 мм, поэтому композицию кадра надо будет ограничить фоном, расположенным на конечной дистанции, определяемой по формуле;

$$L_{\text{дл}} = \frac{B \cdot F}{(H - 1) \cdot P_{\infty}} \quad (6)$$

При съёмке с расстояния, меньшего основной дистанции рампы, объект на конечной дистанции будет передаваться параллаксами, равными величине параллакса бесконечности, поэтому вся композиция будет восприниматься в искажённых пространственных соотношениях. В этом случае стереосъёмка ведётся с нарушением пропорционально-пространственных соотношений, с так называемой **гипертрофией**, коэффициент которой равен частному от деления основной расчётной дистанции рампы на дистанцию съёмки.

$$H = \frac{L_{\text{р}}}{L_{\text{с}}} \quad (7)$$

Как и в случае с глубиной резкости, глубина комфортно воспроизводимого пространства тем больше, чем меньше фокусное расстояние объектива. В случае же с подбором базиса съёмки мы сталкиваемся с противоречивой ситуацией. Величина базиса съёмки влияет на стереоскопическую выраженность пространственной композиции на экране. В то же время, как видно из формулы (5), с увеличением базиса съёмки увеличивается основная дистанция рампы, что, согласно формуле (7), ведёт к резкому увеличению индекса гипертрофии при съём-

ке с произвольной дистанцией рамп. А этот индекс, в свою очередь, согласно формуле (6), влияет на сокращение дальней границы композиции $L_{дл}$. Как видим, чем больше базис съёмки, тем меньше глубина пространства, воспроизводимого в допустимых значениях параллакса. Казалось бы, простым решением по увеличению глубины комфортно воспринимаемого пространства является уменьшение значения базиса съёмки. Но этот приём необходимо использовать с особой осторожностью, так как уменьшение базиса съёмки ведёт одновременно к уменьшению стереоскопической выраженности изображения.

То же относится и к подбору фокусного расстояния объектива. Как известно, фокусное расстояние объектива сопряжено с его углом зрения и влияет на **психологическое восприятие стереоскопичности композиции**, что чаще называют пластикой передачи изображения. Известный факт, увеличение фокусного расстояния ведёт к «уплощению» изображения. Но в стереокино мы можем наблюдать обратное явление. Подбирая более короткофокусную оптику (согласно вышеприведённым формулам), оператор может увеличить глубину комфортно воспроизводимого пространства. Но если в обычном двумерном изображении короткофокусная оптика выразительно передаёт пространственную пластику объекта благодаря резким линейным перспективным сокращениям, то в стереоскопическом изображении мы наблюдаем снижение ощущения бинокулярного эффекта восприятия. Происходит это из-за малой градации в передаче разности горизонтальных параллаксов изображения протяжённой композиции. И, наоборот, с увеличением фокусного расстояния объектива такая градация разности в горизонтальных параллаксах будет увеличиваться и увеличивать бинокулярные ощущения восприятия изображения. При построении пространственной композиции следует понимать, что ограничения по диапазону комфортно воспринимаемого пространства являются не недостатками оптической системы стереовоспроизведения, а диктуются физиологией бинокулярного наблюдения, диапазоном одновременного восприятия разно удалённых объектов в статичных композициях. Проблемы с ограничением комфортно воспроизводимого пространства чаще возникают при неправильных построениях пространственных композиций в кадре, когда оператор слепо переносит в стереосъёмку приёмы плоскостной композиции обычного кино с резко выдвинутым передним планом на бесконечно удалённом фоне. К сожалению, современные тенденции в стереокино свидетельствуют о непонимании многими операторами и начинающими стереографами влияния базиса съёмки на оптическую передачу пространственной композиции. Этому способствовало массовое появление стереосистем на полупрозрачных зеркалах, позволяющих уменьшать базис съёмки до бесконечно малых величин, вплоть до нуля. Работая в такой системе, операторы, не желая вникать в особенности восприятия пространствен-

ной композиции в стереокино, продолжают оперировать всего лишь картинной плоскостью кадра, оставляя стереографу неблагодарную работу подтирать за ними ошибки по нарушению глубины комфортно воспринимаемого пространства. Это возможно только путём занижения величины базиса съёмки, которая часто бывает переменной на протяжении одной сцены. Это так же недопустимо, как если бы из-за неграмотного распределения яркостей в сцене оператор постоянно менял гамму изображения или его цветовую насыщенность.

Подбор параметров стереосъёмки

На основе формул, описывающих взаимозависимость фокусного расстояния объектива и базиса съёмки, в программе Microsoft Excel разработана интерактивная таблица (табл. 1), по которой оператор может оперативно определять границы воспроизводимого пространства при определённом сочетании фокусного расстояния и базиса съёмки, или подобрать такое сочетание при заданных границах пространства.

Табл. 1. Интерактивная таблица расчёта стереопараметров

F мм	Базис мм	Экран мм	Матрица мм	К пр.	Р. экр.	Р.пл.
50	26,00	6500	25	260	65	0,25

H	L _{бл} , м	L _р , м	L _д , м
1	2,60	5,20	∞
1,3	2,31	4,16	20,80
2	1,73	2,60	5,20
3	1,30	1,73	2,60
4	1,04	1,30	1,73
5	0,87	1,04	1,30

H	L _{бл} , м	L _р , м	L _{дал} , м
1,73	1,90	3,00	7,09

Чёрным цветом отмечены ячейки, в которые вводится информация, неизменная на протяжении производства всего фильма. Это, прежде всего, допустимая величина параллакса бесконечности на экране $R_э = 65$ мм, ширина изображения на плёнке или матрице стереокамеры, и усреднённое значение ширины экрана, равное 6500 мм.

Выбрав нужный по углу зрения объектив, оператор заносит его параметры в величинах фокусного расстояния, а также величину базиса съёмки. В системе «Стерео-70» за основную величину базиса съёмки выбрано оптимальное значение 26 мм, соответствующее масштабному увеличению изображения людей на экране. Таблица построчно показывает диапазоны комфортно воспроизво-

димого пространства при съёмке с различным индексом гипертрофии (поля пурпурного цвета). В колонках голубого и зелёного цвета выстроены варианты диапазонов пространственной композиции в зависимости от индекса гипертрофии. В самой нижней строке, по произвольной величине дистанции рампы, определяются границы комфортно воспроизводимого пространства.

Если в распоряжении оператора существуют дополнительные насадки, уменьшающие или увеличивающие съёмочный базис, или стереосистема позволяет произвольно изменять межцентровое расстояние между объективами камер, следует изменить значение основной величины съёмочного базиса объектива на фактическое значение. Ещё раз обращаем внимание, что оптические насадки, изменяющие базис съёмки, не являются инструментом подбора необходимого диапазона комфортно воспроизводимого пространства, а служат лишь для усиления или уменьшения степени пространственной передачи объекта. Так, например, насадки, уменьшающие основной базис съёмки до 20 и 15 мм, применяются при съёмке сверхкрупных планов актёров во избежание деформации черт лица. Если использовать их в протяжённых композициях с изображением портрета актёра на переднем плане, то мы рискуем получить уплощённое изображение, эффект аппликации портрета на плоском фоне. Следует очень осторожно использовать насадки, увеличивающие базис, при съёмке людей. Так, например, при увеличении базиса съёмки свыше 32 мм возникает эффект миниатюризации. В большой степени этому эффекту будут подвержены актёры, находящиеся в около рамповой зоне (в зоне нулевых параллакс).

