

ISSN: 1991-3400

World of Technique of Cinema (WTC)

Мир Кино

ТЕХНИКИ

ОКТАБРЬ-ДЕКАБРЬ | 2015-4(9) |

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ | филиал «НИКФИ» АО ТПО «Киностудия им. М. Горького» | ООО «ИПП «КУНА»» | Подписной индекс: 81923 в каталоге Роспечати | Scientific and Technical Journal | branch «Cinema and Photo Research Institute» JSC «Gorky Film Studio» | «ИПП «CUNA»» Ltd. | The subscription index 81923 in the catalog of Rospechat |

МЕЖДУНАРОДНАЯ
СТАНДАРТИЗАЦИЯ
СТАНДАРТ
SMpte ST 2084 2014

ЦВЕТНАЯ
ФОТОГРАФИЯ
МЕТОДОМ
ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ
ГЕЛИОХРОМИИ

ПРОБЛЕМА
АУТЕНТИЧНОСТИ
ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ
ЦВЕТНЫХ ФИЛЬМОВ

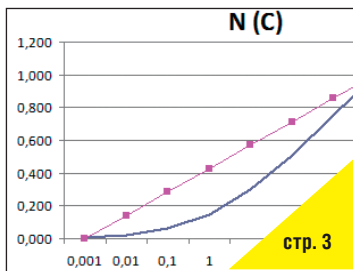
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ КИНО
НИКФИ В ГОДЫ
ВЕЛИКОЙ
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ВОЙНЫ

ФРАКТАЛЬНЫЕ
ГРАФИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ -

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ДЛЯ КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ



2015-4 (9) СОДЕРЖАНИЕ

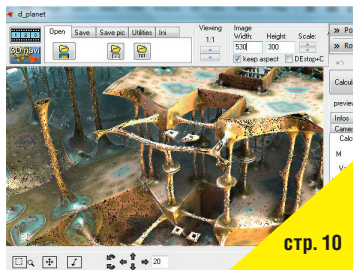


Стандартизация

В.А. Сычёв, ssytchov@mail.ru

Международная стандартизация. Стандарт SMPTE ST 2084 2014

3



Технологии

Н.К. Трубочкина, ntrubochkina@hse.ru, А.В. Лиховцева, likhovtsev@yandex.ru

Фрактальные графические образы – новые возможности для кино и телевидения

10



К.А. Занин, cosmoflot@mail.ru

Цветная фотография методом интерференционной гелиохромии

18

Мастер-класс

Н.А. Майоров, henrymay@mail.ru

Проблема аутентичности при восстановлении цветных фильмов

26



Страницы истории кино

Из архива В.Г. Комара

НИКФИ в годы Великой Отечественной войны

38

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: Филиал «НИКФИ» АО ТПО «КиноСтудия им. М. Горького», ООО «ИПП «КУНА»
 При финансовой поддержке ООО «ИПП «КУНА»
 Руководитель проекта: Костылев Олег Юрьевич
 Главный редактор:
 Индлин Юрий Александрович, к.т.н.
 Выпускающий редактор:
 Захарова Тамара Владимировна
 Арт-директор, оформление обложки:
 Шишкин Владимир Геннадьевич
 Верстка и дизайн: Аверина Наталия Владимировна
 Корректор: Сайкина Наталья Владимировна

Редакционный совет:
 Овечкис Ю.Н., д.т.н., «НИКФИ», г. Москва, РФ
 Вишняков Г.Н., проф., д.т.н., ФГУП «ВНИИОФИ», г. Москва, РФ
 Тихомирова Г.В., проф., д.т.н., СПбГУКИТ, г. Санкт-Петербург, РФ
 Сакварелидзе М.А., д.х.н., ВГИК, г. Москва, РФ
 Винокур А.И., д.т.н., МГУП им. И. Фёдорова, г. Москва, РФ
 Перегудов А.Ф., к.т.н., СПбГУКИТ, г. Санкт-Петербург, РФ
 Березин О.С., к.т.н., «Невафильм», г. Санкт-Петербург, РФ
 Барский И.Д., к.т.н., ВГИК, г. Москва, РФ
 Одинокое С.Б., д.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, РФ
 Раев О.Н., к.т.н., ВГИК, г. Москва, РФ
 Волков А.С., к.т.н., Министерство культуры РФ

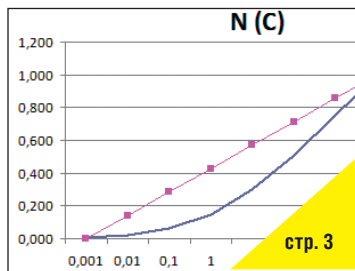
Отпечатано в ООО «ИПП «КУНА»
 Объем 5 п.л. Заказ № 135444.
 Тираж 1000 экземпляров.

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 и рецензентов не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей.

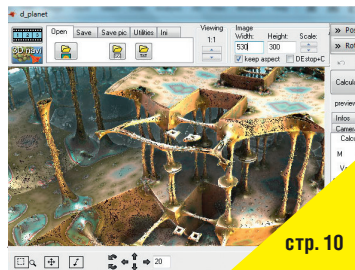
www.mtk-magazine.ru, e-mail: kevin@paradiz.ru
 телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97

2015-4 (9) CONTENT



Standardization

V. Sychov, *ssytchov@mail.ru*
International standardization. Standard SMPTE ST 2084 2014 3



Technology

N. Trubochkina, *ntrubochkina@hse.ru*; Likhovtseva A., *likhovtsev@yandex.ru*
Fractal images for new opportunities of film and television 10



K. Zanin, *cosmoflot@mail.ru*
Color photography by interference heliochromy method 18

Master- class

N. Mayorov, *henrymay@mail.ru*
The problem of authenticity at restoration color films 26



Movie history

From the archive of Komar VG
NIKFI in the years of Great Patriotic War 38

The requirements for the publication of scientific articles in the journal «World of technologue of cinema»:

1. Articles (papers) are submitted in electronic format, by mail Kevin@paradiz.ru, volume of no more than 40 000 characters.
2. Pictures must be sent as separate files in JPG or TIF format with a resolution of at least 300 dpi.
3. Articles (papers) should contain (in Russian and in English):
 - the name,
 - annotation,
 - keywords.
4. Authors must conclude a license agreement for publication.
5. Graduate students are not charged for publication.

Electronic version www.elibrary.ru

Subscription index Rospechat: № 81923

Scientific and Technical Journal World of Technique of Cinema is published 4 times per year

Publisher by IPP «CUNA» Ltd.
Founded by IPP «CUNA» Ltd. and branch «Cinema and photo research institute» JSC «Gorky film studio».

Certificate of Registration Media-PI № FS77-28384
May 23, 2007.

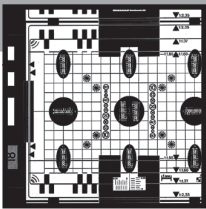
www.mtk-magazine.ru,
e-mail: kevin@paradiz.ru,
tel.(fax): +7 (495)795-0297,795-0299

Chairman Ph.D. Yu.Indlin

Board of Editors Editorial Review Board:
Ph.D. Yu. Ovechkis, «NIKFI», Moscow, RF
Ph.D. G. Tihomirova, SPbGUCT, Sankt-Petersburg, RF
Ph.D. G. Vishnyakov, FSUE «VNIIOFI», Moscow, RF
Ph.D. M. Sakvarelidze, VGIK, Moscow, RF
Ph.D. A. Vinokur, Fedorov MSUP, Moscow, RF
Ph.D. O. Berezin, Nevafilm, Sankt-Petersburg, RF
Ph.D. C. Odinkov, Bauman MSTU, Moscow, RF
Ph.D. A. Peregudov, SPbGUCT, Sankt-Petersburg, RF
Ph.D. I. Barsky, VGIK, Moscow, RF
Ph.D. O. Raev, VGIK, Moscow, RF
Ph.D. A. Volkov, Ministry of Culture RF.

No part of this issue may be reproduced without written permission of the publisher, reference to the journal is obligatory. World of Technique of Cinema owns the copyrights to all published material, unless otherwise stated. Statements and opinions expressed in articles or editorials are expressions of contributors and do not necessarily represent the policies or opinions of Board of Editors. Opinion of editorial boards and of reviewers do not always coincides with the point of view of authors of articles. Advertisments appearing in the publication are the sole responsibility of the advertiser.

Printed in Russia.



МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ. Стандарт SMPTE ST 2084 2014



В.А. Сычѳв, к.т.н., Филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут» АО «ГПО «Киностудия им. М. Горького», Москва, РФ, ssytchov@mail.ru

Аннотация

В статье приведѳн перевод стандарта SMPTE ST 2084 2014, а также анализ результатов преобразования цифровых значений цвета в соответствии с уравнениями, задаваемыми стандартом. Показано, что в ряде случаев применение стандарта может приводить к появлению артефакта дискретизации, известного как ложные контуры или контуры квантования. Предложена логарифмическая функция электронно-оптического преобразования, позволяющая исключить возможность появления контуров квантования при дискретизации значений цвета.

Ключевые слова: стандарт, функция электронно-оптического преобразования, широкий динамический диапазон, яркость, значение цвета, цифровое кодовое значение.

На 23 Пленарном заседании технического комитета «Кинематография» Международной организации по стандартизации (ИСО/ТК 36), состоявшемся в августе 2015 года [Кучеренко, 2015], делегатам для ознакомления был представлен стандарт **SMPTE ST 2084 2014 High Dynamic Range Electro-Optic Transfer Function of Mastering Reference Displays** [SMPTE, 2014, [www](http://www.smpthe.org)], разработанный Технологическим комитетом 10 E SMPTE. Ниже приведѳн авторский перевод основных разделов стандарта, за которым следует обсуждение некоторых его деталей.

Введение

Данный стандарт определяет функцию электронно-оптического преобразования (ФЭОП) (и выводимую из него обратную ФЭОП) эталонных дисплеев с широким динамическим диапазоном, используемых для мастеринга вещательного контента.

Стандарт определяет ФЭОП для диапазона яркостей от 0 до 10.000 кд/м². Поскольку преобразование относится

INTERNATIONAL STANDARDIZATION. STANDARD SMPTE ST 2084 2014

Sytchov V., PhD, Russia, ssytchov@mail.ru

Abstract

The paper contains translation of SMPTE ST 2084 2014 standard as well as analysis of digital color values transfer in accordance with equations of the standard. It is shown that in some cases the standard application can cause the contouring artifact. The logarithmic electro-optical transfer function is proposed. The contouring artifacts are excluded when logarithmic transfer function is applied for inverse electro-optical nonlinear encoding.

Keywords: standard, electro-optical transfer function, high dynamic range, luminance, color value, digital code value.

к абсолютным яркостям, предполагается, что при просмотре дисплея используется определенное эталонное окружение, два примера которого приведены в Приложении Б.

ФЭОП не задаѳт предпочтительного рендеринга для любых конкретных условий наблюдения. Модификации изображения для получения необходимого контраста, цветности, видимости деталей в светах и тенях для каждого конкретного выходного уровня должны выбираться в процессе мастеринга. Данная ФЭОП предоставляет возможность использования расширенного диапазона яркостей при создании видеоизображений. Для согласования показа на устройствах с различной выходной яркостью средние уровни изображения, вероятно, останутся такими же; т.е. средние экспозиции будут отображаться такими же уровнями яркости, какие приняты сейчас для видео или кино. С данной ФЭОП для верхнего диапазона экспозиций сцены не потребуется компрессии, как в традиционном видео, что позволит отображать изображения с повышенным реализмом и ощущением присутствия.

Эталонная ФЭОП базируется на характеристиках зрительного восприятия и определяется уравнением с четырьмя независимыми параметрами. Она задаёт эффективное преобразование из цифровых кодовых значений с разрядностью не менее 10 бит в абсолютные яркости с диапазоном от 0 до 10.000 кд/м².

Системы, реализующие такую ФЭОП, будут способны воспроизвести 10.000 кд/м² в своей белой точке, но не для всех остальных точек цветности. Например, для реализации в системе XYZ 10.000 кд/м² может быть отображено в равноэнергетической белой точке E, а для D65 возможно отображение только 9187 кд/м². Для реальных устройств отображения данная ФЭОП может рассматриваться как номинальная цель. Реальные дисплеи будут отличаться от абсолютной кривой вследствие выходных ограничений и неидеальных условий просмотра.

3 Термины

Следующие термины применимы только в контексте данного документа:

3.1 Значение цвета (Color Value)

Число, соответствующее количеству цветовой компоненты (R, G, B или Y) элемента изображения.

3.2 Цифровое кодовое значение (Digital Code Value)

Цифровое представление сигнала изображения. Обычно представляет нелинейные значения цвета.

3.3 Функция электронно-оптического преобразования – ФЭОП (Electro-Optical Transfer Function – EOTF)

Соотношение между нелинейными значениями цвета, подаваемыми на устройство отображения, и линейными значениями яркости, воспроизводимыми устройством.

3.4 Широкий динамический диапазон (High Dynamic Range)

Термин, используемый для описания изображений или устройств отображения с диапазоном яркостей большим, чем в традиционных системах. В настоящем стандарте уровень пиковой яркости ограничен 10.000 кд/м².

3.5 Линейное значение цвета (Linear Color Value)

Значение цвета, обозначаемое L , нормированное к диапазону [0,1], прямо пропорциональное оптическому выходу устройства отображения. Оно не пропорционально кодированному представлению сигнала.

3.6 Нелинейное значение цвета (Nonlinear Color Value)

Значение цвета, обозначаемое N , нормированное к диапазону [0,1], прямо пропорциональное кодированному представлению сигнала. Оно не пропорционально оптическому выходу устройства отображения.

4 Эталонная ФЭОП

4.1 Линеаризация и масштабирование

ФЭОП преобразует нелинейное значение цвета N в выходное оптическое значение C . ФЭОП следует разделить на два шага: линеаризацию и последующую калибровку, как определено в 4.2 и 4.3.

4.2 ФЭОП – линеаризация

Линейные значения цвета, пропорциональные желаемому оптическому выходу L , связаны с нелинейными значе-

ниями цвета, пропорциональными входному сигналу N . Эта связь определяется уравнением линеаризации ФЭОП:

Уравнение 4.1

$$L = \left(\frac{\max\left[\left(N^{1/m_2} - c_1\right), 0\right]}{c_2 - c_3 N^{1/m_2}} \right)^{1/m_1}$$

где:

N – нелинейное значение цвета

L – соответствующее линейное значение цвета

$m_1 = 2610/4096 \times 1/4 = 0.1593017578125$

$m_2 = 2523/4096 \times 128 = 78.84375$

$c_1 = 3424/4096 = c_3 - c_2 + 1 = 0.8359375$

$c_2 = 2413/4096 \times 32 = 18.8515625$

$c_3 = 2392/4096 \times 32 = 18.6875$

4.3 ФЭОП – калибровка уровня

Уравнение линеаризации построено таким образом, чтобы соответствовать контрастной чувствительности человеческого зрения в выбранном диапазоне яркостей, поэтому в абсолютных значениях оптический выход должен быть определён уравнением 4.2:

Уравнение 4.2

$$C = 10000 L$$

где:

L – линейное значение цвета

C – соответствующее значение оптического выхода, представляющее яркость в кд/м², когда все три компонента линейной аддитивной системы равны L , или

система содержит линейную яркостную компоненту Y , равную L , а две другие цветковые компоненты имеют значение соответствующей белой точки.

Смысл этого соотношения в том, что когда система выдаёт белую точку некоторого нормированного уровня L в диапазоне от 0 до 1, оптический выход C идеального эталонного дисплея будет иметь значение от 0 до 10.000 кд/м².

4.4 Эталонные условия наблюдения при мастеринге

Условия наблюдения вносят вклад в восприятие изображений на эталонном дисплее. Некоторые примеры условий наблюдения при мастеринге представлены в Приложении В.

5 Эталонная обратная функция электронно-оптического преобразования ОФЭОП

5.1 Линеаризация и масштабирование

ОФЭОП преобразует значения оптического выхода C в нелинейные значения цвета N . ОФЭОП следует разделить на два шага: нормирование и последующее нелинейное кодирование, как определено в пунктах 5.2 и 5.3.

5.2 ОФЭОП – нормирование

Нормирование в ОФЭОП определяется следующим уравнением:

Уравнение 5.1

$$L = C/10000$$

где:

C – значение оптического выхода

L – соответствующее линейное значение цвета.

C представляет яркость в кд/м^2 , когда все три компонента линейной аддитивной системы синтеза равны L или

система содержит линейную яркостную компоненту Y , равную L , а две другие цветовые компоненты имеют значение соответствующей белой точки.

5.3 ОФЭОП – нелинейное кодирование

Уравнение нелинейного кодирования ОФЭОП определяется следующим образом:

Уравнение 5.2

$$N = \left(\frac{C_1 + C_2 L^{m_1}}{1 + C_3 L^{m_1}} \right)^{m_2}$$

где:

L – линейное значение цвета

N – соответствующее нелинейное значение цвета

Параметры c и m имеют те же значения, что и в уравнении 4.1.

Приложение А (информативное). Примеры цифрового представления

А.1 Цифровые представления

Приложение показывает три примера цифровых представлений, кодирующих нелинейные компоненты в цифровые коды. В первом примере используются все доступные кодовые значения, второй и третий примеры построены таким образом, что резервные кодовые значения для традиционного видео не используются, но поддерживается совместимость диапазонов для различной глубины квантования от 10 до 16 бит на компонент.

А.2 Полнодиапазонное преобразование кодовых значений

Кодовые значения в полном диапазоне рассчитываются следующим образом:

Уравнение А.1

$$CV_F = \text{Floor}((2^b - 1)N + 0.5)$$

где:

N – нелинейное значение цвета от 0 до 1

CV_F – результирующее полнодиапазонное цифровое кодовое значение

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

Функция Floor возвращает наибольшее целое значение, не большее своего аргумента.

Такое масштабирование переводит экстремальные значения N в кодовые слова:

0h (0) и 3FFh (1023) при 10-битном представлении,

0h (0) и FFFh (4095) при 12-битном представлении,

0h (0) и 3FFFh (16,383) при 14-битном представлении,

0h (0) и FFFFh (65,535) при 16-битном представлении.

А.3 Обратное полнодиапазонное преобразование кодовых значений

Нормированные нелинейные значения цвета N рассчитываются из полнодиапазонных кодовых значений следующим образом:

Уравнение А.2

$$N = CV_F / (2^b - 1)$$

где:

CV_F – компонентное полнодиапазонное цифровое кодовое значение

N – нелинейное значение цвета от 0 до 1

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

А.4 Резервные кодовые значения

В некоторых современных последовательных интерфейсах, таких как SMPTE ST 292-1, кодовые значения, у которых все 8 старших битов нулевые или единичные, например:

от 000h (0) до 003h (3) и от 3FCh (1020) до 3FFh (1023) в случае 10-битных систем или

от 000h (0) до 00Fh (15) и от FF0h (4080) до FFFh (4095) в случае 12-битных систем – используются для синхронизации и исключаются из видео или вспомогательных данных/сигналов. Аналогично для 14 и 16-битных систем.

Исключённые значения:

Глубина битности системы	Нижние исключённые значения	Верхние исключённые значения
10-битные системы	от 000h(0) до 003h(3)	от 3FCh(1020) до 3FFh(1023)
12-битные системы	от 000h(0) до 00Fh(15)	от FF0h(4080) до FFFh(4095)
14-битные системы	от 0000h(0) до 003Fh(63)	от 3FC0h(16,320) до 3FFFh(16,383)
16-битные системы	от 0000h(0) до 00FFh(255)	от FF00h(65,280) до FFFFh(65,535)

А.5 Преобразование кодовых значений SDI диапазона

Кодовые значения SDI диапазона рассчитываются следующим образом:

Уравнение А.3

$$CV_S = \text{Floor}(1015DN + 4D + 0.5)$$

где:

N – нелинейное значение цвета от 0 до 1

CV_S – результирующее цифровое кодовое значение SDI диапазона

$$D = 2^{b-10}$$

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

Функция Floor возвращает наибольшее целое значение, не большее своего аргумента.

Такое масштабирование переводит экстремальные значения N в кодовые слова:

04h (4) и 3FBh (1019) при 10-битном представлении,

10h (16) и FECh (4076) при 12-битном представлении,

40h (64) и 3FB0h (16,304) при 14-битном представлении,

100h (256) и FEC0h (65,216) при 16-битном представлении.

А.6 Обратное преобразование кодовых значений SDI диапазона

Нормированные нелинейные значения цвета N рассчитываются из кодовых значений SDI диапазона следующим образом:

Уравнение А.4

$$N = (CV_S - 4D) / 1015D$$

где:

CV_S – компонентное цифровое кодовое значение SDI диапазона

N – нелинейное значение цвета от 0 до 1

$$D = 2^{b-10}$$

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

A.7 Узкодиапазонное преобразование кодовых значений

Кодовые значения в узком диапазоне рассчитываются следующим образом:

Уравнение A.5

$$CV_N = \text{Floor}(876DN + 64D + 0.5)$$

где:

N – нелинейное значение цвета от 0 до 1

CV_N – результирующее узкодиапазонное цифровое кодовое значение

$$D = 2^{b-10}$$

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

Функция *Floor* возвращает наибольшее целое значение, не большее своего аргумента.

Такое масштабирование переводит экстремальные значения N в кодовые слова:

40h (64) и 3ACh (940) при 10-битном представлении, 100h (256) и E0h (3760) при 12-битном представлении, 400h (1024) и 3A0h (15,040) при 14-битном представлении, 1000h (4096) и E00h (60,160) при 16-битном представлении.

A.8 Обратное преобразование кодовых значений узкого диапазона

Нормированные нелинейные значения цвета N рассчитываются из кодовых значений узкого диапазона следующим образом:

Уравнение A.6

$$N = (CV_N - 64D) / 876D$$

где:

CV_N – компонентное узкодиапазонное цифровое кодовое значение

N – нелинейное значение цвета от 0 до 1

$$D = 2^{b-10}$$

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

A.9 Ограничительная функция для обратного преобразования кодовых значений

Хотя нелинейные кодовые значения N нормированы к диапазону $[0,1]$, для практических систем часто бывает полезно иметь возможность обрабатывать значения меньше 0 или больше 1. Для сигналов SDI и узкого диапазона для реальных кодовых слов может потребоваться представить эти значения. В этих случаях важно добавить ограничительную функцию, в явном виде ограничивающую нелинейные кодовые значения диапазоном $[0,1]$.

A.10 Обратное преобразование кодовых значений SDI диапазона с ограничением

Нормированные и ограниченные нелинейные значения цвета N рассчитываются из цифровых кодовых значений SDI диапазона следующим образом:

Уравнение A.7

$$N = \min\{\max[(CV_S - 4D) / 1015D, 0], 1\}$$

где:

CV_S – компонентное цифровое кодовое значение SDI диапазона

N – нелинейное значение цвета, ограниченное от 0 до 1

$$D = 2^{b-10}$$

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

A.11 Обратное преобразование кодовых значений узкого диапазона с ограничением

Нормированные и ограниченные нелинейные значения цвета N рассчитываются из цифровых кодовых значений узкого диапазона следующим образом:

Уравнение A.8

$$N = \min\{\max[(CV_N - 64D) / 876D, 0], 1\}$$

где:

CV_N – компонентное цифровое кодовое значение узкого диапазона

N – нелинейное значение цвета, ограниченное от 0 до 1

$$D = 2^{b-10}$$

b – число от 10 до 16 включительно, соответствующее количеству бит в кодовом слове.

Приложение Б (информативное). Примеры эталонных условий наблюдения

Б.1 Совместимость с условиями производства традиционных программ

Желательно, чтобы программы, использующие широкодиапазонную ФЭОП, создавались в тех же условиях окружающего освещения, что и при использовании традиционной ФЭОП. Это позволит в одном месте производить контент как для традиционного, так и для широкодиапазонного форматов простым переключением ФЭОП контрольного дисплея. Благодаря такой методологии можно старый контент непосредственно вставлять в новые широкодиапазонные программы без необходимости воздействия на исходное творческое решение старого контента. Ниже приведены два примера эталонных условий для кинематографических и ТВЧ приложений.

Б.2 Эталонные условия наблюдения для ТВЧ

Часть 1 Приложения 1 Рекомендаций ITU-R BT.2035 описывает эталонные условия наблюдения для ТВЧ, включая освещённость помещения 10 лк, цветность фона D_{65} и яркость фона от 8 до 12 кд/м² (на основании Части 1.1.c и Части 3.2). Не кинематографические контрольные дисплеи, использующие широкодиапазонную ФЭОП, должны работать при тех же трёх условиях.

Б.2 Эталонные условия наблюдения для цифрового кинематографа

Часть 6 SMPTE RP 431-2 описывает эталонные условия наблюдения для цифрового кинематографа, включая чёрную неотражающую отделку всех поверхностей, утопленные источники света с необходимыми масками и фильтрами, и яркость окружающего света, отражаемого от экрана, менее 0.01 кд/м². Кинематографические

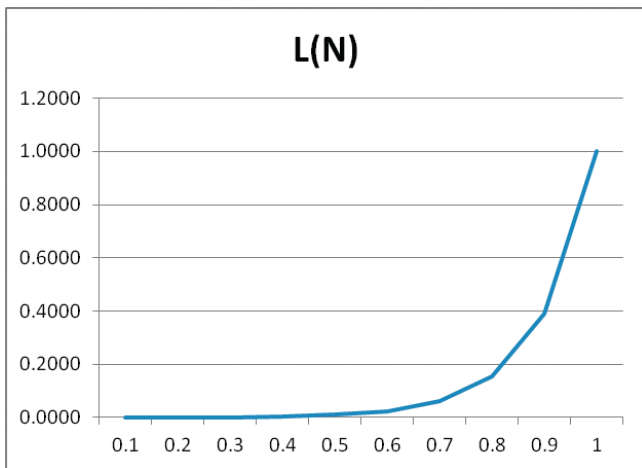


Рис. 1. Нормированная функция электронно-оптического преобразования

Fig. 1. Normalized EOTF. Equation 4.1.

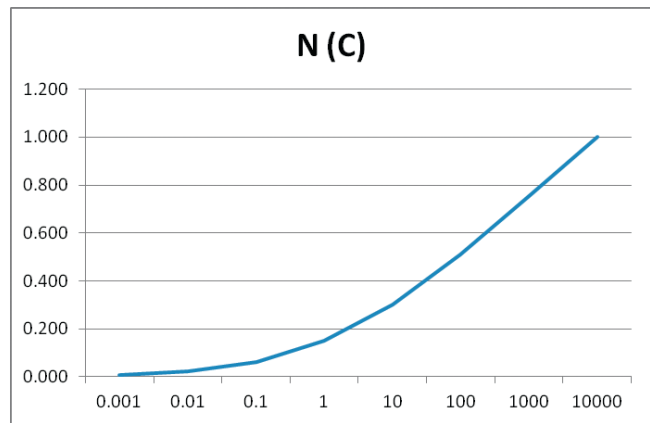


Рис. 2. Обратная функция электронно-оптического преобразования N(C)

Fig. 2. Inverse-EOTF. Equations 5.1 and 5.2.

контрольные дисплеи, использующие широкодиапазонную ФЭОП, должны работать при тех же трёх условиях.

Приложение В (информативное). Пример использования обратной ФЭОП

Чтобы прояснить введение обратной ФЭОП в рамках данного документа, предлагается следующий пример. В системах мастеринга при производстве эпизодов система цветокоррекции является обычно входом для контрольного мастерингового дисплея. Система цветокоррекции обычно работает с линейными сигналами с плавающей точкой, и эти сигналы должны быть конвертированы из линейных в нелинейные значения, ожидаемые дисплеем. Если в дисплее реализована ФЭОП, определённая в данном документе, то в системе цветокоррекции должна быть использована обратная ФЭОП для преобразования подаваемых в дисплей сигналов из линейных в нелинейные.

Табл. 1. Относительные приращения яркости и приращения в единицах оптической плотности при увеличении нелинейных кодовых значений CV_F (уравнение A.1) на 1

Table 1. Relative and logarithmic difference for CV_F (Equation A.1) incrementation

C (кд/м ²)	ΔC / C, %				lg(1+ΔC/C)			
	10	12	14	16	10	12	14	16
0,001	15,9	8,4	1,3	0,4	0,06	0,04	0,01	0,00
0,01	9,5	2,3	0,6	0,1	0,04	0,01	0,00	0,00
0,1	4,6	0,7	0,2	0,0	0,02	0,00	0,00	0,00
1	1,2	0,5	0,2	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
10	1,8	0,2	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
100	1,2	0,3	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1000	0,8	0,3	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
10000	0,9	0,2	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00

Комментарии к стандарту SMPTE ST 2084 2014

На рисунке 1 приведены результаты расчёта по формуле 4.1.

Результаты расчёта по формулам 5.1 и 5.2 приведены на рисунке 2 в логарифмическом масштабе.

График 2 показывает, что нелинейное преобразование, определяемое SMPTE ST 2084, в достаточно широком диапазоне яркостей (включающем диапазон яркостей цифрового кинематографа) близко к логарифмическому – график почти линейен при аргументе от 1 до 10000 кд/м². К сожалению, при низких значениях яркости градиент функции снижается. Покажем, к чему это приводит при дискретизации.

Рассмотрим полнодиапазонное преобразование кодовых значений – равенства A1 и A2. В таблице 1 приведены значения яркости и относительное приращение яркости при увеличении CV_F на 1 при различных уровнях яркости C.

Как видно из таблицы 1, для малых яркостей при 10- и 12-битном кодировании приращение яркости на единичное приращение CV_F оказывается больше порога различения, который в практике киноплёночного кинематографа считается равным 0.02 D. Это может приводить к появлению артефакта дискретизации, известного как ложные контуры или контуры квантования, которые появляются на участках изображения с плавно и непрерывно изменяющейся яркостью [Сычѳв, 2008, 15].

Рекомендуемая практика SMPTE RP 431-2:2011 [SMPTE, 2011, www] для максимального уровня внешней засветки в просмотровых залах предлагает значение 0.01 кд/м². При 10-битном кодировании на этом уровне яркости

получаются относительное и логарифмическое приращение 9.5% и 0.04 D, соответственно. Если считать значение 0.01 кд/м² нижним уровнем яркости современного цифрового кинематографа, получается, что дискретизация в соответствии с SMPTE ST 2084 при 10-битном кодировании может приводить к появлению ложных контуров.

Таким образом, стандарт SMPTE ST 2084 стимулирует производителей фильмов обновлять линейку оборудования. Хотя надо признать, что в условиях обычного кинотеатра такие уровни яркости и, соответственно, проявление ложных контуров, заложенных при дискретизации, крайне маловероятны.

Ситуация с дискретизацией сигналов SDI и узкого диапазона аналогична:

Табл. 2. Относительные приращения яркости и приращения в единицах оптической плотности при увеличении нелинейных кодовых значений CV_s (уравнение A.3) на 1
Table 2. Relative and logarithmic difference for CV_s (Equation A.3) incrementation

C (кд/м ²)	ΔC / C, %				lg(1+ΔC/C)			
	10	12	14	16	10	12	14	16
0,001	17,5	10,1	1,1	0,3	0,07	0,04	0,00	0,00
0,01	11,2	1,8	0,6	0,2	0,05	0,01	0,00	0,00
0,1	2,7	0,9	0,2	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1	1,6	0,6	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
10	1,0	0,4	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
100	1,3	0,3	0,0	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1000	0,8	0,1	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
10000	0,9	0,2	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00

Табл. 3. Относительные приращения яркости и приращения в единицах оптической плотности при увеличении нелинейных кодовых значений CV_n (уравнение A.5) на 1
Table 3. Relative and logarithmic difference for CV_n (Equation A.5) incrementation

C (кд/м ²)	ΔC / C, %				lg(1+ΔC/C)			
	10	12	14	16	10	12	14	16
0,001	53,26	7,54	1,35	0,34	0,19	0,03	0,01	0,00
0,01	12,94	1,90	0,56	0,23	0,05	0,01	0,00	0,00
0,1	6,16	0,62	0,35	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00
1	1,46	0,33	0,19	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
10	2,14	0,31	0,13	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
100	1,06	0,20	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
1000	1,48	0,16	0,09	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
10000	1,10	0,27	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00

Как видно из приведённого анализа, в жертву расширенному диапазону принесли точность тоновоспроизведения глубоких теней в случае полнодиапазонного и SDI преобразований и не очень глубоких теней в случае узкодиапазонного преобразования.

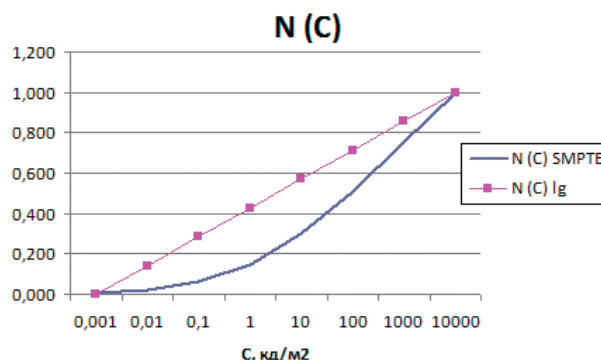


Рис. 3. Обратная функция электронно-оптического преобразования N(C)

Fig. 3. Inverse-EOTF. Equations 5.2 and K.1.

При этом следует отметить, что главной причиной проблемы является приерженность разработчиков стандарта (как и при кодировании цвета DCDM) степенному нелинейному преобразованию (4.1 и 5.2), характерному для моделей преобразования телевизионных сигналов. Отечественная кинематографическая школа цветовоспроизведения [Артюшин, 1970] всегда оперировала логарифмированными световыми сигналами, по отношению к которым и плёнка, и человеческий глаз дают линейный отклик. Покажем, что получится, если заменить степенное преобразование логарифмическим.

Уравнение K.1

$$N = 1 + \lg(L)/7$$

Уравнение K.2

$$L = 10^{7(N-1)}$$

На рис. 3 график логарифмического преобразования (уравнение K.1) приведён вместе с графиком степенного преобразования (уравнение 5.2).

Соответствующие расчёты относительных приращений на единицу кодового значения приведены в таблицах 4–6.

Относительные приращения, как и следовало ожидать, постоянны во всём диапазоне яркостей и не превышают порога восприятия для всех трёх вариантов дискретизации.

В ближайшем будущем этот стандарт SMPTE будет поставлен на обсуждение для принятия в качестве международ-

ного стандарта ISO. Для выработки позиции российской рабочей группы мы приглашаем членов кинематографического сообщества высказать своё мнение по данному документу. Ваши соображения и замечания направляйте по адресу: ssyтчov@mail.ru ■

Табл. 4. Полнодиапазонное преобразование. Относительные приращения яркости и приращения в единицах оптической плотности при увеличении нелинейных кодовых значений CV_F (уравнение A.1) на 1

Table 4. Logarithmic Inverse-EOTF. Full Range Code Value Mapping. Relative and logarithmic difference for CV_F incrementation

C (кд/м ²)	$\Delta C / C, \%$				$\lg(1+\Delta C/C)$			
	10	12	14	16	10	12	14	16
0,001	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
0,01	1,4	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
0,1	1,1	0,4	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,9	0,4	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
10	2,3	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
100	2,0	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1000	1,8	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
10000	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00

Табл. 5. SDI преобразование. Относительные приращения яркости и приращения в единицах оптической плотности при увеличении нелинейных кодовых значений CV_S (уравнение A.3) на 1

Table 5. Logarithmic Inverse-EOTF. SDI Range Code Value Mapping. Relative and logarithmic difference for CV_S incrementation

C (кд/м ²)	$\Delta C / C, \%$				$\lg(1+\Delta C/C)$			
	10	12	14	16	10	12	14	16
0,001	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
0,01	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
0,1	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
10	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
100	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1000	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
10000	1,6	0,4	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00

Табл. 6. Узкодиапазонное преобразование. Относительные приращения яркости и приращения в единицах оптической плотности при увеличении нелинейных кодовых значений CV_N (уравнение A.5) на 1

Table 6. Logarithmic Inverse-EOTF. Narrow Range Code Value Mapping. Relative and logarithmic difference for CV_N incrementation

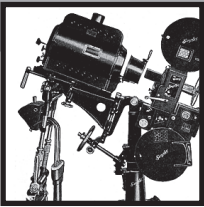
C (кд/м ²)	$\Delta C / C, \%$				$\lg(1+\Delta C/C)$			
	10	12	14	16	10	12	14	16
0,001	1,9	0,5	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
0,01	1,6	0,7	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
0,1	1,3	0,4	0,2	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1	1,1	0,6	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
10	2,7	0,3	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
100	2,4	0,5	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
1000	2,1	0,3	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00
10000	1,9	0,5	0,1	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00

ЛИТЕРАТУРА

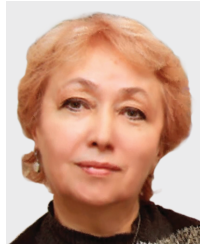
1. Recommendation ITU-R BT.2035, A Reference Viewing Environment for Evaluation of HDTV Program Material or Completed Programmes. http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.2035-0-201307-!!!PDF-E.pdf
2. SMPTE RP 431-2 2011 D-Cinema Quality Reference Projector and Environment. <https://www.smpte.org/>
3. SMPTE ST 2084 2014 High Dynamic Range Electro-Optic Transfer Function of Mastering Reference Displays. <https://www.smpte.org/>
4. Артюшин Л.Ф. Основы воспроизведения цвета. М.: Искусство, 1970.
5. Кучеренко А.В., Мелкумов А.С., Сухов Д.Н., Сычёв В.А., Чекалин Д.Г., 2015, 23 Пленарное заседание Технического Комитета 36 «Кинематография» Международной организации по стандартизации (ИСО/ТК 36) // Мир техники кино, №3. С. 3–7, Москва, РФ.
6. Сычёв В.А., 2008, Основные параметры качества процесса перевода фильмовых материалов в цифровую форму // Мир техники кино, 1 (3). С. 13–17, Москва, РФ.

REFERENCE

1. Recommendation ITU-R BT.2035, A Reference Viewing Environment for Evaluation of HDTV Program Material or Completed Programmes. Available from: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.2035-0-201307-!!!PDF-E.pdf
2. SMPTE RP 431-2 2011 D-Cinema Quality Reference Projector and Environment. Available from: <https://www.smpte.org/>
3. SMPTE ST 2084 2014 High Dynamic Range Electro-Optic Transfer Function of Mastering Reference Displays. Available from: <https://www.smpte.org/>
4. Artiushin L.F. (1970) Osnovy vosproizvedeniya tsveta [Foundations of color reproduction]. Moscow: Iskusstvo Publ.
5. Kucherenko A.V., Melkumov A.C., Sukhov D.N., Sychov V.A., Chekalin D.G., 2015, 23 plenarnoe zasedanie tehniceskogo komiteta 36 "Kinematografiya" Mezhdunarodnoy organizatsii po standartizatsii [The 23rd Plenary meeting of ISO/TC 36]. World of Technique of Cinema, 3 (9), Moscow, Russia, pp. 3–7.
6. Sychov V.A., 2008, Osnovnye parametry kachestva protcessa perevoda filmovykh materialov v tcfrovuyu formu [Basic quality parameters of film scanning]. World of Technique of Cinema, 1 (3), Moscow. Russia, pp. 13–17.



ФРАКТАЛЬНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ



Н.К. Трубочкина, д.т.н., профессор, ntrubochkina@hse.ru, НИУ ВШЭ, Москва, РФ; А.В. Лиховцева, искусствовед, likhovtsev@yandex.ru, Москва, РФ

Аннотация

В статье описана технология создания фрактальных графических образов и сред, для специалистов кино и телевидения, ищущих новые формы воплощения своих творческих идей. Представлена часть системы художественных фрактальных образов по категориям: космос, планеты, ландшафты, города и архитектура, серии, объекты, арт-сенсуализм. Данные математические объекты могут стать основой для новых фильмов, виртуальных галерей, компьютерных игр, световых шоу и рекламы.

Ключевые слова: кино, телевидение, виртуальные среды, компьютерные игры, реклама, арт-объект, мультимедиа, 3D, фрактал, математика, информационные технологии, видеоарт, современное искусство.

Введение

Никогда не предугадаешь, откуда появятся новые знания и возможности, и что будет являться источником этого нового. Кто бы мог подумать, что математика в 21 веке так стремительно ворвется в изобразительное искусство и сферы человеческой деятельности, с ним связанные.

FRactal Images

FOR A NEW OPPORTUNITIES OF FILM AND TELEVISION

N. Trubochkina, PhD, professor, ntrubochkina@hse.ru, Higher School of Economics, Moscow, Russia; A. Likhovtseva, art, likhovtsev@yandex.ru, a member of the Association of Art Critics (AIS), Moscow, Russia

Abstract

The article describes a technology for creating fractal graphics images and environments for film and television professionals, seeking new forms of realization of their creative ideas. A part of the fractal art images by category: space, planets, landscapes, cities and architecture, series, objects, art sensationalism is presented. These mathematical objects can be the basis for new films, virtual galleries, video games, light shows and advertising.

Keywords: film, television, virtual environments, computer games, advertising, art object, multimedia, 3D, fractal, mathematics, information technology, art, modern art.

Фрактальная математика была известно давно, около двух веков, но тогда это были только формулы фракталов. (Фрактал – самоподобное множество, в котором малое подобно целому). Функции фракталов – не обычные функции, это функции комплексных переменных, и они ещё и итерационные. Именно поэтому, с появлением первых компьютеров возникло желание их запрограм-

мировать. Тогда-то и появились первые чёрно-белые картинки, больше похожие на узоры и кляксы.