Более гибким инструментом, чем съёмочный базис, для подбора необходимого диапазона комфортно воспроизводимого пространства является фокусное расстояние объектива, сопряжённое с его углом зрения. Если внимательно проанализировать значения диапазонов комфортно воспроизводимого пространства при разных величинах фокусного расстояния, то можно определить своеобразную закономерность, которая позволяет, с небольшим математическим приближением, определять параметры съёмки путём простого арифметического расчёта без таблиц:

- основная дистанция рампы в метрах равна первой цифре фокусного расстояния объектива;
- дальняя граница комфортно воспроизводимого пространства равна дистанции рампы при предыдущем значении индекса гипертрофии;
- ближняя граница комфортно воспроизводимого пространства равна половине действующей дистанции рампы.

Так, например, в линейке объективов «Стерео-70» при первом приближении можно считать основной дистанцией рампы следующие величины (табл. 2).

При этих значениях (подобных гиперфокальному расстоянию) дальняя граница комфортно воспроизводимого пространства всегда равна бесконечности.

Табл. 2. Значения основной дистанции рампы линейки объективов "Стерео-70"

F	Lбл, м	Lр, м	Lдал, м
23	1,15	2,30	∞
28	1,40	2,80	∞
35	1,75	3,50	∞
40	2,00	4,00	∞
50	2,50	5,00	∞
75	3,75	7,50	∞
100	5,00	10,00	∞

При съёмке с дистанцией рампы, в два раза меньшей основной (индекс гипертрофии $H = 2$), величинам дальних границ присваиваются значения величин основных дистанций рампы этих объективов.

Табл. 3. Значения дистанции рампы (индекс гипертрофии $H = 2$)

F	Lбл, м	Lр, м	Lдал, м
23	0,58	1,15	2,30
28	0,70	1,40	2,80
35	0,88	1,75	3,50
40	1,00	2,00	4,00
50	1,25	2,50	5,00
75	1,88	3,75	7,50
100	2,50	5,00	10,00

При каждом изменении дистанции рампы в кратное число раз значение предшествующей дистанции рампы переходит в значение дальней границы композиции пространства.

Для удобства работы оператора на стереообъективах «Стерео-70» шкала мнимой конвергенции выполнена в условных единицах гипертрофии и в метрических величинах соответствующих им дистанций рампы. Перемещаемый по шкале индекс выполнен в виде вилки, показывающей диапазон комфортно воспроизводимого пространства при каждом значении индекса гипертрофии (рис. 10). Следует обратить внимание, что метрическими значениями шкалы нельзя пользоваться при съёмке с базисными насадками.

Особенности композиционного построения кадра в стереофильме

В стереокино экран, в привычном его понимании, как полотно или картинная плоскость, на котором мы наблюдаем двумерную композицию изображения, «растворяется». При стереоскопическом просмотре зритель воспринимает композицию изображения,

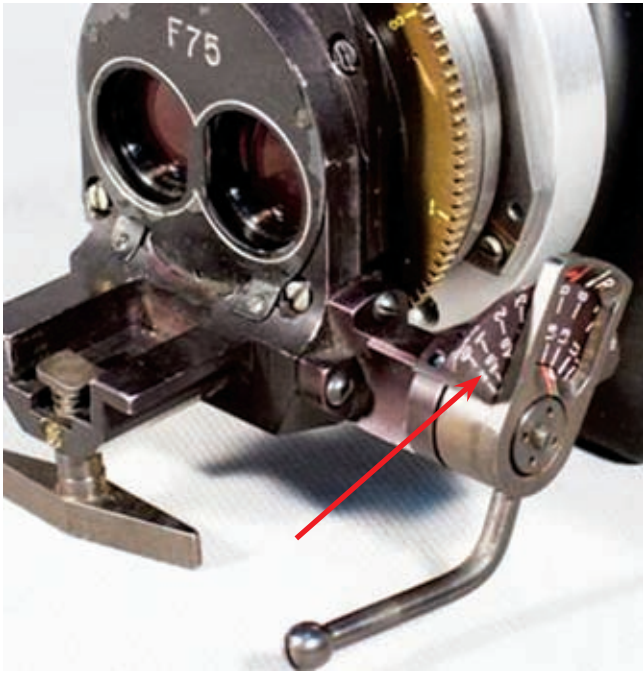


Рис. 10. Шкала мнимой конвергенции объективов "Стерео-70"

как пространственно расположенную в пределах границ кадров, материализованных в раму «окна». Фраза «экран – это окно в мир» в стереокино уже не аллегория, а факт, данный нам в ощущениях. Наблюдаемое зрителем пространственное изображение простирается не только за границами экрана, но и в зальном пространстве. Пространство, переходящее в зрительный зал, по форме является пирамидой, основанием которой является экран, а вершиной – центр между глазами зрителя (*циклопический глаз*). Поэтому **рекомендуется строить мизансцены, определять направление взгляда актёра, выстраивать движение объектов – максимально соосно оптической оси объектива.**

В завершение приводим десять советов по композиционному построению кадра:

1. При построении композиции кадра в стереофильме необходимо активно использовать все те приёмы, которые оператор использует для передачи иллюзии пространства на плоском экране. Используя принципы линейной, воздушной и тональной перспектив, световую раскладку в интерьере и т.д., даже на плоском киноэкране образуется стереоэффект, который чаще называется пластическим эффектом. Стереосъёмка создаёт лишь условия бинокулярного наблюдения, в результате чего наши представления о трёхмерности композиции переходят в область физического ощущения. **Чем больше уделяется внимание пластике изображения, тем выразительнее будет композиция.**

2. При движении камеры, независимо от траектории движения, возникает динамическое взаимное перекрытие объектов, усиливающее пластический эффект композиции, поэтому **проезды камеры предпочтительнее панорамированию камерой.**

3. Бинокулярный эффект восприятия пространства передаётся через дифференциацию (различие) величин горизонтальных параллаксов. Поэтому композиция по глубине кадра должна быть максимально дробной. В случае отсутствия между передним планом и фоном дополнительных элементов композиции, будет наблюдаться эффект аппликации – объёмный предмет на плоском фоне. В этом значении большую роль играет нижний ракурс. **Через горизонтальную плоскость выразительно передаётся динамическое изменение параллаксов, что позволяет избежать эффекта кулиسنости в изображении.**

4. Чёткость передачи горизонтальных параллаксов непосредственно влияет на передачу стереоскопической глубины пространственного изображения, поэтому ухудшение этой чёткости ведёт к обратному эффекту. По этой причине **необходимо осторожно использовать диффузионные фильтры, пиротехнические дымы и другие средства по смягчению изображения.**

5. Трёхмерное изображение, воспринимаемое зрителем в кинозале, располагается в заэкранной, экранной и предэкранной зонах (зальное пространство). Для лучшей ориентации зрителя рекомендуется обозначать пространственное расположение композиции в зале отдельными элементами (объекты в плоскости нулевого параллакса на съёмке). В практике это называется – **«отбить рампу в композиции».**

6. При построении композиции кадра в стереофильме следует учитывать фактор отжимающего действия обрамления экрана, которое находится в зоне внимания зрителя. Кадр следует воспринимать как картинную раму, или окно в наблюдаемое пространство. **Элементы композиции кадра, которые обрезаются границами кадра, не могут восприниматься зрителем в зальном пространстве.**

7. Камера чаще должна быть субъективной, чем в обычном кинематографе. При съёмке мизансцены «восьмёркой», **выставляя камеру на позицию одного из персонажей мизансцены, композиция становится интерактивной по отношению к зрителю, усиливая эффект присутствия.**

8. Работая над пространственными композициями, не следует забывать о тех ограничениях, когда съёмка ведётся с дистанции, меньшей основной дистанции рампы. В этом случае **максимально удалённый фон должен находиться на конечной дистанции, нарушение которой вызовет дисконфорт восприятия у зрителя.**

9. В случае невозможности сохранить допустимую дистанцию до фона, его следует гасить, размывать, переводить от него внимание зрителя на игру персонажа первого плана. **Размытие фонов не всегда является действенным инструментом, особенно в случае наличия на фоне огней фонарей, чётких графических объектов и т.д.**

10. Просмотр стереофильма в кинотеатре проходит при полной темноте зрительного зала, поэтому **объекты, проникающие из экрана в зальное пространство, должны быть приглашены по яркости.** В таком случае достигается максимальная интерактивность со зрителем. ■

Министерство культуры Российской Федерации
Союз кинематографистов Российской Федерации
ФГУП «Московское конструкторское бюро киноаппаратуры»
ОАО «Научно-исследовательский кинофотоинститут»
Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения
Московский киноvideоинститут

Приглашают 21–22 апреля 2011 г. принять участие в работе III международной научно-технической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других отраслях». Конференция состоится в Московском киноvideоинституте по адресу: Москва, ул. Академика Королёва, 21.

Ожидается участие в работе III конференции широкого круга специалистов, занимающихся исследованиями и практическим применением объёмного изображения не только в кинематографе, но и в других сферах деятельности; построенного не только на стереоэффектах, но и на основе голографических принципов.

Организаторы рассчитывают, что конференция позволит провести комплексный анализ состояния отечественного 3D кинематографа на всех этапах кинематографического процесса (от киносъёмки до кинопоказа) и выработать пути совершенствования:

- **записи, преобразования и воспроизведения объёмных изображений;**
- **производства кинотехники – от научных исследований до выпуска необходимых технических средств;**
- **создания, эксплуатации и хранения 3D контента.**

Цель конференции – обмен информацией, комплексный анализ и выработка путей совершенствования отечественного 3D кинематографа на всех этапах кинематографического процесса (от киносъёмки до кинопоказа) и на всех этапах производства кинотехники (от научных исследований до выпуска продукции: как кинотехники, так и контента).

На конференции планируется рассмотреть также вопросы применения объёмных изображений и в медицине, учебных процессах, тренажёрах, защитных системах и т.д.

Информационная поддержка конференции – журналы «Мир техники кино», «Техника и технологии кино», «MediaVision», газета «Новости Союза кинематографистов».

По итогам конференции будет издан сборник докладов.

Командировочные расходы и оплата гостиницы за счёт участников.

Срок подачи заявок на участие в работе конференции с докладом: 25 марта 2011 г.

Срок подачи заявок на участие в работе конференции без доклада: 8 апреля 2011 г.

Подробную информацию о предстоящей конференции можно узнать в оргкомитете по телефонам: (495) 619-86 11, (495) 618-82 07.

e-mail: ncenter@list.ru

Оргкомитет



ЦВЕТНОЙ КИНЕМАТОГРАФ

(Окончание, начало в МТК №№ 15, 16, 17)



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

Аннотация

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

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

■ СОВЕТСКАЯ ТРЁХЦВЕТКА

В Советском Союзе трёхцветный субтрактивный метод, основанный на трёхплёночном способе съёмки, разрабатывался и внедрялся практически одновременно в начале 30-х годов XX века на киностудии «Ленфильм», киностудии «Мосфильм» и в НИКФИ.

Лаборатория цветного кино при «Ленфильме» под руководством Н. Шпилева была организована в феврале 1932 года.

Для получения трёх цветоделённых негативов на заводе «Ленкинап» бригадой конструкторов под руководством Авенира Александровича Мина была сконструирована и создана в 1935 году цехом точной механики завода «Ленкинап» под руководством Павла Матвеевича Романова специальная кинокамера ЦКС-1. Камера была спроектирована для синхронной съёмки звуковых трёхцветных фильмов на 35-мм киноплёнку. 120-метровые кассеты позволяли производить непрерывную съёмку в течение более четырёх минут. Подающая и принимающая кассеты одинарной плёнки располагались наверху камеры, а кассеты бипака – у основания кинокамеры.

Конструкторы разработали оригинальный корпус для кинокамеры ЦКС-1, который не только закрывал меха-

COLOR CINEMA

N. Majorov

Abstract

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

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

низмы камеры, но и выступал в роли звукоизолятора. Стенки корпуса изготавливались из расчёта звукопроницаемости не выше 30 дБ.

Оптическая система кинокамеры ЦКС-1 была разработана Государственным оптическим институтом, в котором были рассчитаны и изготовлены съёмочные объективы и призмы для расщепления пучка света внутри камеры.

Так же как и в кинокамере «Техниколор», в качестве светорасщепляющей призмы был выбран куб с полуперебразительной диагональю. Плёнки бипак экспонировались в отражённом пучке света, а одиночная плёнка – в прямом.

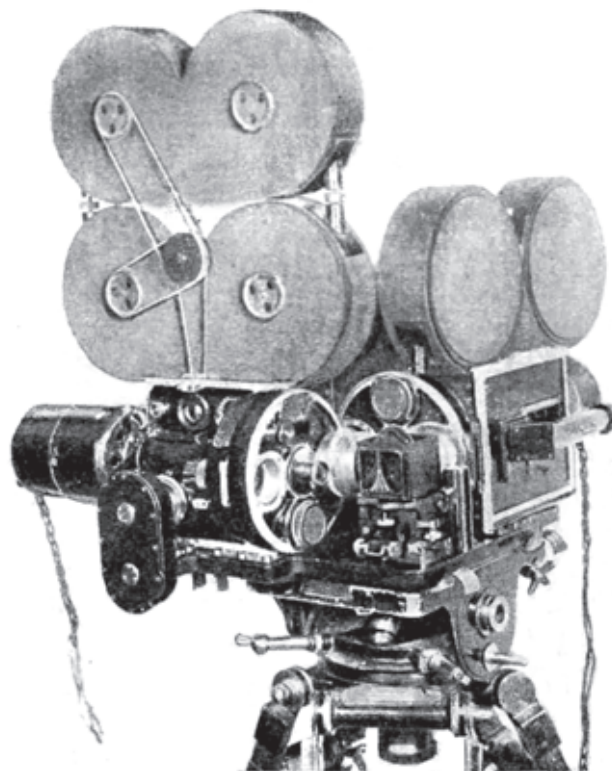
Для съёмки применялся обычный комплект плёнок бипак. «Зелёное» изображение снималось на одиночную плёнку, «синее» – на переднюю плёнку бипака, а «красное» – на заднюю.

Для контроля за расходом плёнки кинокамера имела два счётчика метража: первый показывал общий расход плёнки, второй – число снятых метров данного плана.

Для проведения натурных съёмок Лаборатория цветного кино НИКФИ разработала и построила трёхцветный киносъёмочный агрегат, состоящий из двух камер «Бэлл-



Общий вид трёхцветной съёмочной камеры ЦКС-1



Съёмочный агрегат НИКФИ из двух кинокамер «Бэлл-Хауэлл» для трёхцветной съёмки

Хауэлл»: одной – с бипачным, а другой – с обычным механизмом. Синхронность работы двух камер осуществлялась путём механического соединения их друг с другом.