В последние годы появились сообщества программистов в интернете [сообщество..., www], желающих создать программный инструмент для совершенствования этих картинок, инструмент, способный визуализировать различные математические фантазии и отражать их в виде 2D и 3D цветных изображений любого размера и с любой степенью детализации, в отличие от всех других видов компьютерной и некомпьютерной графики.

Обзор. При рассмотрении графических объектов фантастического кино [космические..., www] (рис. 1) хорошо видно, что все они сделаны в технологии цифровой скульптуры (скульптурное моделирование или 3d скульптинг) в пакетах:

- для высокополигональных (от нескольких сотен тысяч до нескольких сотен миллионов полигонов) 3d моделей: JDPaint 5.55 RUS, Autodesk Mudbox, ZBrush, Blender, Silo, Sculptris, CB model pro, SharpConstruct, Freeform, topoGun, 3D-Coat, Modo;

- для 3d моделей со средним количеством полигонов (от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч) 3ds Max, Art of Illusion, Blender, Bryce, Cinema 4D, Form-Z, Houdini, Lightwave 3D, Maya, Modo, Poser, POV-Ray, Rhinoceros 3D, SketchUp, Strata 3D, TrueSpace [определение..., www].

Недостатками этой технологии создания изображений (кадров для фильмов) являются:

- значительные временные и ресурсные затраты на создание 3D образа. Скульптинг – это ручная работа;

- фантазийность (новизна) проекта определяется только фантазией группы разработчиков (субъективные результаты), а, как известно, человек ещё слишком мал в своём развитии и не обладает универсальными знаниями (свойством универсума, которым обладает математика).

В поисках новых путей создания образных изображений для фильмов, ТВ, виртуальных галерей, компьютерных игр, световых шоу и рекламы, устраняющих эти недостатки, были рассмотрены возможности фрактальной графики.

Фрактальная графика (автоматическая генерация изображений на основе системы функций комплексных переменных)

Математической моделью фрактального изображения (2D и 3D) – фантазийного, универсального (не ограниченного человеческими знаниями), является мультифрактал – единый комплекс нескольких фракталов (в частном случае, одного фрактала). Мультифрактал определяется системой функций (фракталов) и несколькими последовательно исполняемыми алгоритмами, соответствующими этим функциям, где каждый алгоритм создаёт свою модель (часть общей) с определённой фрактальной размерностью, которые в мультифрактале объединяются.

Благодаря росту вычислительных возможностей компьютеров и значительному интересу к фрактальным изображениям, как необычным фантазийным, так и близким к реальным объектам [Трубочкина, 2010; 2012, 80; 2013, 62; 2015, 14; 2015, 17], на стыке математики, информационных (вычислительных) технологий и изобразительного искусства появилось новое художественное направление – фрактальная графика, как раздел математической графики.

Математическая графика известна давно, например, график параболы, а вот фрактальный образ «Голубь из парабол» (рис. 2) [Трубочкина, 2008–2010] – мультифрактал, вполне может претендовать на наличие художественного образа и рассматриваться как арт-объект современного изобразительного искусства. Для разработчиков фрактальных изображений, новых – математических художников, написано много программ автоматической генерации изображения по функциям фракталов [Шахов, 2013], таких как: Apophysis («Апофиз») (от греч. apofusiV – отросток), Fractal Explorer, Ultra Fractal, Xenodream, Fragmentarium, Incendia, Chaoscope и пр.

Одним из самых популярных генераторов изображений 3D-фракталов и инструментом разработки фрактальных изображений является программа Mandelbulb 3D [Программа..., www].



а



б

Рис. 1. Космические корабли кино и телевидения: а – «Серенити» – «Светлячок» (2002), Миссия «Серенити» (2005); б – «Энтерпрайз» – фильмы и сериалы «Звёздный Путь»

Fig. 1. Spaceships in movies and TV series: а – «Serenity» – «Firefly» (2002), the Mission of «Serenity» (2005); б – «Enterprise» – movies and TV series «Star Trek»



Рис. 2. Мультифрактал – «Голубь из парабол» [9]
Fig. 2. Multifractal – «Dove of parabolas» [9]

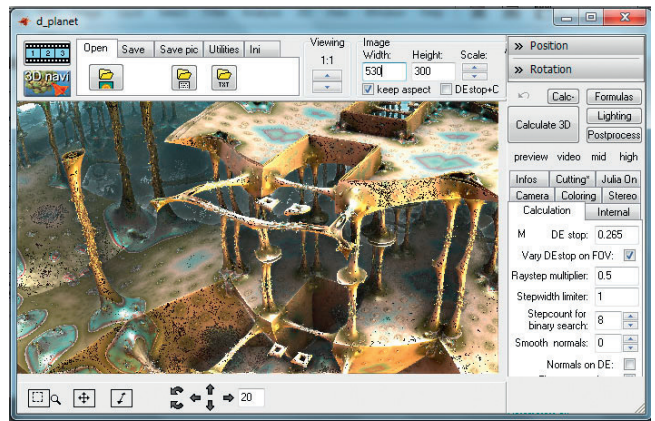


Рис. 3. Главный интерфейс программы Mandelbulb 3D с мультифракталом «Мёртвая планета» – результатом моделирования для системы четырёх функций (рис. 4)
Fig. 3. The main program interface (Mandelbulb 3D) with multifractal «Dead Planet» – the result of the simulation system of 4 functions (Fig. 4)

Технология и среда разработки

Рассмотрим интерфейс программы Mandelbulb 3D, одного из лучших генераторов фрактальных изображений и технологию работы на примере фрактала «Мёртвая планета» одного из авторов статьи. Результат генерации системы четырёх функций представлен на рис. 3.

При генерации изображения мультифрактала использовалась система выбираемых в интерфейсе формул-функций комплексных переменных (рис. 4).

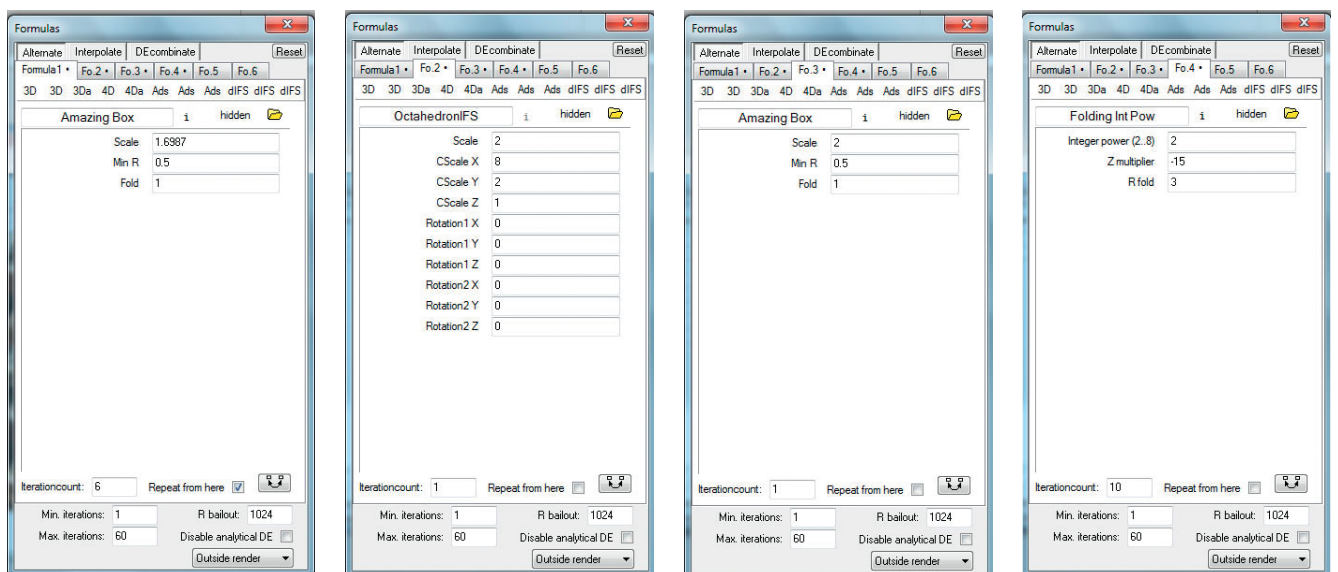
Для неспециалистов формулы достаточно сложны, при желании узнать про них можно на сайте [Circular..., www]. Для пользователей даны только их условные названия, как например AmazingBox, Folding in Pow и т.д.

Этих функций в генераторе более сотни, они постоянно меняются и добавляются.

Алгоритм трассировки лучей [Чеканов, 2009], используемый в Генераторе, обладает большими преимуществами: он прост в реализации, работает с отражениями, в том числе, и вторичными (отражает части объекта друг на друге), может работать с искривлёнными поверхностями, работает с прозрачностью и тенями.

Помимо самих функций и их параметров, которые определяют рисунок, разработчиком фрактала задаются и другие параметры, в частности, параметры цвета, глубины, пост-обработки, освещения и т.д.

На рис. 5 представлены различные параметры цвета-света-глубины моделирования для объекта – фрак-



а – формула 1

б – формула 2

в – формула 3

г – формула 4

Рис. 4. Функции (формулы) с параметрами для расчёта фрактала «Мёртвая планета»
Fig. 4. Functions (formulas) with parameters to calculate the fractal «Dead Planet»: а - Formula 1

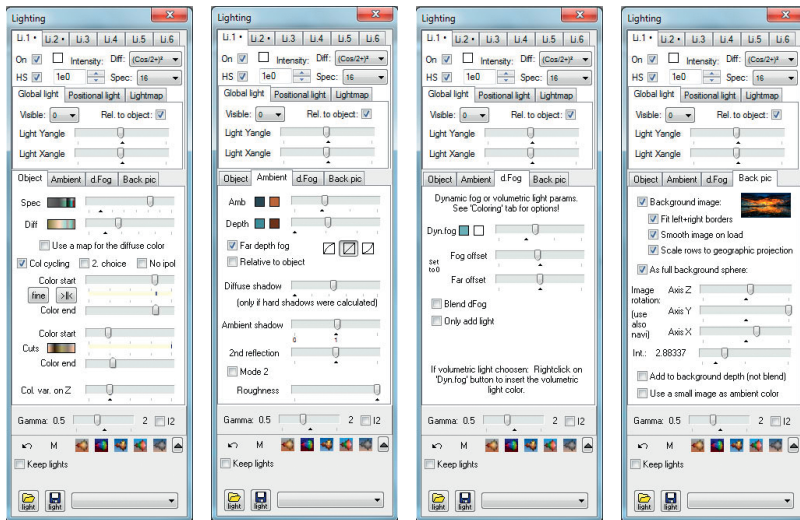


Рис. 5. Параметры цвета-света-глубины для моделирования статического фрактала «Мёртвая планета»

Fig. 5. Options color-light-depth for modeling of static fractal «Dead Planet»

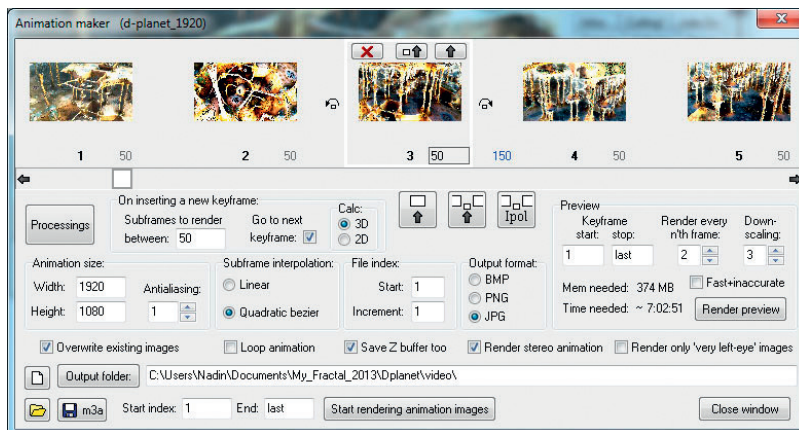


Рис. 6. Интерфейс для создания фрактального видео

Fig. 6. The interface for fractal video

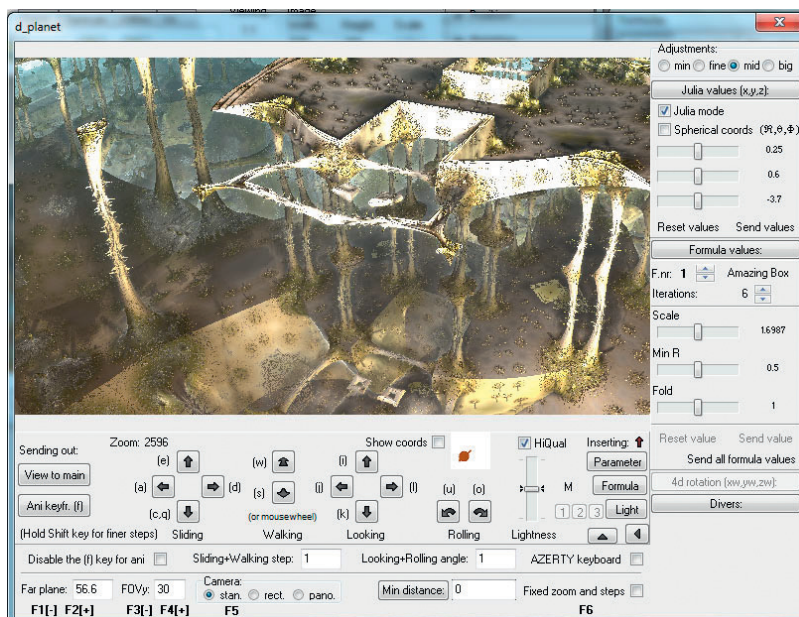


Рис. 7. Навигатор предварительной визуализации изменений мультифрактала

Fig. 7. Pre-visualization Navigator of multifractals changes

тала «Мёртвая планета». Эти «параметры цвета-света-глубины-качества» являются «красками и технологиями рисования» компьютерного фрактального художника и позволяют реализовать его творческий замысел.

Программа Mandelbulb 3D обладает понятным интерфейсом, является бесплатной, постоянно обновляется и может рассчитывать кадры для фрактального видео, анимации (рис. 6), т.е. делать мультифракталы динамическими. А это даёт возможность говорить об основах нового фрактального кино, ТВ, динамических интерактивных средах, световых шоу и рекламе.

Статический фрактал с конкретными параметрами, как функций, так и светоцвето-глубинной обработки, полученный на первом этапе технологии, может быть ключевым кадром фрактальной анимации (видео).

В Генераторе мультифракталов имеется возможность предварительной визуализации в его навигаторе (рис. 7) всех изменений изображения (мультифрактала), что значительно облегчает работу художника-визуализатора.

В Генераторе используется библиотека формул (функций), или алгоритмов, постоянно обновляемых разработчиками и пользователями. Основа Генератора – трёхмерный аналог множества Мандельброта (Mandelbulb3D), впервые теоретически описанный в 1905 году Пьером Фату [Библиографическая..., www], был рассчитан на компьютере Бенуа Мандельбротом в 1975 [Mandelbrot, 1977, 15]. Развивая это математическое направление в сторону «художественной математики», небольшая группа программистов в 2007 году разработала алгоритмы и основанное на них программное обеспечение для визуализации 3D-фракталов на базе множества Мандельброта, а использование этого нового инструмента художниками позволило создать новое направление в изобразительном искусстве – математическое изобразительное искусство.

Стоит отметить, что при увеличении детализации (количества лучей) расчёт производится дольше. Если же учитывать такие параметры, как расчёт окружения, жёсткие тени, глубина поля зрения (FOV) и отражения, то время расчёта изображения,

пропорциональное количеству лучей, ещё увеличится. Потребуется мощные современные процессоры, если необходимо считать фрактальные последовательности (кадры) для фрактального видео. При недостаточном сглаживании функций появляется пикселизация. Эту проблему можно решить, рассчитывая изображение фрактала в большом разрешении, что также увеличивает время вычислений.

Несмотря на эти особенности, при быстром развитии вычислительной техники и вычислительных параллельных алгоритмов, уже сейчас удаётся получать не примитивные изображения плоских фракталов, а вполне качественные, а если повезёт, то и несущие в себе некий художественный образ изображения мультифракталов.

Так как генерация фрактального изображения автоматическая, в отличие от ручного моделирования цифрового скульптинга, она требует гораздо меньше временных-ресурсных затрат и стоит меньше. Но при условии наличия настоящего фрактального мастера.

Понятно, что кисть, холст и краски обычного художника, точно так же как генераторы фракталов у математического художника, всего лишь инструменты, и что появится на холсте или на экране, зависит от художника, каким бы он ни был – обычным или математическим.

Результат и предложения – база «художественных» фракталов

За время работы над проблемой фрактальной графики, и в том числе мультимедийной фрактальной графики, фрактальные изображения, полученные автором и которые можно было бы систематизировать для дальнейшего использования в кинематографе, на ТВ, в театре и виртуальных галереях, были сведены в систему по художественным категориям:

- космос, планеты, ландшафты (рис. 8);
- города, архитектура (рис. 9);
- серии (рис. 10);
- объекты (рис. 11);
- арт-сенсуализм (рис. 12).

Экспертизу по систематизации работ проводила искусствовед Анастасия Лиховцева.

Данная база фрактальных графических образов может быть предложена кинематографистам, телевизионщикам, галеристам и другим специалистам использования нестандартных образных графических изображений любого размера и качества (размер задаётся при моделировании) для инновационной деятельности по их профилю.

Мнение искусствоведа

Тема восприятия человеком пространства на протяжении всей истории человечества никогда не теряла

Космос, миры, планеты и ландшафты

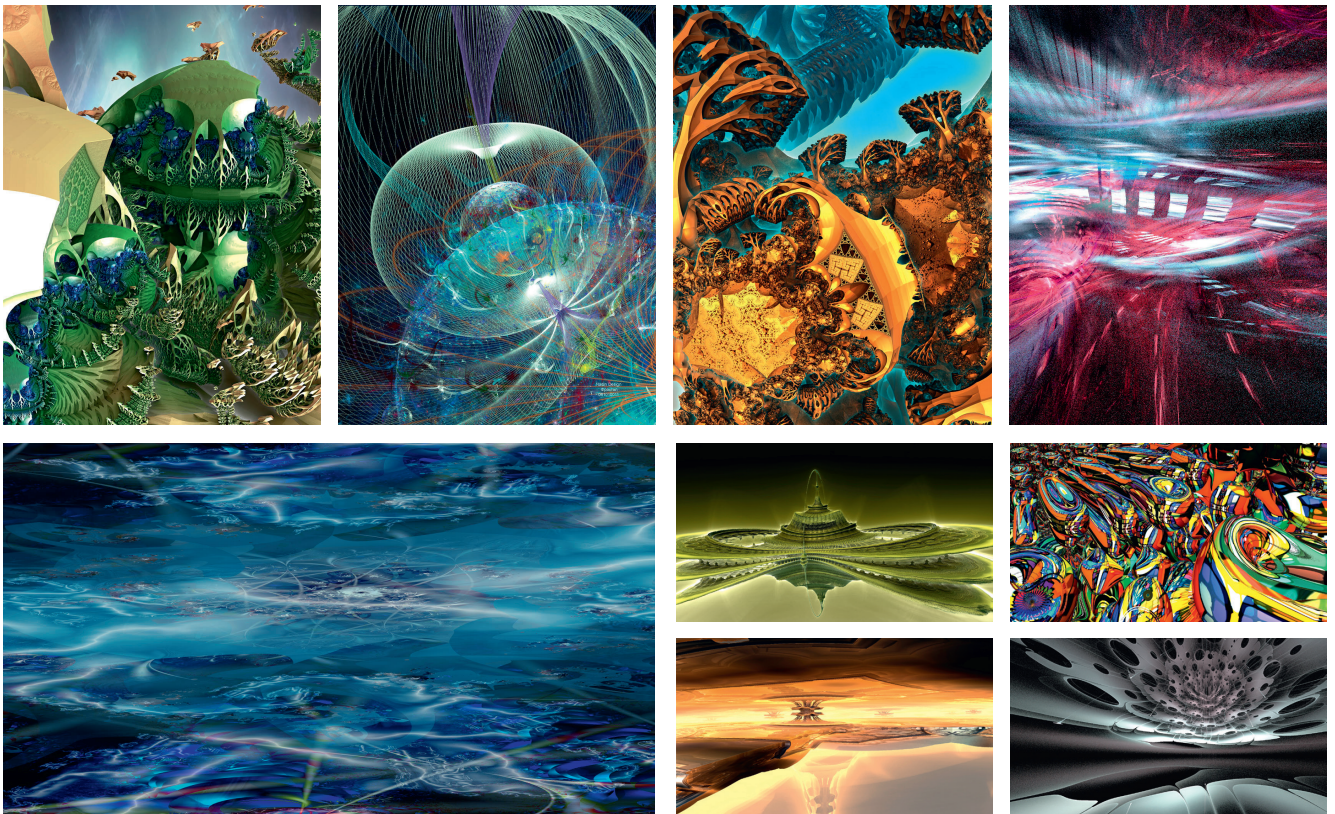


Рис. 8. Фракталы по категориям «Космос, миры, планеты и ландшафты»

Fig. 8. Fractals by Category «Kosmos, worlds, planets and landscapes»

актуальности среди специалистов разных областей знания. И надо отдать должное, что исследователи также с неподдельным интересом относятся к изучению этой категории форм.

В качестве одного из последних примеров опыта исследования можно привести выставочный проект Государственной Третьяковской Галереи, заявленный организаторами как Спецпроект 6-й Московской биеннале современного искусства – «Метагеография. Пространство – образ – действие» [2015–2016, www].

Организаторы представили «Междисциплинарный выставочный проект, посвящённый жизненно важной теме – восприятию человеком пространства, в котором он существует. Этот вопрос относится к сфере метагеографии – области знания, находящейся на стыке философии, искусства и науки. С точки зрения метагеографии, всё окружающее воспринимается как придуманное и сконструированное, и внимание этой дис-

циплины направлено на осмысление географических образов. Проект Третьяковской галереи объединяет опыты художников и географов от 1920-х до 2000-х годов».

Каждый художник оставил в истории искусства и культуры свой способ изображения мира, каждый искал свой собственный художественный язык и свои художественные формы. Часто эти формы были фантастичны и нереальны, однако всегда очень индивидуальны и неординарны, сгенерированные неповторимым сознанием автора.

Область фантастики, как жанр и творческий метод в художественной литературе, кино, изобразительном и других формах искусства, всегда предполагает нарушение границ реальности и принятых условностей. По-прежнему человеческое мышление имеет явное преимущество над компьютером за счёт нестандартности последовательности воплощений и креативности сочетаний.

Города и архитектура

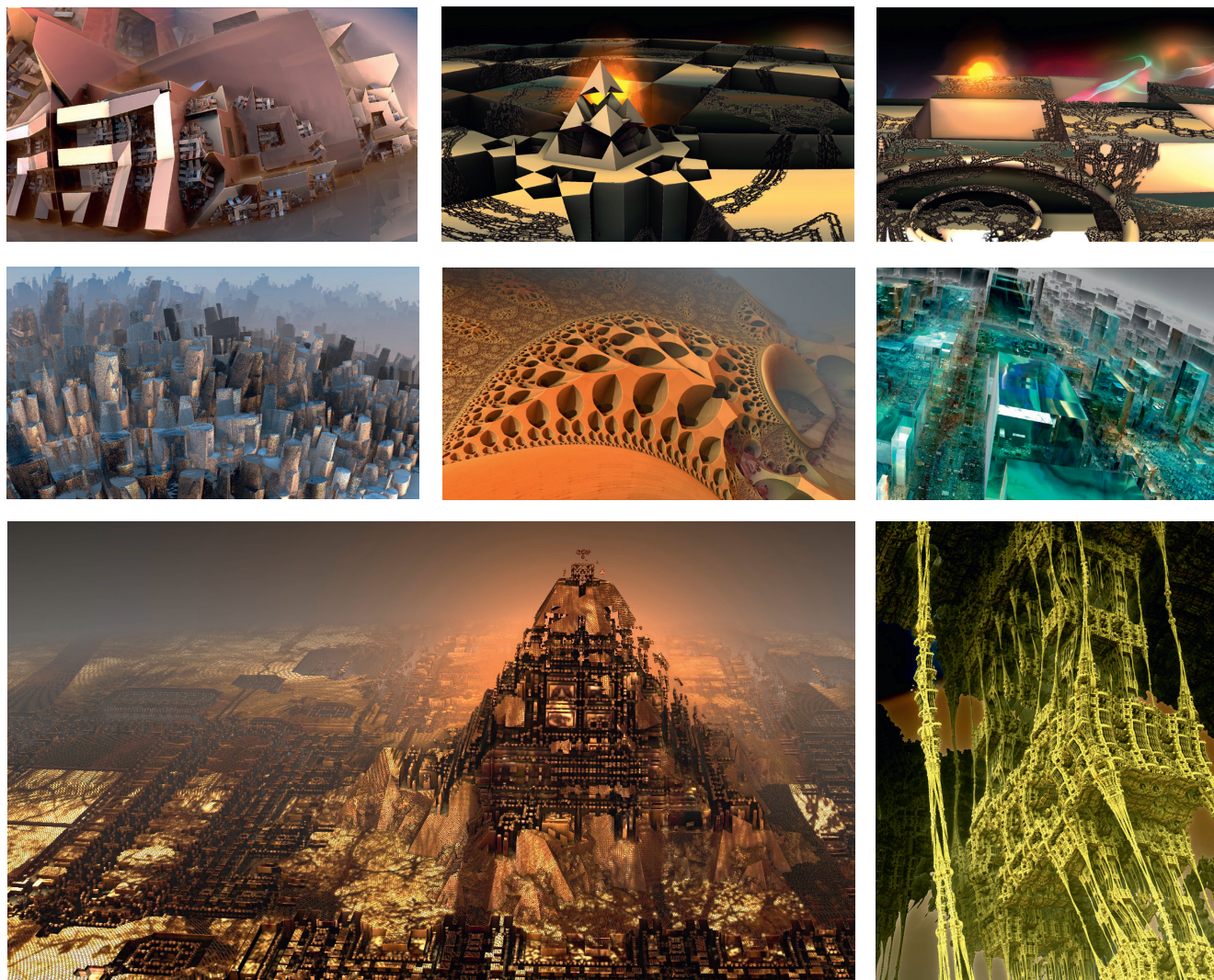


Рис. 9. Фракталы «Города и архитектура»

Fig. 9. Fractals «Cities and Architecture»

Серия фрактала «Звёздный город»

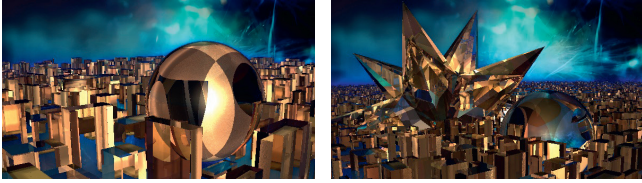


Рис. 10. Подмножества (серия) мультифрактала «Звёздный город»
Fig. 10. Subsets (series) of multifractals «Star Town»

Объекты

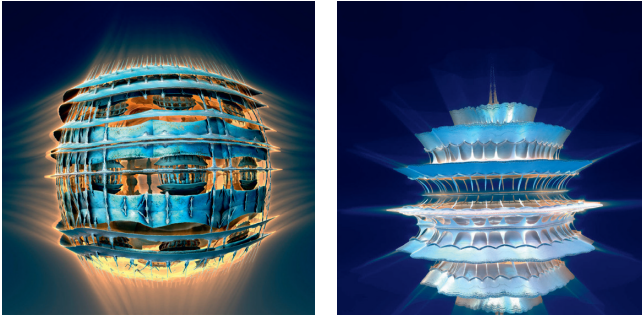


Рис. 11. Фракталы категории «Объекты»
Fig. 11. Fractals category «Objects»

Арт-сенсуализм

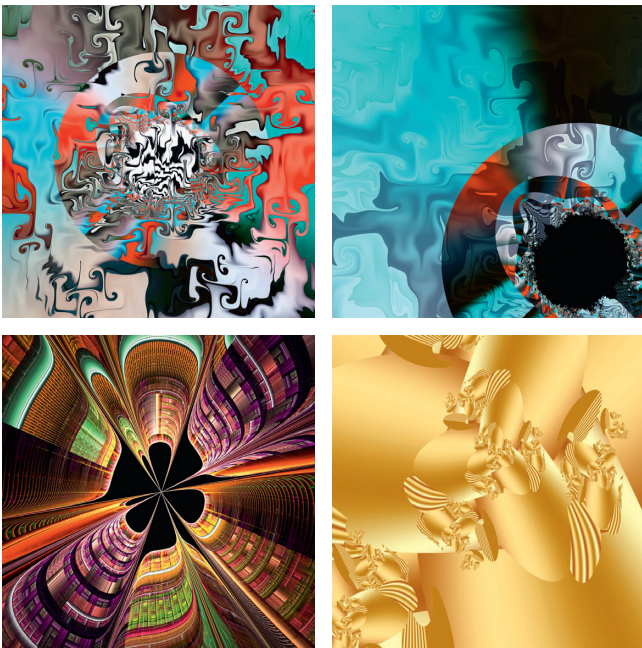


Рис. 12. Фракталы «Арт-сенсуализм»
Fig. 12. Fractals «Art sensualism»

Изменившиеся современные условия повседневной жизни, новые синтетические материалы и информационные технологии, прочно вошедшие в нашу жизнь, оказывают бесспорное влияние на изменение формы сознания художника, алгоритм развития его мысли и даже сказываются на динамичности воплощений.

Новые технические возможности позволяют учёным творчески конструировать самые нереальные формы и среды, которые возникают в человеческом воображении. Более того, новые возможности новых аппаратных средств стимулируют возникновение новых идей. Как результат этого процесса, появились различные виды модификаций и преобразования художественных форм.

Этот высокотехнический художественный материал имеет свою специфику и, в основном, используется в качестве высокотехнологичного современного инструмента для воплощения некоего информационного контента в сферах рекламной и шоу-индустрии, в качестве оформления виртуальных студий, создания сред в области кино и компьютерных видеоигр. Отказаться этому современному виду искусства, задачи которого варьируются в создании виртуальных сред, в красоте и неординарности просто невозможно.

Креативность и неповторимость фрактальных образов Н. К. Трубочкиной заслуживает особого внимания и заметно отличается неординарностью от простых форм фракталов красотой обыгранного образа, сложностью модификации формы, богатством и тонкостью цветовых сочетаний, светоносностью, пространственной глубиной, количеством и сложностью слоёв мембран, способностью к сложной трансформации.

Теле-, видео- и киноиндустрия – как раз те области, которые за счёт своих свойств анимированности и динамичности, активности по восприятию зрителем, более других испытывают потребность в постоянной модуляции, техническом развитии и привлечении новых возможностей визуализированных эффектов. С помощью подобных технологий возможно создавать виртуальные среды, другие виртуальные реальности.

Использование технологий в комплексе с творческим методом предоставляет новые неординарные возможности в сфере кино и телевидения при создании не только арт-объектов, но и эффектов анимации.

Заключение

Специалистам кино, ТВ, галерей современного искусства, световых шоу и рекламы предложена база фрактальных графических образов для реализации их творческих замыслов.

Фрактальные образы более художественны (детализированы), чем инженерные проекты векторной графики в цифровом скульптинге. Фантазия в синтезе фрактального графического образа не ограничена, т.к. определяется математикой – универсальным языком описания любой реальности, в то время как фантазия (образность) цифрового скульптинга определяется человеком или группой разработчиков.

Анализ фрактальных образов открывает новый пласт знаний и возможностей не только художникам, но и учёным, и изобретателям. Фрактальные графические образы открывают новые возможности для кино, телевидения

ния, галерей современного искусства, световых шоу и рекламы.

Так как генерация фрактального изображения автоматическая, в отличие от ручного последовательного моделирования цифрового скульптинга, она требует

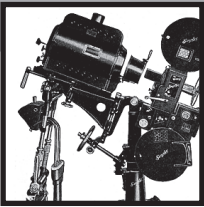
значительно меньших временно-ресурсных затрат и стоит меньше, что создаёт дополнительную мотивацию для практического использования предлагаемых фрактальных образов в кино, ТВ, галереях современного искусства, световых шоу и рекламе. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Сообщество программистов и любителей программы Mandelbulb3D, available at: <http://www.fractalforums.com/>
2. Космические корабли кино и телевидения, <http://www.bugaga.ru/cinema/1146745930-top-10-samye-krutye-kosmicheskie-korabli-kino-i-televideniya.html>
3. Определение цифрового скульптинга, https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_sculpting
4. Трубочкина Н.К., 2010, Фрактальная живопись, available at: http://nadin.miem.edu.ru/article_001_04.html
5. Трубочкина Н.К., 2012, Новый промышленный дизайн и технологии, как результат математическо-компьютерных фрактальных исследований // Качество. Инновации. Образование. Т. 84. № 5. С. 76–82, Москва, РФ.
6. Трубочкина Н.К., 2013, Прекрасная фрактальная математика и её приложения, // В кн.: XXI Международная студенческая школа-семинар «Новые информационные технологии». Тезисы докладов / Отв. ред.: Тихонов А.Н., Азаров В.Н., Леохин Ю.Л., Титкова Н.С., Фомин С.С. М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. С. 58–65, Москва, РФ.
7. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В., 2015, Методика синтеза трёхмерных фрактальных видео для видео-арта, телевидения и очкового стереокино // Мир техники кино, № 2. С. 11–18, Москва, РФ.
8. Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В., 2015, Создание фрактальных статических и динамических изображений для автостереоскопических систем // Мир техники кино, № 3. С. 6–16, Москва, РФ.
9. Трубочкина Н.К., 2008–2010, Фракталы, http://nadin.miem.edu.ru/ill_fr1.php
10. Шахов Д., 2013, В лесах фрактальной графики. Часть 2, КомпьюАрт. №1, Москва, РФ.
11. Программа Mandelbulb 3D, Circular Functions in Complex Forms, <http://www.fractalforums.com/index.php?action=downloads;sa=download&id=50>
12. available at: http://www.efunda.com/math/trig_functions/definition_complex.cfm
13. Чеканов Д., 2009, Метод трассировки лучей против растеризации: новое поколение качества графики. http://www.thg.ru/graphic/ray_tracing_rasterization/onepage.html. Т. Hardware.
14. Библиографическая справка о Пьере Фату, <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Biographies/Fatou.html>
15. Mandelbrot Benoît; Freeman W.H. and Co., 1977, Fractals: Form, Chance and Dimension.
16. Государственная Третьяковская Галерея. Спецпроект 6-й Московской биеннале современного искусства «Метагеография. Пространство – образ – действие», 2015–2016, <http://www.tretyakovgallery.ru/ru/calendar/exhibitions/exhibitions5178/>, Москва, РФ.

REFERENCE

1. Soobshchestvo programmistov i lyubitelej programmy Mandelbulb3D, available at: <http://www.fractalforums.com/>
2. Kosmicheskie korabli kino i televideniya, available at: <http://www.bugaga.ru/cinema/1146745930-top-10-samye-krutye-kosmicheskie-korabli-kino-i-televideniya.html>
3. Digital_sculpting – Opredelenie cifrovogo skul'ptinga, available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/>
4. Trubochkina N.K., 2010, Fraktal'naya zhivopis', available at: http://nadin.miem.edu.ru/article_001_04.html
5. Trubochkina N.K., 2012, Novyj promyshlennyj dizajn i tekhnologii, kak rezul'tat matematicheskoy-komp'yuternykh fraktal'nykh issledovaniy // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. T. 84. № 5, Moscow, RF, pp. 76–82.
6. Trubochkina N.K., 2013, Prekrasnaya fraktal'naya matematika i ee prilozheniya // V kn.: XXI Mezhdunarodnaya studencheskaya shkola-seminar «Novye informacionnye tekhnologii». Tezisy dokladov / Otv. red.: Tihonov A.N., Azarov V.N., Leohin YU.L., Titkova N.S., Fomin S.S., MIEHM NIU VSHEH, 2013, Moscow, RF, pp. 58–65.
7. Trubochkina N.K., Likhovtva A.V., 2015, Metodika sinteza tryohmernykh fraktal'nykh video dlya videoarta, televideniya i ochkovogo stereokino, World of Technique of Cinema, № 2. Moscow, RF, pp. 11–18.
8. Trubochkina N.K., Kondratiev N.V., 2015, Sozдание fraktal'nykh staticheskikh i dinamicheskikh izobrazhenij dlya avtostereoskopicheskikh sistem, World of Technique of Cinema, № 3. Moscow, RF, pp. 6–16.
9. Trubochkina N.K., 2010, Fraktaly, available at: http://nadin.miem.edu.ru/ill_fr1.php
10. Shahov D., 2013, V lesah fraktal'noj grafiki. Chast' 2. Komp'yuArt, №1, РФ.
11. Programma Mandelbulb 3D, available at: <http://www.fractalforums.com/index.php?action=downloads;sa=download&id=50>
12. Circular Functions in Complex Forms, available at: http://www.efunda.com/math/trig_functions/definition_complex.cfm
13. Chekanov D., 2009, Metod trassirovki luchej protiv rasterizacii: novoe pokolenie kachestva grafiki, available at: http://www.thg.ru/graphic/ray_tracing_rasterization/onepage.html. T. Hardware
14. Bibliograficheskaya spravka o P'ere Fatu, available at: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/Biographies/Fatou.html>
15. Mandelbrot Benoît; Freeman W.H. and Co., 1977, Fractals: Form, Chance and Dimension.
16. Gosudarstvennaya Tret'yakovskaya Galereya Specproekt 6-j Moskovskoj biennale sovremennogo iskusstva «Metageografiya. Prostranstvo – obraz – dejstvie», 2015–2016, available at: <http://www.tretyakovgallery.ru/ru/calendar/exhibitions/exhibitions5178/>, Moscow, RF.



ЦВЕТНАЯ ФОТОГРАФИЯ МЕТОДОМ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ГЕЛИОХРОМИИ



К.А. Занин, д.т.н.,
ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», ФГБОУ «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский
университет)», РФ, cosmoflot@mail.ru

Аннотация

Приведены результаты по созданию интерференционной цветной фотографии. Предлагается рецепт бромодосеребряной фотоземли, пригодной для создания ярких интерференционных изображений.

Ключевые слова: цветная фотография, интерференционная фотография, гелиохромия, метод Липпмана, высококоразрешающая фотоземля.

COLOR PHOTOGRAPHY BY INTERFERENCE HELIOCHROMY
METHOD

K. Zanin, PhD, Russia, cosmoflot@mail.ru

Abstract

Results on creation of the interferential color photo are given. The recipe of a silver-bromiododeemulsion suitable for creation of bright interferential images.

Keywords: the color photo, the interference photo, a heliochromiya, method of a lippmann photography, ultra fine grain emulsion.

Введение

В настоящее время продолжает существовать классическая фотография, основанная на использовании светочувствительности химических соединений солей серебра и желатина. По сравнению с развивающейся цифровой фотографией, применение аналоговой технологии позволяет более качественно и детально разрабатывать художественные аспекты снимка, например, тональное воспроизведение. Считается, что с точки зрения изобразительных свойств полностью аналоговый отпечаток обладает лучшими качествами по сравнению с цифровым отпечатком. На определённом этапе творческого развития многие авторы переходят к самостоятельному изготовлению фотоземли или освоению различных альтернативных фотохимических процессов (амбротипия, цианотипия, платинотипия и др.).

Автор статьи длительное время занимался классической чёрно-белой фотографией и созданием мягкорисующей оптики [Занин, 2008]. Многие коллеги советовали перейти на модный процесс мокрого коллодия (амброти-

пии), позволяющий создавать позитивные чёрно-белые изображения на стекле.

Однако, технология амбротипии достаточно сложна, а результаты однообразны и часто ограничиваются лабораторными съёмками. К счастью, ознакомление с работами [Didebulidze, 1915; Valenta, 1972] привело к идее повторить в домашней лаборатории процесс цветной интерференционной фотографии.

Существуют красочные работы современных отечественных авторов, выполненные в технике цветоделения на основе многослойного хромированного гуммиарабика (Д. Орлов, И. Хорунжая, О. Курбатов и др.). Особенностью цветоделительных пигментных методов является воспроизведение субъективного впечатления о цвете. Интерференционная фотография имеет важное отличие – в ней формирование цвета происходит близко к спектру электромагнитной волны, существовавшей в момент фотографирования.

Несмотря на наличие высококачественных голографических фотопластинок ПФГ-03 («Славич»), техника ин-

терференционной фотографии в России малоизвестна и никем не используется.

В результате целью работы стало создание стабильной технологии создания цветных интерференционных изображений на собственной фотоэмульсии, популяризация метода и его использование в изобразительной фотографии.

История и современность интерференционной фотографии

Методы прямой цветной фотографии были открыты на практике задолго до объяснения известных сегодня свойств световых волн. Ж. Ниепс отмечал, что при фотографировании ландшафтов на стеклянные пластинки с тонким слоем смолы возникают отчётливо видимые тонкие цветовые оттенки [Hyubl, Drebe, Wal, 1933]. Суть этого явления была правильно отождествлена с изменением толщины смолы на засвеченных участках и явлением интерференции света как в известных кольцах Ньютона. Случайное цветное изображение иногда возникало и в других технологиях фотографии, например, в мокро-коллоидном способе получения прямого чёрно-белого позитивного изображения. Параллельно развивались способы создания цветных фотографий путём цветоделения и пигментной печати.