Перед объективами кинокамер устанавливалась свето-расщепляющая призма-куб, которая обеспечивала получение совершенно идентичных изображений в обеих камерах. Но если кинокамера ЦКС-1 позволяла применять достаточно разнообразный по фокусным расстояниям комплект объективов, то агрегат спроектирован в расчёте на применение только одной пары объективов с фокусным расстоянием в 50 мм, что значительно сужало изобразительные возможности съёмки.

Съёмка мультипликационных фильмов производилась обычной кинокамерой на одну плёнку, последовательно через три светофильтра – красный, зелёный и синий.

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 методом впитывания. То есть – печати водяными красками по схеме, изложенной в описании печати 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.

Мы не будем вдаваться в технические подробности самого процесса печати. Но заметим, что в отличие от гидротипной печати методом впитывания, где матрицы печатаются с негатива, в методе П.М. Мершина матрицы печатаются с позитива. Поскольку при непосредственной печати с негатива на хромированной желатине получалось бы негативное изображение, приходилось сначала изготовить рабочие позитивы, с которых затем велась печать фильмокопий. Нетрудно догадаться, что негатив в процессе печати копий не используется, что предохраняет его от износа.

Автор этих строк практически убедился в этом, когда приступил к восстановлению первого советского трёхцветного документального фильма «Цветущая юность». Цветоделённые негативы, за исключением «зелёного», производили впечатление, как будто они только что вышли из проявочной машины – ни пылинки, ни соринки. А вот «зелёный» негатив, как самый резкий – с царапинами и порывами, с него печатали копии чёрно-белого варианта фильма, вот он и пострадал. Опыт восстановления «Цветущей юности» показал, что сегодня только с использованием современной компьютерной техники можно восстанавливать цветные фильмы, снятые в трёхцветной системе.

К сожалению, сегодня уже нельзя напечатать качественную чёрно-белую копию с любого из цветоделённых негативов. В карточке ОТК так и написано: «Печать не возможна. Усадка плёнки выше нормы». Усадка цветоделённых негативов, а она неизбежна, и была одной из глав-

ных проблем получения качественного цветного позитива в то время, с годами сделала невозможным использование киноплёночного процесса для получения и восстановления цвета по старой технологии. Я уже говорил, что исходные материалы, за исключением «зелёного», были как новенькие. Это так. Но усадка плёнки... Нам удалось без потерь «перегнать» все цветоделённые негативы в цифру, но при их сложении сразу же выяснилось, что усадка произошла неравномерно не только на каждой из плёнок, но и во многих случаях на каждом из кадров. Поэтому для получения цветного качественного изображения приходилось вручную править и подгонять размеры трёх цветоделённых изображений каждого кадра. Так, при сведении цветоделённых негативов одной части этого фильма вручную было исправлено около десяти тысяч кадров. Но это число надо умножить на два, так как выравнились два цветоделённых кадра

по отношению к третьему. Работа эта адская. НО! Результат стоит того. Старая кинохроника расцвела первозданными красками. Изображение стало резче и сочнее. Цветопередача в данном случае не зависит от качества красителей и матриц, чёрно-белые негативы не подвержены выцветанию. Как снято, так и получилось, вернее, какой был цвет объектов во время съёмки, такой он и на экране сегодня, через 70 лет. Думается, что сами авторы фильма в 1939 году и не подозревали о том, насколько более красочным может получиться их фильм, обладай они в то время современной техникой для сведения цветоделённых негативов советской трёхцветки. На эту мысль наводит сопоставление цветного варианта компьютерного сведения цветоделённых негативов и цветной копии 1939 года из РГАКФД, изготовленной методом хромированной желатины П.М. Мершина.

Но это сегодня. А тогда, в конце 30 годов XX века – это был пир красок, кино в натуральных цветах. Это был прорыв. Это

был Наш, советский процесс – процесс советской трёхцветки. Наш ответ американскому «Техниколору», который держал свои технологии в секрете. Московские и ленинградские специалисты разгадали его и создали свои технологии изготовления цветных копий с трёх цветоделённых негативов.

По способу П.М. Мершина студией «Мосфильм» были напечатаны и выпущены в прокат: «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), «Цветущая юность» (1939), «Цветные киноновеллы: Свинопас, Небо и ад» (1941), «Трофеи великих битв» (1943).

Первого апреля 1945 года на экран был выпущен первый и последний советский цветной полнометражный игровой фильм «ИВАН НИКУЛИН – РУССКИЙ МАТРОС»,



Кадр из фильма «Сказка о рыбаке и рыбке» (1937)



Три чёрно-белых цветоделённых позитива красного, зелёного и синего изображения из документального фильма «Цветущая юность» (1939)



Кадры из фильма «Иван Никулин – русский матрос» (1944)

снятый методом трёхцветки и отпечатанный по способу П.М. Мершина.

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

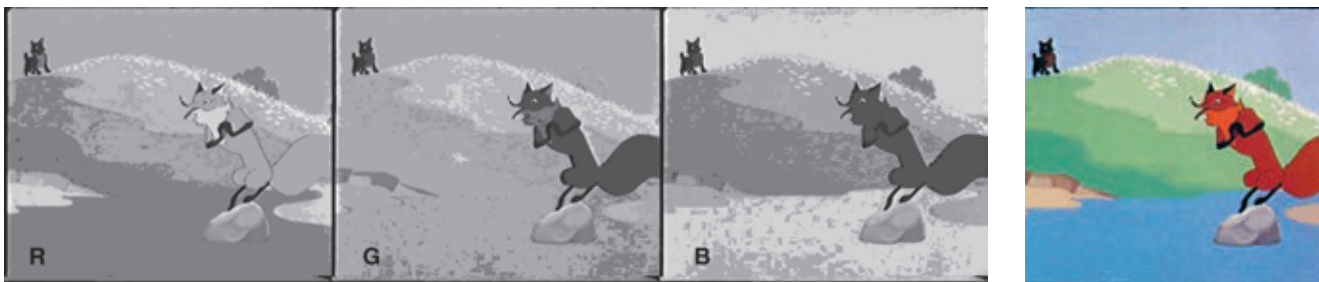


Кадр из мультфильма «Теремок» (1937)

ливая Родина» с музыкой И.О. Дунаевского и песнями на стихи В.И. Лебедева-Кумача. Главным оператором и техническим руководителем стал Ф.Ф. Проворов. Фильм задумывался как поэма о дружбе народов СССР, как грандиозный концерт, демонстрирующий искусство народов 11 союзных республик. Но после проведения съёмок «Физкультурного парада» на Красной площади летом 1938 года съёмки прекратились, и фильм не был завершён.

Не был закончен запущенный в производство в 1938 г. на «Ленфильме» цветной фильм режиссёра А.А. Народицкого и оператора В.В. Гарданова «Изобилие».

В середине 1940 года на киностудии «Союзмультфильм» началось освоение гидротипного способа печати. Начиная с мультфильма «Сладкий пирог» в 1937 году, на студии советским трёхцветным способом было снято несколько мультфильмов: «Дед Мороз и Серый волк», «Красная шапочка», (1937); «Кот в сапогах», «Сказка о царе Салтане», «Трудолюбивый петушок и беспечные мышки» (1938); «Таёжные друзья», «Мойдодыр», «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 мультфильм, снятый методом трёхцветки, «Зимняя сказка».



Цветоделённый чёрно-белый позитив и цветной гидротипный кадр из мультфильма «Утёнок» (1938)

Киноэтиюд режиссёров Ф. Эрмлера и И. Менакера с Павлом Кадочниковым в главной роли «Осень» (1940) можно по праву считать первым трёхцветным короткометражным игровым фильмом в СССР.