В результате был поставлен вопрос о возможности передачи натурального цвета непосредственным действием света, без использования каких-либо пигментов. Наиболее полную теорию интерференционной фотографии (гелиохромии) создал [Wiener, 1899]. Габриэль Липпман в течение многих лет пытался зафиксировать интерференционную структуру в фотографическом слое и создать цветное изображение. С помощью беззернистых альбуминовых фотопластинок ему не удалось получить хороших результатов. За изобретение своего метода Габриэль Липпман был удостоен Нобелевской премии. Метод интерференционной гелиохромии был назван в дальнейшем методом Липпмана.

Технологию беззернистых фотослоёв успешно совершенствовали братья Люмьер, Э. Валента, Н. Ивес, Н. Леманни др. [Ives, 1908]. С помощью метода Липпмана им удалось создать дошедшие до нас исключительные по красоте цветные фотографии. В дореволюционной России успешные эксперименты по съёмкам спектров провёл И. Ф. Усагин [Usagin, 1903].

В Советской России интерференционная фотография практически не развивалась. Большие научно-технические достижения в СССР были созданы в области голографических фотоэмульсий, технической и художественной голографии [Денисюк, 1979; Кириллов, 1979 //Denisyuk, 1979, Kirillov, 1979//]. Известно, что целенаправленно липпмановской фотографией на слоях хромированной желатины занимался А. Б. Сокогонь [Сокогонь, 1984 //Sogokon, 1984//] и Г. Д. Костылев [Костылев, 1976 //Kostylev, 1976//] на фотопластинках ЛОИ-2. Более подробные сведения о применении

интерференционной фотографии в СССР у автора отсутствуют.

Читатель статьи справедливо будет задаваться вопросом, а стоит ли тратить время и средства на столь устаревший способ в цифровую эпоху фотографии? Цифровая технология позволяет технично точно фиксировать различные моменты жизни, успешно применяется в репортаже и технике. Однако, например, цифровой технологии не удаётся превзойти по красоте цветопередачи диапозитивный фотоматериал (слайд). Поэтому продолжает существовать и классическая аналоговая цветная фотография на многослойных галогенидо-серебряных фотоматериалах.

В случае, если делается акцент на субъективные понятия о качестве изображения как красота и художественность, аналоговые процессы являются основными инструментами творчества в фотографии. Каждый метод имеет свои неповторимые особенности в конечной передаче изображения.

В отличие от современной России, где интерференционная фотография давно забыта, за рубежом ряд авторов продолжают успешно её развивать:

– *William Alchuller* (San-Francisco, USA) является документалистом и историком липпмановской фотографии, изготавливает цветные фотографии на готовых голографических пластинках размером до 30 на 40 см; *Darran P. M. Green* (Bury St Edmunds, UK) изготавливал высококачественные интерференционные фотографии на собственной галогено-серебряной эмульсии;

– *Hans Bjelkhagen* (Dyserthin, UK) использовал заводские пластинки ПФГ-3 фирмы «Славич» и написал ряд книг по этой теме;

– *Jerome Klingensfus* (Molsheimin, France) в 2015 году представил результаты на самодельной AgBr эмульсии с использованием ртутного зеркала.

Уже в начале первых экспериментов заразительным примером для меня стал деятель искусств из Португалии *Filipe Alves* (Lissabon). Он преодолел много трудностей и создал в 2014–2015 гг. коллекцию качественных цветных пластинок, изготовленных на альбумине по близкому к оригинальному рецепту Г. Липпмана.

Также интерференционную фотографию создавали: *Jesus Lopez* (Michigan), *Yves Gentet* (Bordeaux in France), *Karin Bernard* (Germany).

Кроме художественных аспектов в интерференционной фотографии, имеются не до конца изученные физические и оптические явления. Например, фазовая модуляция, вероятно, возникающая в результате плазменного резонанса наночастиц серебра. Изучение свойств интерференционного изображения позволит продвинуться к записи амплитудно-фазовой информации световых волн на других носителях. Интересными свойствами обладают спектральные приборы [Blyth, Millington, Mayars, 1999] и датчики различных веществ [Yetisen, Montelongo, Qasim, Timothy, 2015; Król-Gracz, Dyonizy, Nowak, Michalak, 2011] на основе липпмановских пластинок.

Особенности современной реализации интерференционной фотографии

Реализация метода интерференционной фотографии достаточно сложна, поэтому метод Липпмана считался не более чем красивым лабораторным экспериментом. Основные трудности заключаются в изготовлении беззернистой эмульсии и применении ртути в качестве зеркала для организации системы стоячих электромагнитных волн.

Ряд авторов (*Edmond Rothe* и другие) использовали естественное отражение на границе слоя при переходе волны из желатины в воздух. С учётом того, что амплитуда сигнала при дифракции Брегга складывается из множества зон интерференции, которых обычно в слое фиксируется от 10 до 200 в зависимости от ширины спектра, на пластинке возникает достаточно яркое видимое изображение [Wiener, 1899].

Второй важной проблемой интерференционной фотографии является изготовление и фотохимическая обработка беззернистой фотоэмульсии.

Изготовление высокоразрешающей фотоэмульсии

Качественная передача интерференционной картины возможна, если зёрна проявленного серебра имеют размер, не более одной десятой длины волны. Для хорошей передачи синего цвета с учётом сокращения длины волны в желатине, размер зёрен не должен превышать 30 нм. При размерах зерна менее 20 нм дифракционная эффективность растёт незначительно, а чувствительность фотопластинок при этом существенно снижается. Поэтому для создания интерференционной фотографии было решено создать эмульсию со средним размером 20–30 нм. Такая эмульсия обладает рациональным балансом по цветопередаче и чувствительности, хотя и уступает рекордным показателям по размерам зёрен.

Скорость роста зёрен галогенида серебра зависит от концентрации реагирующих растворов [Dyonizi, Nowak, Król-Gracz, Michalak, 2010; Kirillov, Vasilyeva, Feldsherov, 2010]. Наиболее совершенным способом изготовления высокоразрешающей фотографической эмульсии на сегодняшний день является метод эмульсификации в разбавленном растворе с последующей концентрацией вымораживанием при температуре от -15°C до -20°C [Bjelkhagen, 1993; Bjelkhagen, Darran P.M. Green, 2009; Protas, Chulkov, 1944]. Применение указанного метода позволило достигнуть рекордного размера зерна 10–15 нм на эмульсиях типа ПЭ-2, ПФГ-3, ЭВР-ЛИКИ, Silver Cross [Bjelkhagen, 1993; Bjelkhagen, Darran P.M. Green, 2009], Ultimate и др.

Известен ряд рецептов высокоразрешающих желатино-серебряных фотоэмульсий [Bjelkhagen, 1993] как на основе чисто бромида серебра AgBr [Sharma, 2001; Abramova, Ilyina, 2004; Yaroslavskaya, 1979], так и бромо-йодида серебра AgBrI [Bjelkhagen, Crosby, Green, Mirlis, 2008; 2009] с примесью йодида от 1 до 10% по молярной массе. Включение в состав фотоэмульсии йодида серебра AgI повышает чувствительность и естественным

образом ингибирует рост кристаллов, снижая их растворимость более чем в 50 раз [Bjelkhagen, Crosby, Green, Mirlis, 2008]. Совместно с методикой быстрой заморозки и вымораживания это позволяет разделить по времени стадии эмульсификации, промывки и полива слоя.

Первоначально реализуемость процесса на эмульсии бромо-йодистого серебра вызывала сомнения, так как в ряде источников указывалось, что при добавлении йодида серебра цвета совершенно не передаются [Didebulidze, 1915]. Известен рецепт бромо-йодистой эмульсии Darran P.M. Green [Bjelkhagen, Crosby, Green, Mirlis, 2009; Protas, Chulkov, 1944]. Анализ показал, что в рецепте [Protas, Chulkov, 1944] содержится 8% йодида серебра по молярной массе, что значительно тормозит процесс физического проявления. Подробный анализ влияния содержания йодида и избыточного бромида на параметры фотоэмульсии общего назначения приведён в работе [Ilyina, 2012]. В работе [Usanov, 1979] приводятся данные по голографическим эмульсиям и указывается, что при содержании йодида более 5% качественное проявление слоя практически невозможно, рекомендуется выбирать 2,5%.

В результате был выбран способ мгновенной одноструйной обратной кристаллизации (раствор галогенидов калия вводится в раствор нитрата серебра) с содержанием 2,5% йодистого серебра, позволяющий получать средний размер частиц до 30 нм и хорошие сенситометрические показатели.

Процесс приготовления эмульсии проводится на магнитной мешалке с регулируемой температурой подогрева. Используется деионизированный фотографический желатин Bostik&Sullivan твёрдости 250 bloom кислотного типа «А». Все реактивы имеют марку Ч или ХЧ, вода деионизированная двойной фильтрации. Операции синтеза эмульсии проводятся при красном неактиничном освещении. При обращении с нитратом серебра соблюдаются меры предосторожности, полностью исключающие попадание пыли, капель или брызг его раствора в глаза (вызывает слепоту).

Алгоритм синтеза эмульсии заключается в следующем:

1. Приготавливается часть «А». В 90 мл деионизированной воды в течение 20 минут распускается 4 г желатина. Температура воды доводится до $45\text{--}50^{\circ}\text{C}$, пока весь желатин не растворится при скорости размешивания 300–400 об/минуту. Далее раствор охлаждается до 40°C .
2. В части «А» растворяется 1 г нитрата серебра. Температура раствора «А» стабилизируется в районе $35\text{--}37^{\circ}\text{C}$.
3. Приготавливается часть «Б». В 10 мл деионизированной воды растворяется 0,72 г бромистого калия и 0,015 г йодистого калия.
4. Далее раствор «Б» набирается в одноразовый шприц и нагревается до 35°C .
5. Скорость перемешивания увеличивается до 1000 об/мин.
6. Часть «Б» с раствором галогенидов через погруженную иглолку шприца вливается в часть «А» с раствором нитрата серебра в течение 1 минуты при постоянном пе-

ремешивании со скоростью 1000 об/мин. После перемешивание продолжается ещё 1 минуту.

7. Синтезированная эмульсия переливается в металлическую кружку, установленную в ванночку со льдом, где быстро охлаждается и студенится.

8. Застуденившаяся эмульсия перекадывается в контейнер, заворачивается в светозащитный пакет и помещается примерно на 12 часов в морозильную камеру с температурой -15°C ... -20°C . В бытовом холодильнике на некоторое время желательно установить режим быстрой заморозки.

Промывка эмульсии происходит также при красном или оранжевом свете. Удобно для промывки использовать сетчатый металлический фильтр с перфорированными отверстиями.

9. Готовится раствор 0,25 г бромистого калия в 1 литре деионизированной воды. Раствор охлаждается до 10°C ... 15°C .

10. Эмульсия перекадывается в сетчатый фильтр, заливается водой и оттаивает. В течение получаса делается 3–4 смены воды.

11. С промытой эмульсии необходимо дать стечь излишкам воды.

Вся процедура промывки не должна занимать много времени, так как на этой стадии также происходит рост зёрен.

В результате заморозки-оттаивания с водой эмульсия концентрируется примерно в 2 раза и весит в итоге около 50 г. Удобно сразу разделить эмульсию на части, например, по 10 грамм и поместить в баночки от узкоформатной фотоплёнки.

В светозащитном пакете баночки с эмульсией помещаются в морозилку, где так же быстро замораживаются при -15°C ... -20°C . Дальнейшее её хранение может осуществляться в течение нескольких месяцев в обычном режиме морозильной камеры при температуре -5 ... -10°C . По мере необходимости извлекается нужное количество эмульсии для полива фотопластинок.

Полив эмульсионного слоя на стеклянные пластинки

В качестве основы использованы непригодные для использования из-за высокого уровня вуали старые стеклянные фотопластины размером 9x12 см. С них был смыт эмульсионный слой.

Для удержания желатины на стекле необходимо нанести адгезивный подслоя. Существуют различные методы его нанесения, однако самым удобным является современный способ с использованием кремний-органических усилителей адгезии:

1. Аминопропилтриэтоксисилан («продукт» АГМ-9) в количестве 0,5 мл смешивается с 0,4 мл изопропилового спирта и 0,1 мл воды. Смесь выдерживается 24 часа (но не более 5 суток) для гидролиза аminosилана.

2. Стёкла тщательно отмываются от старой эмульсии, обезжириваются и протираются насухо.

3. Приготовленная смесь с аминопропилтриэтоксисиланом разбавляется 20 мл изопропилового спирта и наносится кисточкой на ту поверхность стёкол, куда предполагается наносить эмульсию. Поверхность стёкол делается мутно-белой.

4. Стёкла выдерживаются около 1 часа. Если выдерживать их более 2 часов, то белый налёт практически невозможно отмыть.

5. Стёкла отмываются проточной водой, аккуратно, без сильного нажима протираются насухо. Мутный налёт полностью смывается. В результате на стекле остаётся незаметный на глаз очень тонкий и достаточно стойкий кремний-органический слой, усиливающий адгезию желатины к стеклу.

В связи с низкой чувствительностью эмульсии, операцию полива можно проводить при слабом освещении.

1. Из морозилки необходимо достать порцию 10 г эмульсии и в течение часа дать ей оттаять при комнатной температуре.

2. Включить мешалку на скорость 400 об/мин.

3. Поместить в стеклянный стакан 10 г оттаявшей эмульсии и 10 мл деионизированной воды и нагреть до 38°C ... 40°C , не превышая эту температуру, растворить желатину.

4. Добавить в течение 1 минуты спектральные сенсibilизаторы (из расчёта на 20 мл эмульсии):

– хлорид пинацианола (quinaldine blue) 0,2 мл раствора 1:1000 в этиловом спирте;

– пинавердола 0,1 мл раствора 1:1000 в этиловом спирте.

Вместо редкого пинавердола можно использовать хи-нальдиновый красный (quinaldine red).

5. Перемешивать эмульсию в течение 15 минут на скорости 400 об/мин при температуре 38°C .

6. Добавить 0,4 мл 1% раствора хромокалиевых квасцов в воде (chrome alum).

7. Добавить несколько капель поверхностно-активного вещества (используется Rollei wetting agent).

8. При необходимости эмульсию профильтровать.

9. Положить пластинку на ровную, выставленную по уровню горизонтальную поверхность с температурой $+5^{\circ}\text{C}$... $+10^{\circ}\text{C}$.

10. Вылить 2,5 мл эмульсии в центр пластины 9x12 см и равномерно распределить её по всей поверхности загнутой стеклянной палочкой или иным приспособлением. Это количество эмульсии поливается для достижения толщины слоя примерно 7 мкм в сухом состоянии.

11. Необходимо использовать всю расплавленную эмульсию для полива пластины.

12. Дать эмульсии на пластинках застудениться в течение 1 часа в горизонтальном положении на холодной поверхности.

13. Перенести пластинки в сушилку с проточным сухим воздухом комнатной температуры, выставить их вертикально с небольшим наклоном и сушить 12–24 часа в темноте.

Стадия сушки является критической. Длительное пребывание эмульсии во влажном состоянии вызывает рост зерна, и пластинки становятся непригодными для передачи цвета. В помещении, где происходит студение и сушка эмульсионного слоя, не должно быть избыточной влажности. Данное условие достаточно сложно выполнить в летний период, когда температура воздуха высока и в нём содержится много влаги.

В результате должен получиться совершенно прозрачный эмульсионный слой с небольшой голубой опалесценцией.

Повышение чувствительности и фотосъёмка

Приготовленные пластинки не обладают нужной светочувствительностью и перед съёмкой их необходимо гиперсенсibiliзировать. Гиперсенсibiliзация пластинок производится в 0,25% водном растворе триэтанолamina. Пластины купаются в нём 4 минуты, затем ополаскиваются 15 секунд в дистиллированной воде и быстро сушатся. Использовать пластинки можно не ранее чем через 1 сутки, когда они набирают полную чувствительность. Ухудшение качества, связанное с ростом вуали, наблюдается примерно через 4 суток. Возможно применение и других способов гиперсенсibiliзации.

Съёмка проводилась фотокамерой «Тоуо 45а» с объективом «Voigtlander Heliar» 4,5/180 мм.

Пластины заряжаются в стандартные кассеты «Linhof» 9x12 см, стеклом наружу к объективу, эмульсией внутрь. Для создания интерференции делается воздушная прослойка 0,1 мм при помощи прокладки по краям пластинки. Указанного небольшого зазора вполне достаточно для организации системы стоячих волн в эмульсионном слое.

Освещение сцены осуществлялось галогенным 250 Вт и светодиодным 20 Вт светильниками. Светодиодный светильник холодного света дополняет недостаток синего в спектре галогенной лампы. В сумме они дают освещение в 12,7 EV и непрерывный спектр, похожий на солнечный. Экспонирование пластинок проводилось в течение 30 минут на диафрагме 4,5.

Химико-фотографическая обработка пластинок

Наилучшими свойствами для проявки эмульсий из чистого бромида AgBr обладают пиро-аммиачные разбавленные проявители по рецепту Н. Леманна [Valenta, 1972] или близком к нему рецепту О.В. Андреевой и В.И. Суханова [Kirillov, 1979].

Традиционный рецепт пиро-аммиачного проявителя не всегда даёт яркое цветное изображение на бромидной эмульсии, что было подтверждено экспериментально. Свободным от указанных недостатков является проявитель ГП-2 без бромистого калия, предложенный в [Renotte, Lion, Leclerc, Wojtaszczyk, 1991]. Однако в проявителе ГП-2 содержится слишком большое количество комплексообразователя и щёлочи. В результате в начальной области характеристической кривой образуется белёсая вуаль, и передача тональностей ухудшается.

Табл. 1. Забуференный пиро-аммиачный проявитель
Table 1. Buffered pyro-ammonia developer

Часть «А» Part «A»	Вода – 100 мл Water – 100 mL
	Пирогаллол – 1 г Pyrogallol – 1 g
Часть «Б» Part «B»	Метабисульфит калия – 0,2 г Potassium metabisulfite – 0.2 g
	Раствор аммиака 25% (плотность 0,91) 25% ammonia solution (density 0.91)
Часть «В» Part «B»	Вода – 100 мл Water – 100 mL
	Натрий тетраборнокислый – 1 г Sodium tetraborate – 1 g
Часть «Г» Part «G»	Вода – 100 мл Water – 100 mL
	Бромистый калий – 10 г Potassium bromide – 10 g

Эксперименты показали, что при исключении бромистого калия пиро-аммиачный проявитель по свойствам приближается к ГП-2. Область соляризации существенно расширяется по экспозиции, дифракционная эффективность растёт, а вуаль практически не увеличивается.

Аналогичный голографический пирогаллоловый проявитель без бромида с едким калием и тиоцианатом аммония предложен в работе [Harvey, www.unblinkingeye.com].

В одном из вариантов проявителя Е. Валенты содержание бромистого калия в 4 раза меньше, чем в проявителе Льюьера [Valenta, 1972]. Известен рецепт Крона [Kirillov, 1979], где количество бромистого калия ещё меньше.

Автор разработал модифицированный рецепт пиро-аммиачного проявителя (таблица 1) с уменьшенным содержанием бромистого калия. Для увеличения активности и буферности проявителя дополнительно введено небольшое количество тетраборнокислого натрия (буры). Это позволяет улучшить кроющую способность, не увеличивая добавку аммиака больше, чем необходимо для качественной передачи цвета.

Обращение с пирогаллолом проводится с соблюдением строгих мер предосторожности, исключающих его попадание на кожу и в дыхательные пути, так как пирогаллол сильно ядовит и легко всасывается через кожу (смертельная доза около 8–15 г). Так же аккуратно следует обращаться с раствором аммиака, вызывающим сильное раздражение слизистых оболочек.

Типовой состав проявителя следующий:

Вода дистиллированная – 100 мл;

Часть «А» – 10 мл;

Часть «Б» – Раствор аммиака 25% – от 1 до 2 мл;

Часть «В» – 5 мл;

Часть «Г» – от 0 до 5 мл.

Табл. 2. Цвет наночастиц серебра в проявленной фотоэмульсии [30]
Table 2. Color nano silver in emulsion

Размер наночастиц металлического серебра, нм (Size of silver nanoparticles)	Цвет фотоэмульсии	
	На просвет (Transmission Light emulsion color)	В рассеянном свете (под неоптимальным углом) (Scattered Light emulsion color)
10-20	Жёлтый (Yellow)	Голубой (Blue)
25-35	Красный (Red)	Тёмно-зелёный (Dark green)
35-45	Тёмно-красный (Purple red)	Зелёный (Green)
50-60	Фиолетовый (Violet)	Жёлто-зелёный (Yellow-green)
70-80	Тёмно-синий (Dark-blue)	Грязно-жёлтый (Mud-yellow)
90-100	Светло-синий (Light-blue)	Красно-коричневый (Purple-red)
120-130	Тёмно-зелёный (Dark-green)	-

Время проявки при 18–20° С составляет 1–2 минуты. Агитация путём покачивания кюветы проводится только первые 30 секунд, далее процесс идёт без перемешивания. Для регулирования насыщенности цвета варьируется количество аммиака.