Первые успехи в освоении различных способов цветного кинематографа в СССР были отмечены Комитетом по делам кинематографии при СНК СССР: 9 ноября 1938 года «за освоение производства цветных кинокартин» была премирована большая группа кинематографистов. Среди них были П.М. Мершин, Ф.Ф. Проворов, Г.Г. Двигубский, Д.Н. Золотницкий, Л.П. Крылов, К.С. Ляликов, Б.К. Макаеев, А.А. Мин, Д.Г. Рымарев, Н.В. Соловьёв, В.А. Фроленко, К.П. Фролов, И.А. Чёрный.

Но не все проекты стали удачными и дошли до зрителя.

В 1938 году Григорий Васильевич Александров – «отец» «Весёлых ребят», приступил к съёмкам трёхцветным способом полнометражного музыкального фильма «Счаст-

С 1936 по 1945 год в СССР методом трёхцветки было снято и выпущено в прокат 43 цветных фильма: в 1937 году – 7 фильмов; 1938 – 9; 1939 – 9; 1940 – 9; 1941 – 4; 1943 – 2; 1944 – 2; 1945 – 3.

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 печати. В НИКФИ было освоено производство обеих плёнок для съёмки методом «Бипак», которые по многим показателям не уступали зарубежным аналогам фирм «Агфа», «Дюпон» и «Геверт». Разработки по улучшению трёхцветного процесса велись даже в годы Великой Отечественной войны. Многие из них пригодились для массового тиражирования цветных фильмов при всеобщем переходе на новый негативно-позитивный процесс цветного кинематографа.

ТРЁХЦВЕТНЫЕ НЕГАТИВНО-ПОЗИТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ AGFACOLOR (Агфаколор)

Негативно-позитивный цветной процесс «Agfacolor» был разработан и введён в эксплуатацию летом 1937 года в Германии киностудией «Universum Film A.G. (UFA)».

Новую цветную негативную плёнку «Agfacolor В» можно было экспонировать в обычной камере. Плёнка состояла из трёх светочувствительных эмульсионных слоёв (красного, зелёного и синего), нанесённых последовательно на основу плёнки. В каждый слой вводились специальные красящие вещества, которые в одноступенном процессе химико-фотографической обработки, наряду с соответствующим серебряным изображением, в каждом слое образовывали дополнительные цвета – голубой, пурпурный и жёлтый. После удаления серебра на плёнке оставалось красочное негативное изображение, состоящее из дополнительных цветов. С негатива производилась печать на такой же многослойной цветной плёнке, и таким образом получалась цветная позитивная копия.

Такая технология производства многослойной плёнки известна ещё под названием «integral tripack» (Интегральный тройной пакет).

Летом 1937 года по негативно-позитивному процессу «Agfacolor» был снят первый экспериментальный цветной игровой короткометражный фильм «EIN LIED VERKLINGT» (Отзвучит песня). Но этот фильм был выпущен на экран только 18 апреля 1939 года. А 15 декабря 1937 года на экраны Германии был выпущен короткометражный цветной фильм «DIE POSTKUTSCHE» (Почтовая карета), который считается первым в мире цветным фильмом по негативно-позитивному многослойному процессу «Agfacolor».

К 1940 году на плёнке «Agfacolor В» было снято несколько документальных фильмов, которые в том же году демонстрировались на фестивале документальных фильмов в Мюнхене.

И, наконец, 31 октября 1941 года на экраны Германии был выпущен первый в мире цветной полнометражный художественный фильм на многослойной негативной плёнке «Agfacolor» «FRAUEN SIND DOCH BESSERE DIPLOMATEN» (Женщины являются всё же лучшими дипломатами).

Съёмки фильма начались в 1939 году, когда процесс разработки новой системы не был окончательно завершён. Поэтому техники занимались постоянным совершенство-

ванием новой плёнки и аппаратуры. Новые технические идеи проверялись на практике, что приводило к постоянным пересъёмкам. Из-за этого съёмочная группа называла картину «Фильм, которому не будет конца».

Чувствительность плёнки была крайне низкая, и в отличие от чёрно-белой съёмки и даже цветной в системе Technicolor, требовалось колоссальное количество света. «Этому новому кино требовался свет, свет и ещё раз свет. Нас всех освещали, как руины крепости перед началом туристского сезона» – пишет в своих мемуарах Марика Рёкк.

У многих исполнителей началось воспаление конъюнктивы глаз, и всем пришлось носить тёмные очки, которые снимали при команде «Мотор» и поспешно прятали. Марика Рёкк пишет, что «посвящённые» имели потом полную возможность обнаружить на экране торчащую откуда-нибудь дужку очков. От яркого света страдали не только актёры, но и парики – рыжий парик за неделю съёмки превращался в канареечный, и его приходилось подкрашивать.

К концу съёмок разработчики настолько усовершенствовали качество плёнки, что вся съёмочная группа пришла «к единому мнению: вот теперь бы всё и начать сначала». По тем временам эти усовершенствования были значительными: светочувствительность киноплёнок, как типа «В» для дневного и дугового света, так и типа «G», для ламп накаливания, была увеличена. Уже в 1941 году фирма «Agfa» начала производство цветной негативной киноплёнки типа «Agfacolor В-2» для дневного света. Светочувствительность её без увеличения зернистости, ухудшения резкости и цветопередачи была увеличена до 10–13 DIN (9-16 ASA/8-16 ед. ГОСТ).

3 сентября 1942 года на X Международном кинофестивале в Венеции демонстрировался второй игровой полнометражный фильм на многослойной цветной плёнке «Agfacolor» «DIE GOLDENE STADT» (Золотой город), который завоевал два приза в номинации «Лучший цветной фильм».



Кадр из фильма «Frauen Sind Doch Bessere Diplomaten» (1941)

К своему 25-летию киностудия «UFA» с большим постановочным размахом при бюджете в 5 миллионов марок сняла цветную приключенческую комедию «MÜNCHHAUSEN» (Мюнхгаузен) и 3 марта 1943 года выпустила её в германский прокат. Фильм был снят по приказу министра пропаганды фашистской Германии Йозефа Геббельса (Josef Goebbels) как ответ Голливуду на его цветные фильмы, дескать, Германия может не хуже, а даже лучше. Фильм получился, действительно, очень хорошим и мудрым, о чём говорит его прокатная судьба – фильм с большим успехом демонстрировался во многих странах мира, многократно выпускался в немецкий прокат, последний раз – в 1996 году, а в 2005 году был выпущен на DVD массовым тиражом, причём в США.

У нас, в России, фильм был запрещён для показа в 1945 году из-за того, что Мюнхгаузен, по сюжету фильма, становится любовником русской императрицы Екатерины II. «Мюнхгаузену» в отечественном прокате не повезло, его положили на «трофейную полку», зато в массовый советский прокат выпустили цветную трофейную «Die Frau Meiner Träume» (Женщина моих грёз), под названием «Девушка моей мечты» с Марикой Рёкк в главной роли и огромным бюджетом (более 6 миллионов марок) на постановку.

С 1942 года «Agfa» начала массовый выпуск многослойных цветных негативных плёнок для кинематографии и фотографии. Успехи немецких учёных в разработке многослойных цветных киноматериалов повлияли на общий ход развития цветной кинопромышленности во всём мире после второй мировой войны.

19 апреля 1945 года, после тяжёлых боёв, американцы занимают немецкий город Вольфен (Wolfen), где находилась киноплёночная фабрика «Agfa». Американские техники и учёные имели возможность познакомиться с документацией и производством цветной плёнки, и в 1949 году американская компания «AnSCO», которая до вой-

ны была американским филиалом компании «Agfa», начала выпуск цветной многослойной негативной плёнки «Anscocolor» по технологии плёнки «Agfacolor».

30 июня 1945 года американские войска покинули Вольфен, и 1 июля в город вступают советские войска. В сентябре 1945 года «Agfa» восстановила производство негативных киноплёнок «Agfacolor B-2», «Agfacolor G» под советским управлением.

В начале 1946 года фирма «Agfa» была преобразована в Советскую акционерную компанию «Агфа-Вольфен», переименованную в 1950 году в «Оригинал Вольфен» – «ORWO». В 1953 году фотохимический комбинат «ORWO» был передан ГДР, и до 1989 года снабжал плёнками все страны восточной Европы.

В 1957 году был начат выпуск негативной цветной киноплёнки «Agfacolor CN17» чувствительностью 16 DIN (32 ASA/32 ед. ГОСТ), которая в 1959 году была увеличена до 17 DIN (40 ASA/40 ед. ГОСТ).

С 1947 года в СССР на киноплёночной фабрике № 3 (Шосткинский химзавод «Свема») было установлено демонтированное в Германии оборудование, и начался выпуск цветных негативных плёнок «ДС-1» для съёмки при дневном свете по технологии фирмы «Agfa».

В 1952 году киноплёночные фабрики № 3 («Свема») и № 8 («Тасма»), развивая технологии плёнки «Agfa», разработали и начали выпуск цветной многослойной негативной плёнки для ламп накаливания «ЛН-2». В этом же году киноплёночная фабрика № 3 начала выпуск цветной многослойной негативной плёнки для дневного света «ДС-2» чувствительностью 22 ед. ГОСТ (25 ASA/15 DIN).

Наличие трофейных материалов и восстановленное производство плёнки в Германии позволило начать производство и тиражирование советских цветных фильмов с очень высоким качеством цвета. Поэтому большинство фильмов, снятых и выпущенных в прокат в 50-е годы, были цветными.



Кадр из фильма «Берлинская конференция» (1945)

Строение цветной негативной плёнки «AGFACOLOR тип «B»



1 - красочувствительный слой.

Заключает в себе компоненту, образующую в процессе цветного проявления голубой краситель.

2 - зелёночувствительный слой.

Содержит компоненту, образующую пурпурный краситель.

3 - синечувствительный слой.

Содержит компоненту, образующую жёлтый краситель.

Так, в уже 1945 году в СССР по негативно-позитивному процессу «Agfacolor» на трофейной киноплёнке были сняты и выпущены в советский прокат пять документальных фильмов: «Парад победы», «Всесоюзный парад физкультурников», «Берлинская конференция», «Празднование XXVIII годовщины Октября в Москве» и «XXVIII Октябрь».

В этом же году советские цветные мультипликационные фильмы начали снимать на плёнке «Agfacolor». Первый из них – «Теремок» был выпущен в прокат в сентябре 1945 года. 22 марта 1947 года студия выпускает первый советский полнометражный цветной мультипликационный фильм режиссёра И.П. Иванова-Вано «Конёк-горбунок».

«Пир опричников» режиссёра С.М. Эйзенштейна и оператора А.Н. Москвина во второй серии фильма «Иван Грозный» положил начало освоения нового цветного процесса в советском игровом кинематографе. К сожалению, великим мастерам советского кино «трофейной» плёнки «Agfacolor B» хватило только для съёмки единственного цветного эпизода фильма продолжительностью около 18 минут. Известно, что С.М. Эйзенштейн планировал снимать третью серию «Ивана Грозного» уже полностью в цвете.

Нет ничего удивительного в том, что выдающийся киносказочник и мастер советского кино А.Л. Птушко, получив возможность снимать в цвете игровое кино, полностью и творчески реализовал возможности плёнки «Agfacolor» в фильме-сказке «Каменный цветок», и завоевал большой международный приз жюри за лучший цвет на Каннском кинофестивале в 1946 году.

1 июля 1947 года на экраны страны выходит второй цветной игровой фильм на многослойной цветной плёнке «Agfacolor» – «Старинный водевиль», ставший первым цветным фильмом творческой биографии режиссёра И. Савченко и оператора Е. Андриканиса.

Вслед за ЦСДФ, «Союзмультфильмом» и «Мосфильмом», негативно-позитивный процесс «Agfacolor» начинают внедрять другие киностудии СССР. Сектор хроники Тбилисской киностудии в 1946 году выпускает двухчастный цветной документальный фильм «Побережье Советской Грузии». «Моснаучфильм» выпускает в прокат два цветных фильма о художниках: «Живопись Репина» и «Живопись Шишкина».

В 1947 году на экраны страны выходит первый украинский полнометражный документальный фильм на многослойной цветной плёнке «Agfacolor» – «Советская

Украина». Этот фильм Украинской студии кинохроники положил начало целой серии цветных документальных фильмов о советских республиках.

Свой первый цветной фильм «Окно в невидимый мир» выпустила в 1947 году киностудия «Леннаучфильм».

Первый советский цветной стереоскопический научно-популярный фильм «Кристаллы» киностудии «Моснаучфильм» был также снят на киноплёнке «Agfacolor» в 1948 году.

27 ноября 1950 года выпущен на экран первый цветной игровой фильм киностудии «Ленфильм» – «Мусоргский», режиссёр Г.Л. Рошаль.

Также на киноплёнке «Agfacolor» киностудией «Ленфильм» снят первый в мире цветной стереоскопический фильм-опера «Алеко», выпущенный на экран 3 августа 1954 года.

Рост производства в СССР цветных игровых и мультипликационных фильмов по негативно-позитивному процессу «Agfacolor» с 1945 по 1954 г.

Год	Игровые		Мультфильмы	
	все	цв.	все	цв.
1945	19	1*	4	2
1946	23	2	7	7
1947	23	2	7	6
1948	17	2	11	11
1949	19	3	14	14
1950	12	10	15	15
1951	9	7	9	9
1952	24	13	8	8
1953	44	26	12	12
1954	51	33	20	20

*«Иван Грозный» (2 серия) закончен производством в 1945 году, выпущен на экран 1 сентября 1958 года

Благодаря успешному освоению на киностудиях Советского Союза негативно-позитивного процесса «Agfacolor», производство цветных игровых фильмов в СССР выросло с двух фильмов в 1946 году до 50 филь-

мов в 1956 году. Надо заметить, что в советской литературе по истории кино тщательно умалчивался факт использования трофейной плёнки «Agfa», в то время как более 100 цветных художественных фильмов в 50-е годы снято именно на этой плёнке.



Кадры из фильма «Каменный цветок» (1946)

После распада СССР производство цветной киноплёнки для кинематографии на киноплёночных фабриках России было практически свёрнуто. А цена на цветные киноматериалы украинской фирмы «Свема» дошла до уровня цен на киноплёнки известных зарубежных фирм, не достигнув их по уровню качества.

В настоящее время отечественные фильмы снимаются и печатаются на материалах фирм «Kodak», «Agfa», «Fuji» и других.

ANSCO COLOR (Анско Колор)

Американский аналог процесса «Agfacolor» введён в эксплуатацию фирмой «Aniline and Film Corp.» в 1947 году.

В 1946 году был снят на негативной киноплёнке «Anso Color Type 735» и отпечатан на позитивной киноплёнке «Anso Release Positive Film 732» экспериментальный цветной фильм «Elephants» (Слоны). Также была разработана и изготовлена плёнка для контратипирования «Anso Duplicating Film 132».