После проявления пластинки промываются 1 минуту в проточной воде и фиксируются в течение двух минут в 20% растворе гипосульфита натрия (или стандартном нейтральном фиксаже). После следует окончательная промывка в течение 10 минут в проточной воде.

Для компенсации усадки желатинового слоя пластинки помещаются на 30 минут в 2–3% раствор сорбита



Рис. 2. Пример интерференционной фотографии
Fig. 2. Sample interference photography



Рис. 3. Пример интерференционной фотографии с передачей синего и голубого цвета
Fig. 3. Sample interference photography with transmitted blue and dark-blue color



Рис. 1. Графическая зависимость плотности изображения от экспозиции

Fig. 1. Characteristic curve

в воде с несколькими каплями поверхностно-активного вещества. Далее с них аккуратно снимаются лишние капли воды. Пластины сушатся в вертикальном положении в свободном от пыли сухом помещении.

Окончательная стабилизация усадки слоя происходит через несколько дней. После этого требуемая концентрация сорбита уточняется по визуальным впечатлениям о правильности цветопередачи.

Оценка качества проявки осуществляется по таблице 2. Правильно проявленная эмульсия имеет размер частиц 20–30 нм, имеет на просвет в области больших экспозиций оранжевый или красный цвет, в области недодержек размер частиц увеличивается до 60–100 нм, цвет эмульсии на просвет изменяется до тёмно-синего или серого. На рисунке 1 показана графическая зависимость плотности изображения от экспозиции.

На рис. 2 и 3 приведены примеры полученных цветных фотографий. На рис. 4 показан цвет проявленной фотоэмульсии на просвет, на рис. 5 – цвет проявленной фотоэмульсии на отражение под углом, когда условие Брегга не выполняется, и цвет не передаётся.

Заключение

Впервые в современной России освоен метод интерференционной фотографии. Созданы достаточно яркие цветные изображения на желатино-серебряных фотопластинках.

Наглядно показаны основные отличия интерференционной фотографии от голографии. Сложность процесса липпмановской фотографии (по сравнению с голографией)



Рис. 4. Цвет проявленных наночастиц серебра на просвет
Fig. 4. Transmission Light nano silver color



Рис. 5. Цвет проявленной фотозмульсии на отражение в рассеянном свете
Fig. 5. Color of the emulsion at the reflection in diffused light

заключается в необходимости обеспечивать передачу модуляции интерференционной картины в толщине слоя при большом диапазоне интенсивностей изображения.

Разрешение указанного противоречия осуществляется рациональным сочетанием режима физического и химического проявления и полидисперсности фотозмульсии.

альтернативных процессов фотографии. В дальнейшем планируется работать над увеличением формата пластинок, улучшением качества нанесения эмульсионного слоя и повышением яркости изображения.

Освоенная технология может успешно применяться в изобразительной цветной фотографии для съёмки натюрмортов и пейзажей. Возможна и портретная фотография с использованием светосильных объективов. ■

Предложен пригодный для интерференционной фотографии рецепт желатино-бromo-йодосеребряной фотозмульсии и улучшенный метод её проявления.

Полученные результаты имеют также и образовательную значимость. На практике продемонстрированы уникальные особенности передачи цвета и тональных переходов в интерференционной фотографии, а также её недостатки.

Показано, что создание цветных фотопластинок осуществимо и не намного сложнее, чем освоение популярных

ЛИТЕРАТУРА

1. Занин К. А. Мягкорисующие оптические системы – Вельск: Изд-во ОАО «Вельти», 2008.
2. Дидебулдизе А. Цветная фотография на солях серебра. – Кукарка: типография Д. Д. Якимова, 1915.
3. Валента Э. Фотография в натуральных цветах. Часть I: Старые фотохимические способы и липпманский способ прямой цветной интерференционной фотографии – перевод с немецкого, М., Всесоюзный государственный научно-исследовательский и проектный институт фотохимической промышленности, 1972.
4. Хюбль А., Гребе Л., Уолл Э. Цветная фотография – перевод с немецкого, М: Государственное издательство лёгкой промышленности, 1933.
5. Wiener O. Ursache und Beseitigung eines Fehlers bei der Lippmann'schen Farben photographie zugleich ein Beitrag zu ihrer Theorie//Annalen der Physik und Chemie, Leipzig, № 69, 488–530 (1899).
6. Ives H. An experimental study of the Lippmann photography//Astrophysical journal, 1908.
7. Usagin I. F. Practical techniques of photographing by Lippmann's method used for making photos of solids and vapors spectrums//News of Russian association of photography amateurs, 1903.
8. Денисюк Ю. Н. Принципы голографии. – Л.: Изд. ГОИ, 1979.
9. Кириллов Н. И. Высокоразрешающие материалы для голографии и методы их обработки. – М: Наука, 1979.
10. Согоконь А. Б. Липпмановская фотография на слоях хромированной желатины//Тез. Докл. VI Всес. Конф. «Бессеребряные и необычные фотографические процессы», 1984, Суздаль, Т. 1, Ч. 2, с. 251–252.
11. Костылев Г. Д. //Письма в ЖЖТФ 1976, Т. 2. Вып. 23. С. 1086.

REFERENCE

1. Zanin K. A. Soft optic system – Velsk: Publishing house of JSC Velti, 2008.
2. Didebulidze A. The color photo on silver salts. – Kukarka: D. D. Yakimov's printing house, 1915.
3. Valenta E. The photo in natural flowers. Part I: Old photochemical ways and a lippmansky way of the direct color interferential photo – the translation from German, M., All-Union state scientifically research and design institute of the photochemical industry, 1972.
4. Hyubl A., Rowing with L., Wal E. The color photo – the translation from German, M: State publishing house of light industry, 1933.
5. Wiener O. Ursache und Beseitigung eines Fehlers bei der Lippmann'schen Farben photographie, zugleich ein Beitrag zu ihrer Theorie//Annalen der Physik und Chemie, Leipzig, № 69, 488–530 (1899).
6. Ives H. An experimental study of the Lippmann photography//Astrophysical journal, 1908.
7. Usagin I. F. Practical techniques of photographing by Lippmann's method used for making photos of solids and vapors spectrums//News of Russian association of photography amateurs, 1903.
8. Denisjuk Yu. N. Principles of holography. – L.: Prod. GOI, 1979.
9. Kirillov N. I. High resolution materials for holography and methods of their processing. – M: Science, 1979.
10. Sogokon A. B. Lippmann photography on layers bichromate gelatin plated//Tez. Dokl. VI Vses. Konf. "Nonsilver and unusual photographic processes", 1984, Suzdal, T.1, Ch.2, p. 251–252.
11. Kostylev G. D. //Letters in ZhZhTF 1976, T.2. Vyp. 23. Page 1086.
12. Blyth J., Millington R. B., Mayers A. G., Lowe C. R. A diffusion

12. Blyth J., Millington R.B., Mayers A.G., Lowe C.R. A diffusion method for making silver bromide based holographic recording material//Imaging science journal, № 47, 87–92, 1999.
13. Yetisen A.K., Montelongo Y., Qasim M., Timothy H.B.//Photonic Nanosensor for Colorimetric Detection of Metal Ions. Analytical Chemistry, 2015, 87, 5101–5108.
14. Król-Gracz A., Dyonizy A., Nowak P., Michalak E. Preparation and characterization of ultra-fine silver bromide suspension.//Wrocław University of Technology: Chemik 2011.
15. Dyonizy A., Nowak P., Król-Gracz A., Michalak E. Synthesis of silver bromide ultra fine-crystalline suspensions.//Wrocław University of Technology: Chemik 2010, 64, 1, 33–44.
16. Кириллов Н.И., Васильева Н.В., Фельдшерев Е.М. Особо мелкозернистые фотоматериалы с концентрированными «прозрачными» эмульсиями.//Труды международного конгресса по фотографической науке в г. Москве – М., 1970.
17. Bjelkhagen H.I., Ratcliffe D.B. Ultra-realistic imaging advanced techniques in analogue and digital color holography – CRC Press: Taylor & Francis Group. 2013.
18. Bjelkhagen H.I. Silver Halide recording materials for holography and their processing – Berlin: Shpringer-Verlag, 1993.
19. Crawford B.H. The preparation of ultra-fine grain photographic emulsion//J. of Sci. instrum. № 31, 333–335, 1954.
20. Sharma M.K. Formation and characteristics of high resolution photographic plate//Indian Journal of a Chemical Technology, vol.8, March, 2001, pp. 120–127.
21. Абрамова О.О., Ильина В.В.//Фотоматериалы для голографии. Методические указания по проведению лабораторных работ//«СПбГУКиТ», 2004.
22. Ярославская И.Н. Эмульсия высокого разрешения для регистрации трёхмерных голограмм//Регистрирующие среды для голографии – Л: Наука, 1979.
23. Bjelkhagen H.I., Crosby P.G., Green D.P.M., Mirlis E., Phillips N.J. //Fabrication of ultra-fine-grain silver halide recording material for color holography//Article in Proceedings of SPIE – The international society for optical engineering, March 2008.
24. Bjelkhagen H.I., Darran P. M. Green. The True Color of Photography//Glyndŵr University Centre for Modern Optics Hansholo Consulting Ltd, North Wales, 2009.
25. Протас И.Р., Чулков П.М. Фотографические эмульсии с высокой разрешающей способностью//Журнал прикладной химии, Т. XVII, № 11–12, 1944.
26. Ильина В.В. Светочувствительная композиция для голографии//Автореферат кандидатской диссертации, ФГБОУ ВПО «СПбГУКиТ», 2012.
27. Усанов Ю.Е. Влияние состава проявителя на свойства голографического изображения//Регистрирующие среды для голографии – Л: Наука, 1979.
28. Renotte Y., Lion Y., Leclôre P., Wojtaszczyk P. Amelioration des performances des emulsions aux halogen uresd 'argent utilisôes en horographelei, in proc, OPTO91 (ESI publications), Paris 1991, pp. 325–331.
29. Harvey W. Solution Physical development – An Experiment's Delight. Article on Photography, www.unblinkingeye.com.
- method for making silver bromide based holographic recording material//Imaging science journal, № 47, 87–92, 1999.
13. Yetisen A.K., Montelongo Y., Qasim M., Timothy H.B.//Photonic Nanosensor for Colorimetric Detection of Metal Ions. Analytical Chemistry, 2015, 87, 5101–5108.
14. Król-Gracz A., Dyonizy A., Nowak P., Michalak E. Preparation and characterization of ultra-fine silver bromide suspension//Wrocław University of Technology: Chemik 2011.
15. Dyonizy A., Nowak P., Król-Gracz A., Michalak E. Synthesis of silver bromide ultra fine-crystalline suspensions//Wrocław University of Technology: Chemik 2010, 64, 1, 33–44.
16. Kirillov N.I., Vasilyeva N.V., Feldsherov E.M. Paramedics fine-grained photographic materials with the concentrated "transparent" emulsions.//Works of the international congress on photographic science in Moscow – M., 1970.
17. Bjelkhagen H.I., Ratcliffe D.B. Ultra-realistic imaging advanced techniques in analogue and digital color holography – CRC Press: Taylor & Francis Group. 2013.
18. Bjelkhagen H.I. Silver Halide recording materials for holography and their processing – Berlin: Shpringer-Verlag, 1993.
19. Crawford B.H. The preparation of ultra-fine grain photographic emulsion//J. of Sci. instrum. № 31, 333–335, 1954.
20. Sharma M.K.. Formation and characteristics of high resolution photographic plate//Indian Journal of a Chemical Technology, vol.8, March, 2001, pp. 120–127.
21. Abramova O.O., Ilyina V.V. Photographic materials for holography. Methodical instructions on carrying out laboratory works//"SPBGUKIT", 2004.
22. Yaroslavskaya I.N. Emulsion of high resolution for registration of three-dimensional holograms//the Registering environments for holography – L: Science, 1979.
23. Bjelkhagen H.I., Crosby P.G., Green D.P.M., Mirlis E., Phillips N.J. Fabrication of ultra-fine-grain silver halide recording material for color holography//Article in Proceedings of SPIE – The international society for optical engineering, March 2008.
24. Bjelkhagen H.I., Darran P. M. Green. The True Color of Photography//Glyndŵr University Centre for Modern Optics Hansholo Consulting Ltd, North Wales, 2009.
25. I.R. Protas, P.M.Chulkov. Photographic emulsion with high resolution // Journal of Applied Chemistry, T.XVII, №11–12, 1944.
26. Ilyina V.V. Photosensitive composition for holography//The Abstract of the master's thesis, FGBOU VPO "SPBGUKIT", 2012.
27. Usanov Yu.E. Influence of composition of developer on properties of the holographic image//The Registering environments for holography – L: Science, 1979.
28. Renotte Y., Lion Y., Leclôre P., Wojtaszczyk P. Amelioration des performances des emulsions aux hatogenuresd 'argent utilisôes en horographelei, in proc, OPTO91 (ESI publications), Paris 1991, pp. 325–331.
29. Harvey W. Solution Physical development – An Experiment's Delight. Article on Photography, www.unblinkingeye.com.



ПРОБЛЕМА АУТЕНТИЧНОСТИ при восстановлении цветных фильмов



Н. Майоров, режиссёр-оператор, киновед,
henrymay@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема аутентичности цвета при цифровом восстановлении цветных фильмов на примере восстановления двухцветного фильма «Майская ночь». Поднимается вопрос соответствия цвету оригинала хранящихся в киноархивах копий. Показывается отсутствие стандарта цветной печати фильмокопии на примерах различного описания цветового решения фильма в рецензиях региональных изданий.

Ключевые слова: цветной кинематограф, реставрация, двухцветный и трёхцветный процессы, аутентичность.

THE PROBLEM OF AUTHENTICITY IN RESTORING COLOR FILMS

N. Mayorov, henrymay@mail.ru

Abstract

The problem of the authenticity of the colors in the digital reduction of color films on the example of the two-color film recovery "May Night". Understand the question matches the color of the original stored in film archives copies. It shows the lack of a standard color print film copies on examples of various descriptions of color solutions in the movie reviews of regional publications.

Keywords: color film, restoration, two-color and three-color process, authenticity.

■ Десятки, сотни, тысячи коробок с фильмами хранятся в киноархивах мира, стройными рядами сохраняя фундамент, стены и колонны истории становления и развития мирового кинематографа. Но глядя на эти, с виду простые железные коробки в фильмохранилищах, вспоминаются лермонтовские строки, что это «не безмолвная громада камней холодных, составленных в симметрическом порядке... нет! у неё есть своя душа, своя жизнь. Как в древнем римском кладбище, каждый её камень хранит надпись, начертанную временем и роком, надпись, для толпы непонятную, но богатую, обильную мыслями, чувством и вдохновением для учёного, патриота и поэта!..»

Киноведы, историки кино в своей повседневной работе постоянно обращаются к этим бессметным

киносокровищам, изучают их, анализируют творческий стиль и почерк творцов кинематографа, пишут научные работы, создают стройные художественные теории, защищают диссертации. И всё это делается на основе просмотра сохранившихся копий фильмов. Копий, которые почему-то принято считать безусловным носителем результата творческого труда съёмочной группы. Такую безусловность можно принять для оценки работы сценариста, актёров, композитора фильма. Но для оценки работы режиссёра, художника и, конечно, оператора эта безусловность может быть ошибочной. Особенно это относится к фильмам, сохранившимся в единственной копии, которую сравнить более не с чем. Но когда вдруг, спустя много лет, учёный видит восстановленный вариант фильма, пол-

ностью разрушающий его прежнее восприятие стиля, цвета и света в конкретном фильме, когда пред ним предстаёт совершенно другая цветовая палитра, меняющая представление о сформировавшейся годами творческой концепции режиссёра и оператора, он невольно восклицает: «Это ужасно, потому что очень хорошо!». Именно это восклицание вырвалось из уст всеми уважаемого историка кино и киноведа Евгения Яковлевича Марголита на техническом просмотре восстановленной двухцветной «Майской ночи», когда вместо привычного серого, грязного, пожелтого цвета копии 1940 года на экране засветилось чистое, сочное цветное изображение...

Негатив раскрывает тайны «Майской ночи»

Сохранившаяся в Госфильмофонде одна-единственная, не лучшая цветная позитивная копия двухцветной «Майской ночи» режиссёра Николая Садковича, снятая в 1939 году пионером советского цветного кино цветооператором Николаем Кульчитским, несколько десятилетий скрывала от глаз зрителей и специалистов подлинный цветной шедевр первопроходцев отечественного цветного кино. Этот нитропозитив похоронил в себе не только мастерское владение Н. Кульчитского богатейшей палитрой цвета, знанием закономерностей цветопередачи и творческим их использованием в двухцветном процессе, но и сложнейшие комбинированные кадры, блестяще выполненные на несовершенной технике того времени.

К счастью, в закромах Госфильмофонда России все эти годы бережно хранились и ждали своего часа оригинальные цветоделённые негативы ViPack Agfa. Именно они и позволили по-новому взглянуть на старый цветной фильм, увидеть его подлинное качество и мастерство

светописи и цветописи Николая Кульчитского. Отсканированные негативы поразили своим качеством как по проработке мельчайших деталей в светах и в тенях, так и по резкости изображения большинства кадров. Ни то и ни другое высокое качество негативного материала технология печати цветных копий на DipoFilm по двухцветному методу в 30-е годы прошлого века не позволяла сохранить в полной мере. Специалисты хорошо знают, что даже сегодня практически невозможно отпечатать две одинаковые по цвету цветные копии на самой современной киноплёнке. Тем более, это было практически невозможно при изготовлении цветного позитива на DipoFilm тогда. Примитивное оборудование для двухсторонней печати с цветоделённых негативов и практически полуручное вирирование позитива, трудности с красителями не позволяли стандартизировать процесс получения цветных копий. Каждая цветная копия двухцветного фильма была уникальна и отличалась от другой и по свету, и по цвету, и по резкости.

Цифровое сведение отсканированных цветоделённых негативов представило нам удивительную цветную картину с мельчайшими деталями, вплоть до листьев на деревьях на общих планах, не говоря уже о проработке деталей костюмов персонажей.

Соединённые воедино красно-фильтрованное и синезелёное изображения в большинстве кадров поразило богатством и разнообразием цветов, почти недостижимом в двухцветном процессе. А некоторые кадры вообще создавали иллюзию полноцветных. Мастерство кинооператора Николая Кульчитского, помноженное на его блестящее владение искусством цветооператора, позволило поставить недостатки двухцветного метода на службу решения творческих задач, в одних сценах избавить зрите-



ля от монохромности и искажённости в передаче цвета, в других – наоборот, осмысленное использование недостатков системы для художественного цветового решения кадра.

Нитропозитив скрывал и искажал удивительные по пластике цвета и света комбинированные кадры. Именно эти кадры в цифровом варианте позволяют уверенно говорить о невысоком качестве дошедшего до нас цветного позитива. Ибо трудно представить, что режиссёр, оператор, декораторы, осветители и, наконец, актёры создают и снимают кадр, включающий в себя несколько видов комбинированных съёмок для того, чтобы в копии получить его тёмным и невыразительным. Кадр выхода утопленниц из воды, например, состоит из обычной первой экспозиции и второй экспозиции, снятой обратной съёмкой. Это создаёт фантастический эффект не только выходом сухих девушек из воды, но и неестественным движением самой воды, что ещё более усиливает фантастичность происходящего. Но на нитрокопии мы видим только силуэты девушек, выходящих из чего-то чёрного, мало похожего на воду.

Совершенно по-другому в цифровом варианте смотрится и проход Левко и Панночки по берегу озера. В первой экспозиции снят Левко на берегу озера, второй экспозицией полупрозрачная Панночка, третьей экспозицией – полупрозрачные девушки, танцующие на другой стороне озера и отражающиеся в воде. На нитропозитиве мы видим только силуэты Левко, Панночки и силуэты девушек, танцующих у чёрной дыры.

Конечно, 75 лет тому назад отечественные фильмы, делавшие только первые шаги в освоении цвета даже своим, не совсем качественным исполнением цветных копий, поражали неискущённых зрителей и вызывали восторг. Сегодня, восстанавливая двухцветные фильмы цифровым способом, мы поражаемся мастерством отечественных цветников-первопроходцев. По-новому открываем для себя грани их талантов. Используя современные методы работы с киноматериалом, у нас, наконец, появилась возможность в полном объёме и высоком качестве увидеть реализацию замыслов их создателей. Одновременно с этим возникла проблема аутентичности восстановленных материалов по цвету. Встал вопрос о том, насколько качественно сохранилось цветоделение на исходном материале и что может быть отправной точкой для сверки идентичности оригинала и копии.

Проще с исходными материалами. Двухцветный и трёхцветный процесс, в отличие от многослойных цветных негативных плёнок, проводится на чёрно-белой плёнке, практически не склонной к выцветанию с годами. К сожалению, цветной многослойный кинонегатив этим недостатком страдает.

В трёхцветном процессе цветоделение проводится за тремя цветными фильтрами, со стандартной для каждого длиной волны, и снимается на известные по своей цветочувствительности чёрно-белые киноплёнки. Соответственно, при «сложении» трёх цветоделённых изо-

бражений через соответствующие фильтры мы получим максимально близкий к оригиналу цвет.

Сложнее обстоит дело с двухцветным процессом, при котором полноцветного деления нет. Качество цветоделения во многом здесь зависит от пары плёнок BiPack, благодаря чему происходит разделение цвета без фильтров, и получение цветоделённых негативов происходит за счёт использования двух различных негативных плёнок, чувствительных к своим зонам спектра.

В кинематографии передняя плёнка (в отечественном кинопроизводстве получившая название «Фронт-фильм») – ортохроматическая, чувствительная к синезелёным лучам, и съёмка на неё производится без дополнительного фильтра – передний негатив фиксирует синезелёный участок спектра. «Фронт-фильм» обращён к объективу целлулоидом, через который и экспонируется. Задняя же плёнка экспонируется через переднюю, служащую одновременно оранжево-красным светофильтром, который нанесён на её эмульсию и при проявлении смывается.

Задняя плёнка («Рюк-фильм») – панхроматическая, практически чувствительная (хотя и не совсем одинаково) ко всем цветам видимого спектра. Но из-за того, что на эмульсии передней плёнки полит красный фильтрующий слой, то на заднюю плёнку проходит только красно-оранжевый участок спектра. Следовательно, на «Рюк-фильме» фиксируется красно-оранжевый участок спектра.

Таким образом, одновременно экспонируются два негатива, полностью совпадающие по контуру, без временного и пространственного параллакса. С двух цветоделённых негативов производится печать на специальную позитивную плёнку «Дипо-фильм», политую эмульсией с двух сторон. Каждая из них вирируется в соответствующий цвет, дополнительный к цвету, в котором снимался негатив.

Сегодня при восстановлении старых двухцветных фильмов, снятых методом «Бипак», для получения «правильной» цветопередачи очень важно знать, на каком комплекте плёнок они снимались. То есть, какие составляющие пары цветов фиксировал оригинал:

БИПАК «Agfa BiPack Film» (Агфа Бипак Филм). Составляющая пара цветов: красно-оранжевый/синезелёный;

БИПАК «Rainbow Negative» (Рэйнбоу Негатив). Составляющая пара цветов: синий/оранжево-красный;

БИПАК «Gevaert BiPack» (Гиверт Бипак). Составляющие цвета: оранжево-красный/синезелёный;

БИПАК «Kodak Orthochromatic & Panchromatic Bipack». Составляющая пара цветов: синий/оранжево-красный.

В 30-е годы полное отсутствие в нашей стране пригодной отечественной киноплёнки для съёмки даже чёрно-белых фильмов, не говоря о цветных, полностью возмещалось импортом. В отечественном двухцветном процессе в основном стали использовать комплект плёнок бипак «Agfa bipack film» (передняя плёнка – ортохроматическая, задняя плёнка – панхроматическая), как наиболее лучший из всего ассортимента.

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

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

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

И вот здесь начинаются трудности восстановления. Имея цветоделённые негативы как двухцветные, так и трёхцветные, зная точный состав стандартных красителей, мы достаточно легко цифровым способом можем получить цветное изображение для трёхцветного процесса, максимально точное для передачи цветов на съёмочной площадке, для двухцветного процесса – в соответствии с двухцветной передачей цветов. Но нам совершенно неизвестно, какие и в каких кадрах корректировки проводили цветооператоры при печати цветных копий и проводили ли их вообще. Впервые с этой проблемой автор этих строк столкнулся при восстановлении первого советского экспериментального двухцветного фильма «Карнавал цветов» 1935 года.

Работа по восстановлению этого фильма – тоже своеобразный эксперимент и для автора этих строк, и для сотрудников участка цифровой работы с фильмовыми киноматериалами Госфильмофонда России, которым руководит настоящий энтузиаст своего дела Владимир Николаевич Котовский. Он и сотрудники участка бережно, кадр за кадром, несмотря на сильную и неравномерную усадку, с максимальным качеством отсканировали все сохранившиеся цветоделённые негативы на «Agfa birask film» на 35-мм английском фильм-сканере с разрешением 3 К.

Первые эксперименты по сведению цветоделённых изображений в цветное вызвали настоящий шок – на экране цвет. Цвет яркий, сочный, почти естественный. Почти – так как при двухцветном способе съёмки получить правильную цветопередачу практически невозможно. Но в этом-то и заключалась часть мастерства первых советских цветников, работающих с двухцветкой: объекты в кадре не должны иметь цвета, которые исказятся на цветной копии и вызовут отторжение при восприятии. Небо не может быть зелёным, а трава серо-

голубой. Выше уже было сказано, что пионеры цветного кино придумали и применяли различные красители, позволявшие корректировать цвет и добиваться более точной цветопередачи. Виражи для каждого плана подбирались специально. В то же время и вирирование, и усиление изображения на киноплёнке неизбежно приводят к увеличению зернистости и, как следствие, к ухудшению резкости. Ухудшение резкости происходит при печати позитива на Dipo Film, так как оба эмульсионных слоя разделены подложкой. При восстановлении двухцветного фильма цифровым способом резкость оригинала остаётся неизменной в течение всего процесса восстановления. Если сравнить кадр на Dipo Film с таким же кадром, полученным цифровым способом, то в последнем резкость изображения заметно выше, чем на Dipo Film. Это является первым преимуществом восстановления двухцветного фильма цифровым способом. Усадка Фронт-фильма и Рюк-фильма при печати на Dipo Film неизбежно приводит к образованию цветной каймы в результате несведения одноимённых элементов изображений и практически не поддаётся исправлению. При цифровом восстановлении возможна покадровая коррекция несведения и исправления последствий усадки каждого кадра. Работа эта трудоёмкая и кропотливая, но позволяющая устранить почти полностью, а иногда и совсем избавиться изображение от последствий усадки цветоделённых негативов – это второе преимущество цифрового восстановления. Третьим преимуществом является возможность реставрации и восстановления утраченных элементов изображения, удаление пятен, точек и царапин. Четвёртым – возможность цветокоррекции не только каждого плана фильма, но каждого кадрика. Большим подспорьем здесь является система цветокоррекции Nucoda компании Digital Vision, позволяющая автоматизировать многие процессы.

Цветокоррекция при восстановлении «Карнавала цветов» – самый сложный процесс. При восстановлении фильма необходимо максимально точно возродить цвет первоисточника, оригинальный цвет. Зная, на каком комплекте бипака снимался фильм, можно достаточно точно заложить характеристики цвета при сведении Фронт- и Рюк-фильма и получить оригинальный цвет объекта, максимально точный для двухцветной системы. Но практически невозможно восстановить авторский цвет, если таковой был на цветной копии, так как неизвестно, какие виражи для каждого плана использовались при вирировании Dipo Film Ф. Ф. Проворовым. Оригинальный цветной позитив 1935 года не сохранился, как и не сохранился технический паспорт виража. Поэтому при восстановлении цвета первой части «Карнавала цветов» приходилось сравнивать полученное цветное изображение с оригинальными полноцветными репродукциями с картин, снятых в фильме. Надо заметить, что создатели фильма, понимая невозможность правильной цветопередачи всего спектра, подбирали для съёмки такие картины, цвет которых передаётся в двухцветном

процессе с минимальными искажениями, а в некоторых случаях совсем без искажений.

Сравнение аутентичности цвета фильма с известными живописными полотнами, как метод, пригодный для идентификации, вызвал сомнение у известного киноведа Петра Багрова, который задал резонный вопрос: «А могли ли получить такой цвет на двухцветной копии в 1935 году». Петра заинтересовал вопрос возможности получения в 30-е-40-е годы при печати цветных двух- и трёхцветных копий тех высококачественных цветов и цветовой гаммы, полученной при цифровом восстановлении в наши дни.

Однозначно ответить на этот вопрос сложно. Сегодня можно точно сказать, чего невозможно было получить на цветных копиях в те годы из-за технологических особенностей печати и проекции, и что удаётся получить сегодня при цифровом восстановлении:

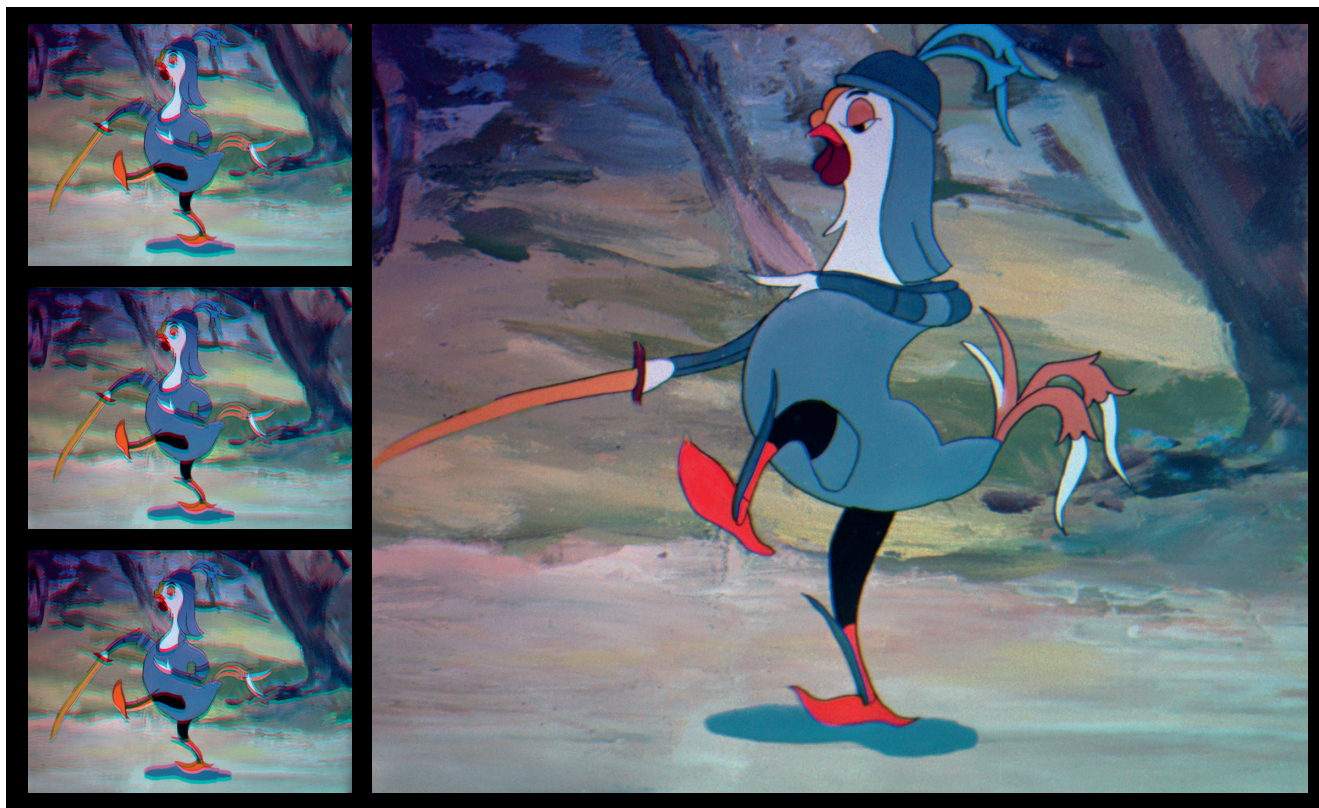
1. Резкость изображения полностью сохраняет резкость оригинального негатива;
2. Полная стабилизация изображения при «проекции»;
3. Стопроцентная стабильность и равномерность «красителей»;
4. Максимальное сведение цветоделённых изображений и практически полная ликвидация цветных контуров, возникающих из-за усадки киноплёнки и неустойчивости кадра в копирувальном аппарате.

Последнее достигается покадровым сведением цвета в каждом кадре. Так, в трёхцветном анимационном фильме Тбилисской киностудии «Золотой гребешок»

21006 кадров, каждый из которых состоит из трёх цветоделённых кадров. Ниже представлены три последовательные фазы из этого фильма после цифрового сложения исходных материалов. На кадрах хорошо видно несведение красного, синего и зелёного цвета. Ниже показан кадр после точного сведения всех слоёв. Фактически при восстановлении этого фильма покадрово сводились практически 42012 кадров двух цветов по отношению к 21006 кадрам третьего цвета.

Что касается высококачественных цветных копий, то относительно массовая печать трёхцветных копий гидротипным способом или методом хромированной желатины П. М. Мершина уже в предвоенные годы была на высоком техническом уровне. Чего нельзя уверенно сказать о печати копий двухцветных фильмов на Duro Film. Но с большой долей вероятности можно утверждать, что и этим способом получались единичные экземпляры высокого качества, например, для кремлёвского просмотра.

Вопрос только в том, копии какого качества сохранились в Госфильмофонде и Российском архиве кинофотодокументов (РГАКФД). Каких-либо свидетельств о том, что эти копии были эталонными или однозначно максимально близкими к авторскому варианту, нет. Известно, что было напечатано более 60 копий двухцветной «Груни Корнаковой», но в Госфильмофонде сохранился только один экземпляр. Конечно, было бы любопытно сравнить её цвет и качество с копиями в других киноархивах мира, если таковые имеются. Пока такой возможности нет, да вероятно, никто и не занимался этим вопросом.



Кадры несведения цвета (сверху) и исправленный кадр из анимационного фильма «Золотой гребешок» (1947)
 Frames are not color information (top) and the corrected frame of the animated film «The Golden Scallop» (1947)

К сожалению, это относится и к другим двухцветным, да и трёхцветным фильмам, оригинальные копии которых сохранились в единственном экземпляре. С большой долей уверенности можно сказать, что копии эти не лучшие и не могут служить ориентиром для восстановления цвета и являются спорными носителями цветной информации.

Надо заметить, что любая копия, кроме эталонной, подписанной оператором-постановщиком, эталоном служить не может.

Я уже упоминал, что у нас в стране цветные трёхцветки печатались двумя способами – гидротипным и методом хромированной желатины. И хотя эти копии печатались с одного комплекта исходных цветоделённых негативов, цвет позитивов имел существенные отличия друг от друга. Гидротипная копия печатается на бланкфильме после предварительной печати на него полутонного чёрно-белого изображения, усиливающего резкость и чёрные тона. А копия по методу П. М. Мершина печаталась только тремя цветами, и чёрный цвет образовывался путём сложения этих цветов.

При восстановлении трёхцветного фильма «Цветущая юность» 1939 года у меня была возможность детально просмотреть, что называется «под микроскопом», оригинальную Мершинскую цветную копию, сохранённую РГАКФД. Она, относительно приличная по цвету, не обладает той резкостью и чёткостью изображения, которые были получены при сканировании оригинальных цветоделённых негативов. А ещё, изображение на этой копии состояло из мельчайших, хорошо заметных при проекции на экран, кракелюров. Эти кракелюры возникают из-за технологии полива слоёв при печати цвета этим методом.

Возникает вопрос: а должны ли мы при восстановлении цветного варианта для получения аутентичности ухудшать резкость и пускать по изображению кракелюры. Уверен, что нет!

Читать нельзя не читать

Вернёмся к «Майской ночи». Неоспоримым фактом является, что та единственная, сохранившаяся с 1940 года, цветная копия на протяжении 70 лет была для этого фильма единственным источником визуальной информации, основанием для построения исследователями выводов по стилистике фильма, творческому почерку его создателей. В конечном итоге – для оценки труда создателей в освоении сложного цветного процесса. Сегодня никто не подвергает сомнению, что цветооператор Николай Леонидович Кульчитский – мастер светописи и цветописи, продолживший свои творческие изыскания в области цветного кино вплоть до середины 80-х годов прошлого века. Работая над восстановлением цвета фильма «Майская ночь» с его исходными цветоделёнными негативами, очень хотелось максимально вернуть, восстановить всё, что было заложено оператором в кадре. Показать современному зрителю мастерство на-

стоящего художника. Проблема аутентичности стала, как никогда, главной.

Маленькое отступление. Когда я впервые посмотрел цветной нитропозитив «Майской ночи», то напрочь отбросил идею заняться её восстановлением. Я не видел смысла тратить время и здоровье на работу с полуцветным, а вернее, полусерозелёным, тёмным и невыразительным фильмом. Оценка увиденного полностью совпала с оценкой, данной среди прочих и этому фильму во втором томе «Истории советского кино»: «... были попросту слабыми, не талантливыми, скучными пересказами гоголевских сюжетов...». Несколько позже, в период восстановления первенца советского двухцветного кино «Карнавал цветов», у меня возникла идея параллельно провести работу по восстановлению по одной части из игровых двухцветных фильмов «Сорочинская ярмарка» (1939) и «Конёк-Горбунок» (1941). «Груню Корнакову» методом цифрового сведения цветоделённых негативов восстановить нельзя, к сожалению, сохранился только негатив Фронт-фильм. Рюк-фильм утрачен. Для пробы была выбрана седьмая часть «Майской ночи», как самая сложная по разнообразию условий и методов съёмки: павильон, натура, различные виды комбинированных съёмок. Как написано было выше, «соединённые воедино красно-фильтрованное и сине-зелёное изображения в большинстве кадров поразили богатством и разнообразием цветов, почти не достижимом в двухцветном процессе». Эта проба подвинула на восстановление фильма полностью.

А могут ли книжные, газетные материалы помочь в достижении аутентичности? Являются ли они объективными? И Да и Нет. Каждая такая статья – субъективное восприятие автора, основанное на увиденном, на просмотре конкретной копии. И если работу режиссёра, актёров, композитора можно оценить и по жутко контрастированной чёрно-белой копии, то качество светописи и цвета, колористическое решение фильма – невозможно. Но такие публикации дают основание сомневаться и в аутентичности госфильмофондовой копии.

«Этот фильм цветной и тем более ценна передача пейзажа, всех его красок, и в сумерки, и в ранний предутренний час. Ветви яблонь, сгибающиеся под тяжестью нежнорозовых цветов, холодный мрачный пруд, небо, пламенеющее закатом, роскошные сады – всё передано красиво, ярко... Точно в серебряном тумане мелькали девушки на берегу пруда, их лёгкие фигуры растворялись в лунном свете. И панночка, скользящая неслышно по траве, её нежная, грустная улыбка, пустынный, «страшный» дом, сияющий огнями, – всё проплывает перед зрителями в лёгкой дымке, придающей кадрам колорит сказочности. Эти кадры, безусловно, лучшие



Кадры из фильма «Майская ночь» (1940)
Stills from the film «May Night» (1940)



в фильме» – написала в марте 1941 года Н. Базанова, журналист газеты «Крымский комсомолец».

В газете «Советская Сибирь» 16 апреля 1941 года в рецензии на фильм читаем:

«В техническом отношении «Майская ночь» – шаг вперёд по сравнению с другими цветными фильмами. Правда, и в этом фильме местами краски выглядят неестественно, *зелень недостаточно зелена, красный цвет больше похож на коричневый* и т. д. Эти недостатки в значительной мере объясняются ограниченными возможностями «виражной двухцветки», при помощи которой сделан фильм. Зато хороши белые мазанки, вырисовывающиеся в лунном свете, *шелковисто-голубая вода, цветущие яблони и черешни*».

А вот выдержки из рецензии К. Пиотровского в третьем номере журнала «Искусство кино» за 1941 год: «*Чрезмерная условность красок почти не разрушает реальности этого мира, хотя навязчивый, коричнево-красный или сине-фиолетовый цвет физиономий* постоянно заставляет зрителя делать поправки... но эти эпизоды не основные в фильме. Постановщиков привлекали *серебристо-туманные краски* другого мира – романтического. А здесь-то и начались ошибки». «Постановщик-сценарист не понял, не почувствовал повести Гоголя. В «Майской ночи» *есть несколько удачных кадров с глубоким чёрным пейзажем, синеватым отливом воды, туманом, мутными видениями* (цветооператоры Н. Кульчитский и Г. Клебанов). *Однако в основном пейзаж фильма нам кажется неудачным. Прежде всего, он не имеет ничего общего ни с Гоголем, ни с Украиной.* «Майская ночь» – только начало действительной борьбы за качество цвета как выразительного средства в художественном фильме, *не совсем успешное из-за выдуманного ограничения цветовой гаммы, не связанного с содержанием*».

Складывается впечатление, что авторы этих рецензий смотрели разные цветные фильмы. Но эти рецензии объединяет то, что в госфильмофондовском нитропозитиве «Майской ночи» нет ни *нежно-розовых цветов, ни пла-*

менеющего закатом неба, ни роскошных садов – переданных красиво и ярко. Так же как нет и коричнево-красных или сине-фиолетовых физиономий, и нет кадров с глубоким чёрным пейзажем. Нет шелковисто-голубой воды и воды с синеватым отливом. Но всё это есть в цветodelённом негативе и появилось в восстановленном цифровым методом цветном варианте. И упрёки К. Пиотровского «тональность фильма/.../искусственно ограничена колоритом ночных сцен» и «ограничения цветовой гаммы, не связанного с содержанием» при просмотре этого варианта не находят своего подтверждения.