30 мая 1947 года на экраны был выпущен первый цветной документальный фильм «CLIMBING THE MATTERHORN» (Восхождение на Маттерхорн), снятый по системе «Anscocolor». Фильм завоевал премию «Оскар» за 1947 год в номинации «Лучший короткометражный документальный фильм в двух частях».

Первой цветной полнометражной игровой картиной, снятой по системе «Anscocolor», стал приключенческий фильм «16 FATHOMS DEEP», выпущенный на экран 25 июля 1948 года.

MAGICOLOR (Мэджиколор)

Название «Magicolor» использовалось в США для обозначения цветного негативно-позитивного процесса «Agfacolor», применяемого советскими кинематографистами в конце 40-х – начале 50-х годов XX века.

KONICOLOR (Кониколор)

Японский негативно-позитивный процесс начал разрабатываться компанией «Кониши Року» (Konishi Roku) в 1942 году, и уже в 1944 году был снят экспериментальный цветной фильм, но первый короткометражный цветной фильм «KAWAII SAKANAYA-SAN» (Маленький торговец рыбой) был снят и выпущен на экран только в 1953 году. И, наконец, в 1955 году был снят первый цветной полнометражный игровой фильм «Midori haruka-ni» (Far off of Green).

GEVACOLOR (Геваколор)

Бельгийский негативно-позитивный процесс, основанный на принципе «Agfacolor», появился в 1947 году, ког-

да был начат выпуск негативной плёнки «Gevacolor Negative Type 6.51» и позитивной плёнки «Gevacolor Print Type 9.51».

По негативно-позитивному процессу «Gevacolor» были сняты:

- первый венгерский цветной фильм «LÚDAS MATYI» (Лудаш Мати) (1950);
- первый австралийский цветной фильм «JEDDA» (Джедда) (1956).

EASTMAN COLOR (Истмэн Колор)

Процесс введён в эксплуатацию в 1950 году компанией «Eastman Kodak Company».

Он также основан на негативно-позитивном принципе, но цветная негативная плёнка «Eastman Color» включала очень важное нововведение по отношению к киноплёнкам «Agfacolor», «Gevacolor» и «Anscocolor» – добавление в эмульсию маскирующих компонент. В 1950 году фирма «Eastman Кодак» выпустила первую партию цветной маскированной негативной плёнки «Eastman Color Negative Safety Film 5247», в которой для осуществления требуемой цветоделительной коррекции в эмульсионные слои были введены окрашенные (маскирующие) компоненты. При применении таких компонент цветовоспроизведение в процессе печати улучшается вследствие оптической нейтрализации вредного действия побочных спектральных поглощений красителей, формирующих негативные изображения.

28 февраля 1952 года в Нью-Йорке состоялась премьера первого цветного документального фильма «ROYAL JOURNEY» (Королевская поездка), снятого по негативно-позитивному процессу «Eastman Color» на многослойной цветной плёнке «Eastman Color Negative Film 5247» и отпечатанного на многослойной позитивной плёнке «Eastman Color Print 5381».

Вестерн «THE LION AND THE HORSE» (Лев и Лошадь), выпущенный на экран 17 мая 1952 года, стал первым цветным игровым фильмом, для съёмок и тиражирования которого использовался полный комплект материалов негативно-позитивного процесса «Eastman Color».

По негативно-позитивному процессу «Eastman Color» были сняты и выпущены:

- первый в мире панорамный фильм «THIS IS CINERAMA» (Это – Синерама, 1952);
- первый в мире цветной широкоэкранный полнометражный игровой фильм «THE ROBE» (Плащаница, 1953);

Строение цветной негативной маскированной плёнки «Eastman Color Negative Film 5247»



1 - синечувствительный слой.

Заключает в себе компоненту, образующую в процессе цветного проявления жёлтый краситель. Излучения зелёной и красной зон спектра не воздействуют на этот слой.

2 - фильтровый жёлтый слой.

Нейтрализует действие активной синей зоны спектра на нижние светочувствительные слои.

3 - зеленочувствительный слой.

Содержит компоненту, образующую пурпурный краситель.

4 - красночувствительный слой.

Содержит компоненту, образующую голубой краситель.

5 - зелёный противореоловый слой.

Поглощает весь дошедший до него красный свет, исключая возможность ореолов



Кадр из панорамного фильма «Это – Синерама» (1952)

- первый в мире цветной широкоэкранный мультипликационный фильм «TOOT WHISTLE PLUNK AND BOOM» (Свистеть, гудеть, брэнчать и грохотать, 1953);

- первый в мире цветной стереоскопический мультипликационный фильм «MELODY» (Мелодия, 1953).

ЛИТЕРАТУРА

1. «Вестник кинематографии». М., 1913–1915.
2. «Вечерняя Москва».
3. «Вся кинематография». М., 1916.
4. «Журнал Синема». Ростов-на-Дону, 1913–1915.
5. «Звуковое кино». Сборник статей. М., 1930.
6. «Известия».
7. «Искусство кино».
8. «Кинема-Омниум». Слб, 1913–1915.
9. «Кино-газета». М., 1918.
10. «Комсомольская правда».
11. «Литературная газета».
12. «Московская кинонеделя». М., 1957–1982.
13. «Московские новости». М., 31 мая 1896.
14. «Московский листок». М., 26 мая 1896.
15. «Новости дня». М., 7 мая 1896.
16. «Петербургская газета». Слб., 4 мая 1896.
17. «Правда».
18. «Русский листок». М., 7 мая 1896.
19. «Советская культура».
20. «Туркестанский курьер». Ташкент, 1911.
21. 30 лет советской кинематографии. Сборник статей. М., Госкиноиздат, 1950.
22. *Allbee, Burton H.* Impressions of Kinemacolor films. *Moving Picture World* 5, 25.12.1909, p. 915–916.
23. Bell & Howell Standard Automatic Film Splicing Machines, 1929.
24. Bell & Howell Standard Continuous Film Printers, 1929.
25. *Brown Theodore.* My impressions of «Kinemacolor». *Moving Picture World* 6, 28.5.1910, p. 886.
26. *Cornwell – Clyne A.* Colour Cinematography. London, Chapman & Hall, 1951.
27. *Thomas D.B.* The First Colour Motion Pictures. London, 1969.
28. Eastman Kodak. Tinting and Toning of Eastman Positive Motion Picture Film. USA, Eastman Kodak, 1922.
29. *Glafkides P.* Photographic Chemistry. London, Fountain, 1960.
30. *Hayes R. M.* A History and Filmography of Stereoscopic Cinema. US, North Carolina, 1989.
31. How to Make and Operate Moving Pictures. US, Funk&Wagnalls, 1917.
32. *Ives F.E.* Color Toning of Cine Films. *Trans. SMPE*, No4, May, 1922.
33. Kinemacolor. Каталог за 1912 год.
34. *Kinematograph Weekly*, 11.07.1957.
35. Kinocolor Film Dyes, 1927.
36. *Komatsu, Hiroshi.* From Natural Colour To The Pure Motion Picture Drama: The Meaning Of Tenkatsu Company In The 1910s Of Japanese Film History. *Film History, Australia*, 7(1), c. 69–86, 1995.
37. La Production Cinematographique Des Frères Lumière.
38. Motion Picture Photography by Carl Louis Gregory F.R.P.S. – Edited by *Herbert McKay*, A.R.P.S. – published by Falk Publishing Co Inc, 1927.
39. Penrose's Pictorial Annual, vol. XIV, 1908.
40. *Ryan R.T.* A History of Motion Picture Colour Technology. London, Focal, 1977.
41. *The British Journal Of Photography*, 1906–1921.
42. *The British Journal of Photography*, December 6, 1907.
43. *The British Journal of Photography*, October 7, 1921.
44. *Агокас Н.* Цветное кино. М., Кинофотоиздат, 1936.
45. *Анощенко Н.Д.* Звучащая фильма в СССР и за границей. М., Теакинопечат, 1930.
46. *Валюс Н. А.* Стереоскопия. М., Изд-во АН СССР, 1962.
47. *Голдовский Е. М.* Советская кинотехника. М., Изд-во АН СССР, 1950.
48. *Голдовский Е.М.* Основы кинотехники. М., «Искусство», 1965.
49. *Голдовский Е. М.* Проблемы панорамного и широкоэкранный кинематографа. М., «Искусство», 1958.
50. *Голдовский Е.М.* Кинотехника в Европе (по материалам заграничной командировки), М., с. 258–266, 1937.
51. *Голдовский Е.М.* Принципы широкоформатного кинематографа. М., «Искусство», 1962.
52. *Голдовский Е.М.* Принципы широкоэкранный кинематографа. М., «Искусство», 1956.
53. *Головня А.Д.* Мастерство кинооператора. М., «Искусство», 1965.
54. *Горбачёв Б.К.* Техника комбинированных съёмок. М., «Искусство», 1958.
55. *Иванов Б. Т.* Растровая стереоскопия в кино. М., Госкомкиноиздат, 1945.
56. *Иванов Б. Т.* Стереокинотехника. М., «Искусство», 1956. Искусство миллионов. Сборник, М., «Искусство», 1958.
57. Кине-Журнал (Живая фотография). Москва, Ред.-изд. Перский Р.Д., М., 1910.
58. Кинемаколор, Санкт-Петербург, Ред. Забелин В.А. Изд. Чепурнов Е., 1910–1911.
59. Кинематограф, Одесса, Ред.-изд. Букареева М.А, 1910.
60. Кинематографический Театр, Санкт-Петербург, 1911–1912.
61. *Клейн А.* Цветная кинематография. М., Госкиноиздат, 1939.
62. *Лебедев Н.* Очерки истории кино СССР. Немое кино. М., «Искусство», 1965.
63. *Лучанский М.* Люди советского цветного кино. М., Госкиноиздат, 1939.
64. *Проворов Ф.Ф.* Больше внимания цветному кино. Журнал «Искусство кино», № 6, с. 62–63, 1938.
65. *Проворов Ф.Ф.* Почему нет цветных фильмов. «Правда», 19 апреля 1937.
66. *Соболев Р. П.* Люди и фильмы русского дореволюционного кино. М., «Искусство», 1961.
67. Советские художественные фильмы. Т. 1–5, М., «Искусство», 1961–1979.
68. *Фурдуев В В.* Кино завтра. М., Московский рабочий, 1929.
69. *Шипова Т.Н.* Фотографы Москвы (1839–1930). М., Совпадение, 2006.

ОП НИКФИ

За все годы предприятие, созданное как опытно – экспериментальная база института НИКФИ, обеспечивало решение целого ряда важнейших задач киноиндустрии. В тесном контакте с НИКФИ выполнялись опытно-экспериментальные работы в области создания аппаратуры для голографического и стереоскопического кинематографа, создания широкоэкранный, широкоформатного и панорамного фильма, кинокопировальной аппаратуры и проявочной техники, звукотехнического, осветительного оборудования и многого другого.



Предприятием, возглавляемым **Олег Иннокентьевичем Великханиным** (в ноябре этого года Олегу Иннокентьевичу исполнилось 65 лет, 30 из которых он проработал в качестве директора), были изготовлены сотни образцов изделий кинотехники: киносъёмочная, кинопроекторная аппаратура, вспомогательная операторская техника, оборудование для производства и обработки киноплёнки, оборудование для стереоскопического кинематографа, светотехническое, звуковое и электротехническое оборудование для киностудий и кинотеатров, контрольно-измерительные приборы, кинофототехническая и голографическая продукция.

Все эти работы осуществлялись сформированным Олегом Иннокентьевичем коллективом высококвалифицированных конструкторов, инженеров и рабочих.

Продукция предприятия эксплуатируется во многих кинотеатрах и киностудиях нашей страны. Бесперемоточные устройства типа УБК, разработанные и изготавливаемые Опытным производством, успешно эксплуатируются в десятках кинотеатров различных городов России.

Положительную оценку специалистов получили работы, выполненные в последние годы ФГУП «Опытное производство НИКФИ» совместно с ОАО «НИКФИ»: установка для покадровой ракурсной съёмки кукольных анимационных стереофильмов цифровыми методами, специальная платформа для стереокиносъёмочного комплекса на базе двух цифровых видеокамер. Продолжаются работы по созданию сканирующего устройства для перевода широкоформатных фильмовых материалов в цифровую форму.

В настоящее время предприятие разрабатывает и изготавливает кинотехнологическое оборудование, продолжает выполнять индивидуальные заказы кинопредприятий.

Автор статьи «XXI Пленарное заседание ИСО/ТК 36 «Кинематография» (журнал МТК, № 17, 2010 год) Н.С. Ковалевская приносит свои извинения читателям за отсутствие в опубликованном материале информации о спонсорах этого мероприятия.

Генеральным спонсором XXI Пленарного заседания ИСО/ТК 36 «Кинематография» выступило ООО «КИНОПРОЕКТ» совместно с фирмой Christie Digital Systems Canada, Inc. ООО «КИНОПРОЕКТ» выполняет все виды проектно-конструкторских, архитектурных и строительных работ по реконструкции и новому строительству кинотеатров, театров, концертных и развлекательных комплексов, поставке и монтажу кинотеатрального оборудования (<http://kino-proekt.ru/>, <http://www.christiedigital.com/>).

Спонсорами проведения мероприятия выступили также кинокопировальная фабрика «КОНВЕЙЕРЪ» и Компания «ДИП».

Московское кинопредприятие «Конвейеръ» (<http://knvr.ru/>) оснащено современными технологиями печати, обработки и контроля качества фильмовых материалов. Введённая в эксплуатацию в январе 2009 года, лаборатория «Конвейеръ» оснащена высокопроизводительным оборудованием из США и Европы и обеспечивает работу со всеми видами киноплёнки: Kodak, Agfa, Fuji, оптимизацию технологических процессов переработки отработанных фильмокопий и киноматериалов, снижающую до минимума возможность образования вредных отходов производства.

Санкт-Петербургская компания «ДИП» (<http://www.dip.spb.ru/>), основным направлением деятельности которой является разработка, производство оборудования и программного обеспечения для телерадиовещания на базе последних достижений электронной промышленности и новейших инструментов разработки программных продуктов. «ДИП» – компания полного цикла услуг в области строительства телевизионных вещательных комплексов, включая проектирование, монтаж, ввод в эксплуатацию, обучение персонала.

За оказанную помощь в подготовке и проведении мероприятия ОАО «НИКФИ» благодарит заместителя Министра культуры РФ Александра Алексеевича Голутву, заместителя директора Департамента кинематографии Министерства культуры РФ Игоря Александровича Каллистова, директора ООО «КИНОПРОЕКТ» Александра Юрьевича Рубина, директора «КОНВЕЙЕРЪ» Игоря Борисовича Кабищева, учредителя «КОНВЕЙЕРЪ» Дэвида Михайловича Шуфутинского и директора Санкт-Петербургской фирмы «ДИП» Александра Феликсовича Перегудова.