Разделяй и властвуй!

Итак. В негативе – есть, в позитиве – нет. Вспоминая вопрос Петра Багрова: «А могли ли получить такой цвет на двухцветной копии?», повторим и наш вопрос: «А что это была за копия, и почему она такая?». А сколько цветных копий было выпущено в прокат в марте-апреле 1941 года? И зададим ещё один вопрос, а все ли копии печатали и вирировали с полным соблюдением технологического процесса? Искусственное ограничение колоритом ночных сцен, по словам К. Пиотровского, может стать одним из ключей ответа на вопрос о качестве печати копии.

Здесь уже упоминалось, что пионеры советского цветного кино придумали и применяли различные красители, позволявшие корректировать цвет и добиваться более точной цветопередачи. Вирази для каждого плана подбирались специально. ДЛЯ КАЖДОГО плана – это значит, что каждый план печатался и вирировался отдельно. Следовательно, цветная копия фильма собиралась из нескольких кусков. Другого варианта нет. Посмотрим, сколько склеек на нитропозитиве «Майской ночи». Возьмём, к примеру, вторую часть нитрокопии, где всего 3 склейки. И это при том, что в этой части, как минимум, 16 сцен с различным цветовым режимом съёмки. Я делаю акцент на цветовом режиме, потому что разницу в экспозиции при печати копий исправляют без разрезания плёнки. А для исправления цвета при изготовлении копии двухцветного фильма



Пример изменения цвета фона за счёт смены виража
 Example of changing the background color by changing the bend



Оригинал в RGB
 Original in RGB

Multiplу Рюк-фильм и Фронт-фильм с индивидуальной свето- и цветокоррекцией и использованием подбора цвета виражей
 Multiplу Ryuk-film and film-front with individual light and using color correction and color matching bends

Multiplу Рюк-фильм и Фронт-фильм с постоянной парой виражей
 Multiplу Ryuk-film and film-front with a constant pair of bends

процесс точной коррекции цвета и экспозиции взаимосвязаны и возможны только при раздельном вирировании каждого, подлежащего исправлению плана. Следовательно, во второй части цветной копии фильма «Майская ночь» количество раздельно вирируемых кусков должно быть больше. Отвечая на вопрос П. Багрова, надо сказать, что можно было в предвоенные годы напечатать копию или копии высокого качества с цветопередачей, соответствующей возможностям двухцветного цветосложения. Вспомним, что ViPack Agfa производит цветоделение на красно-оранжевую и сине-зелёную составляющие. Следовательно, представляется большой диапазон для коррекции цвета и в красной зоне, и как это ни странно, в синей и зелёной зонах спектра. Другое дело, что получить в одном кадре синее небо и зелёную траву по законам двухцветного цветосложения практически невозможно. Но возможно получить пограничные сине-зелёные цвета или делать один из них доминирующим. На снимках ниже представлен пример изменения цвета фона одной и той же сцены без изменения цвета персонажей и их одежды в результате подбора пары виражей.

Закономерен будет вопрос, а можно ли напечатать относительно приемлемую цветную копию с минимальным количеством раздельных виражных кусков, делая коррекцию цвета только за счёт изменения чёрно-белой гаммы при печати дипофильма. Конечно, можно. И, вероятно, «массовый» тираж так и проводился. И, видимо, копия «Майской ночи» из собрания Госфильмофонда, исходя из минимального количества виражных склеек, относится к таким копиям.

Для наглядности посмотрим, каким будет цвет в копии без смены виражей на планах. В левой колонке представлены цветные кадры без какой-либо свето- и цветокоррекции, полученные в RGB с двухцветных негативов (Рюк-фильм введён в канал R (с последующей коррекцией в красно-оранжевый), Фронт-фильм (сине-зелёный) введён в каналы G и B). Таким образом мы можем увидеть оригинальный «съёмочный» цвет и свет. В средней колонке цветные кадры, полученные сведением Рюк-фильм и Фронт-фильм с помощью функции Multiply с индивиду-

альной свето- и цветокоррекцией, с использованием подбора цвета виражей, рекомендованных для двухцветной печати. В правой колонке цветные кадры, полученные сведением Рюк-фильм и Фронт-фильм с помощью функции Multiply с постоянным цветом пары виражей и цветокоррекцией только за счёт изменения чёрно-белой гаммы.

Правая колонка кадров наглядно демонстрирует, что использование одной пары виражей для всей части не даёт, например, возможности передать цвет *пламенеющего закатом неба*, описанного в одной из рецензий. Именно такой способ печати тиражной цветной копии и создаёт, по словам К. Пиотровского, «ограничение колоритом ночных сцен».

Женщина в белом?

Бытует мнение, что цветные виражные копии, в отличие от цветных копий на позитивной плёнке, не выцветают. Кто это сказал и когда, сегодня уже никто не помнит, но часто любят вспоминать, что Technicolor по цвету стандартный и «вечный». А так ли это?

Вначале о стандарте цвета. Берём с сайта The American WideScreen Museum <http://widescreenmuseum.com/oldcolor/technicolor6.htm> три цветоделённых позитива первого полнометражного цветного фильма «Becky Sharp» 1935 года производства и либо в Adobe Photoshop, либо в Adobe After Effects, как и в примере с двухцветными позитивами, проводим операцию ввода каждого в свой канал RGB. Можно провести эту операцию и в системе цвета CMYK. Таким образом, мы цифровым способом проводим операцию «гидротипной печати» цветной копии.

В результате, независимо от способа ввода в RGB или CMYK, получаем стандартный цвет трёхцветного Technicolor. Как говорится, что сняли, то и получили. То есть перед нами кадр в «красках», принятых компанией Technicolor для производства цветных фильмов по трёхцветной системе в 30-е годы прошлого века, использовавшейся до начала 50-х.

А теперь посмотрим дошедшие до нас копии. Случайно или нет, но в год 80-летнего юбилея фильма выяс-



Цветоделённые позитивы из фильма «Becky Sharp» (1935)
Color-separated positives from the movie «Becky Sharp» (1935)



Цветной позитив из фильма «Becky Sharp» (1935)
Color positive from the film «Becky Sharp» (1935)

нилось, что хранившиеся в Госфильмофонде России две цветные Technicolor копии этого фильма, по оценкам специалистов-архивистов, лучшие из сохранившихся в мире. Лучшая (!) из двух была отреставрирована и показана на очередном кинофестивале архивного кино «Белые столбы–2015».

Нетрудно заметить, что ни один из представленных сканов не сходится по цвету с оригиналом Technicolor. А кадр с DVD BrendWood Communications ещё и выцвел.

Вот ещё пример из того же фильма.

Так какого цвета платье у героини в исполнении Мэриам Хопкинс (Miriam Hopkins) – жёлтое, белое или розовое? А какой кадр можно считать аутентичным по цвету и взять за основу для проведения цветной реставрации? А ведь всё это сканы с оригинальных цветных копий Technicolor.



Кадр из копии Госфильмофонда России
Frame from a copy of the Russian Gosfilmofond



Кадр из копии на DVD Alpha Video
Frame from a copy on DVD Alpha Video



Кадр из копии на DVD BrendWood Communications
Frame from a copy on DVD BrendWood Communications



Кадр из «Becky Sharp» от реставраторов UCLA Film & Television Archive
Frame from «Becky Sharp» restorers from UCLA Film & Television Archive

Читатель может сказать, что это частный случай, фильму 80 лет. Возьмём фильм помоложе. «Полночный поцелуй» (That Midnight Kiss) 1949 года выпуска. Вопрос остаётся тот же, какого цвета платье у героини актрисы Кэтрин Грейсон (Kathryn Grayson)?

Мы не будем утруждать читателя ссылками на описание цвета костюма Марио Ланца (Mario Lanza), но в оригинале он насыщенного синего цвета. В эту подборку включён и кадр с явно выцветшим цветом, хотя и эфирный кадр компании «ТСМ» также подтверждает недолговечность цвета в Technicolor.

Переходя на трёхцветный гидротипный способ, компания Technicolor акцентировала внимание на том, что в двухцветном способе гидротипии были проблемы с чистотой красного цвета. А с учётом того, что пара составляющих цветов



Кадр из копии Госфильмофонда России
Frame from a copy of the Russian Gosfilmofond



Кадр из копии на DVD Alpha Video
Frame from a copy on DVD Alpha Video

состояла из красного и зелёного, но были проблемы и с синим цветом. Трёхцветка Technicolor эти проблемы не только сняла, но и стандартизировала технологию съёмки и печати цветных копий и, в первую очередь, за счёт стандартизации красителей для гидротипной печати. Годы позже и советская трёхцветка стандартизировала процесс печати, обеспечив



Кадр с киноплёнки, телеэфир TCM и DVD из фильма «Полночный поцелуй» (That Midnight Kiss) (1949)
 Frame from motion-picture film, television time TCM and DVD of the movie "That Midnight Kiss" (1949)



Кадр из двухцветного фильма «У тёплого моря» (1940). Слева скан с оригинального позитива Дипофильм 1940 г., справа – современное цифровое сведение цветоделённых компонентов
 Frame from a two-color film "The Warm Sea" (1940). From left to scan from the original positive Dipofilm 1940, the right - modern digital mixing color-separated components

полное соответствие красителей цвету фильтров при трёхцветном процессе.

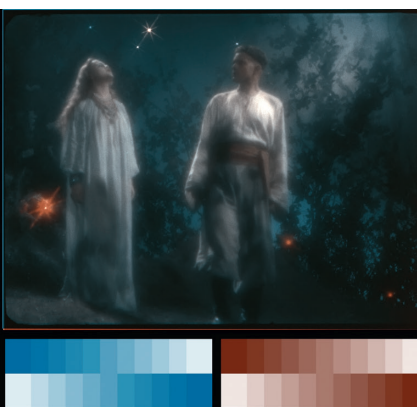
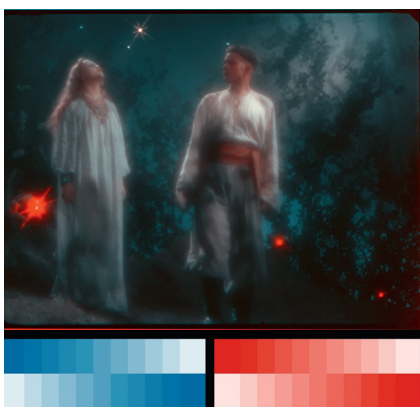
Просматривая цветные позитивы нашей двухцветки и в Госфольмофонде и РГАКФД, у меня постоянно возникал вопрос: почему мы читаем свидетельства очевидцев об успехах советских цветников и высоком качестве цветопередачи в пределах возможностей двухцветного синтеза, и в то же время видим жухлые, грязные цвета красного спектра, относительно синий, и относительно зелёный цвет на кадрах сохранившихся копий двухцветки.

Повторю своё утверждение, превратив его в вопрос: Почему в негативе – есть, а в позитиве – нет? А может, по-другому поставить этот вопрос – куда-то делся цвет, который сначала был на копии?

Напомню, что каждый комплект ViPack имел своё цветоделение на конкретные зоны спектра и, соответственно, требовал соответствующих комплектов выражей дополнительных цветов для получения приемлемой цветной копии. Выше говорилось, что в СССР в двухцветке, как правило, использовался комплект ViPack Agfa с цветоделением на красно-оранжевую и сине-зелёную составляющие. Следовательно, для вирирования Dipo Film была необходима пара выражей из дополнительных цветов: сине-зелёное вирировалась в красно-оранжевый цвет, красно-оранжевое – в сине-зелёный цвет. Если с сине-зелёным виражем всё понятно – это вирирование в одном из растворов, так называемых железных растворов, дающих зелёный, синий или циановый (строго противоположный красному) цвет. То с виражем «красного» цвета не всё так просто. Для вирирования сине-зелёной стороны дипофильма, в основном, использовался урановый вираж, но урановый краситель, строго говоря, был не красным, а коричневым, и естественно, не мог дать правильный красный цвет.

Поэтому перед обработкой урановым виражем эта сторона плёнки проходит через первую красящую ванну, которая даёт второму изображению более чистый красный цвет. Вот в этой самой ванне, точнее – её красителе, и заключена разгадка тайны «грязного» красного цвета, вернее, его отсутствия на сохранившихся позитивных копиях.

Главными компонентами этого первого красного красителя были Фуксин и Аурамин. Фуксин, из-за невысокой стойкости к свету и выцветания под его действием, «вышел в тираж». Первыми на малую светопрочность фуксина обратили внимание в текстильной промышленности.



Кадр из двухцветного фильма «Майская ночь» (1940). Слева оригинальный цвет кадра, справа цвет кадра после выцветания фуксина
 Frame from a two-color film "May Night" (1940). On the left the original color of the frame to the right frame color fading after magenta

А в качестве компонента виража его перестали применять при переходе на многослойный негативно-позитивный цветной процесс. В выцветании фуксина и кроется ответ на вопрос: «куда делся красный цвет?». В цветных копиях двухцветных фильмов красный цвет достаточной чистоты и насыщенности был, но был недолго – до полного выцветания фуксина, после чего изображение красных цветов становилось коричневым. Следовательно, у нас нет никаких оснований рассматривать цвет в сохранившихся двухцветных позитивах как аутентичный оригинальному и могущий служить отправной точкой для сверки цвета при восстановлении фильмов.

Почему у Окуневской красные губы?

А какие они, собственно, должны быть? Николай Васильевич Гоголь на сей счёт указаний не дал. Вот описание портрета панночки: «... наперёд белый локоть выставился в окно, потом выглянула приветливая головка с блестящими глазами, тихо светившими сквозь тёмно-русые волны волос...», «... Длинные ресницы её были полупущены на глаза. Вся она была бледна, как полотно, как блеск месяца; но как чудна, как прекрасна!», «... лицо её как-то чудно засветилось и засияло». Про губы ни слова.

Гоголь пишет: «Сердце его разом забилося»/.../«Какую-то сладкую тишину и раздолье ощутил Левко в своём сердце». Думаю, что всё это произошло с героем при виде левого портрета героини.

Оператору-постановщику Николаю Кульчитскому, на мой взгляд, удался цветной портрет панночки. Вазелиновый фильтр создал бледность, загадочность и в то же время живую привлекательную картинку. Имея большой опыт работы и в документальном, и в игровом кино, зная на опыте особенности свето- и цветопередачи, Н. Кульчитский прекрасно понимал, что у него в конечном итоге получится. Для него было бы намного проще заказать для актрисы мертвецки-бледный монохромный грим с чёрными или зелёными губами, нежели потом возиться с цветокоррекцией при печати копий, превращая живое тело в тело покойника.

«Вот как мало нужно полагаться на людские толки, – подумал он про себя. – Дом новёхонький; краски живы, как будто сегодня он выкрашен. Тут живёт кто-нибудь». Этой цитатой из «Майской ночи» Николая Васильевича Гоголя я хотел бы закончить свои размышления об аутентичности при восстановлении цветных фильмов. ■



Кадр из фильма «Майская ночь» (1940). Восстановленный вариант (слева) и цветной нитропозитив 1941 г.
Frame from the film "May Night" (1940). Restored version (left) and color nitroprint 1941



Кадр из фильма «Майская ночь» (1940). Восстановленный вариант (слева) и цветной нитропозитив 1941 г.
Frame from the film "May Night" (1940). Restored version (left) and color nitroprint 1941



НИКФИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

■ Научно-исследовательский кинофотоинститут (НИКФИ) всегда занимался разработками и их внедрением не только для кинематографа, но и для прикладных отраслей.

Вся работа НИКФИ с первых дней войны и в течение всего периода Великой Отечественной войны была подчинена нуждам фронта. Когда началась эта война, большая группа работников НИКФИ ушла на фронт, и многие из них не вернулись. Осенью 1941 года Москва стала прифронтовым городом. Многие сотрудники НИКФИ оказались на казарменном положении. Кроме напряжённой производственной работы все участвовали в противопожарных отрядах, сбрасывали с крыш домов зажигательные бомбы, тушили пожары, сооружали оборонительные укрепления на окраинах Москвы. В конце октября и начале ноября 1941 года основная часть была эвакуирована в г. Самарканд Узбекской ССР и там продолжила работу.

В 1942 году НИКФИ был объединён с Научно-исследовательским институтом киностроительства (НИИКС), сотрудники которого также были эвакуированы в Самарканд, и продолжил работу в новом составе. В 1943 году, после разгрома немецкофашистских войск под Сталинградом, НИКФИ вернулся в Москву. За время войны в НИКФИ разрабатывались и изготавливались для фронта различные оборудование и материалы. На первом этапе для этих целей использовались разработки гражданского назначения, а затем разрабатывалась и изго-

товлялась специальная аппаратура различного применения, о которой написано ниже.

Автокинопередвижки в полевых условиях

Разработанные до войны кинопередвижки были доукомплектованы для работы в полевых условиях и переданы в подразделения Красной Армии. Это был стандартный комплект аппаратуры, дополненный устройством электропитания, приводимым в действие автомобильным электрогенератором. Кроме того, была разработана и начала изготавливаться кинопередвижка, в комплект которой входил электрогенератор с ручным приводом. В 1943 году в НИКФИ было изготовлено более 100 комплектов таких автокинопередвижек, которые использовались для показа советских кинофильмов и кинохроники в частях Красной Армии.

Звуковая аппаратура для дезинформации противника

Был разработан специальный комплекс, генерирующий звуковые сигналы, создающие звуковую картину, имитирующую звуки при движении нашей военной техники. Передача таких сигналов через линию фронта имела целью деморализацию противника.

Оригинальность технического решения данного комплекса и успешного его применения были отмечены Наркоматом обороны СССР. Руководители – А. А. Хрущёв и А.Ф. Векленко и др.

Аппаратура звуковой разведки

По заданию Главного артиллерийского и бронетанкового управления Красной Армии специалисты НИКФИ приняли участие в работах по коренному усовершенствованию аппаратуры звуковой разведки и созданию станции типа С43 М, предназначенной для обнаружения самолётов. Для этой цели впервые были разработаны усилители сверхнизких звуковых частот и усовершенствованы микрофоны. Это позволило обнаруживать самолёты и определять направление их движения на более значительных расстояниях, чем прежде, а также точно определять местоположение широкоствольных миномётов, которые обладали особенно мощным излучением в инфразвуковой области. Руководили этими работами А. А. Хрущёв, А.Ф. Векленко.

Селеновое выпрямительное устройство для зарядки танковых аккумуляторов

Перед началом Великой Отечественной войны в НИИКС разрабатывались селеновые выпрямительные устройства, предназначенные для электропитания источников света кинопроекторных аппаратов. Было установлено, что этот тип выпрямителей может быть с успехом использован при создании станции для зарядки танковых аккумуляторов. Мощная селеновая зарядная станция типа «СЗС» была установлена на бронетанковом полигоне в Кубинке под Москвой. Руководил разработкой В. Г. Комар, участниками были Л. Н. Сажин, И. Н. Осколков и др.

Селеновые выпрямительные устройства для электропитания аппаратуры связи

По решению Государственного Комитета обороны НИКФИ разработал селеновую зарядную станцию типа 0,6 ВЗС (фото 1), предназначенную для зарядки аккумуляторных батарей узлов связи на полевых аэродромах. В течение 1942–1943 годов НИКФИ поставил на фронт 32 станции этого типа. Эти устройства обладали хоро-

шими эксплуатационными характеристиками, благодаря использованию в них наряду с селеновыми выпрямителями магнитных усилителей, теория которых была разработана В. Г. Комаром в предвоенные годы и определила научную новизну его кандидатской диссертации, защищённой в г. Самарканде в 1943 году в Военно-морской академии им. К. Е. Ворошилова.

В течение 1942–1943 гг НИКФИ было изготовлено для фронта 95 селеновых выпрямительных устройств (фото 2). Руководил разработкой В. Г. Комар. За указанные работы В. Г. Комар и Л. И. Сажин были награждены орденами «Красная Звезда».

Комбинированное безбатарейное устройство электропитания средств радиосвязи

На основе селеновых выпрямителей специалистами НИКФИ был разработан комбинированный безбатарейный источник электропитания. Это устройство типа «КИП» было основано на применении аккумуляторов и вибропреобразователей, с помощью которых вырабатывалось высокое напряжение, необходимое для работы радиостанции (фото 3). В случае выхода из строя аккумуляторов, для электропитания использовались селеновые выпрямители в сочетании с генераторами переменного тока с ручным приводом (разработчики А. А. Хрущёв, А. Ф. Векленко, Л. И. Сажин, И. Н. Осколков и др.).

Производство и выпуск деталей для мин

С первых дней войны мастерским НИКФИ было поручено изготовление комплекта деталей для мин. С ноября 1942 года в НИКФИ начато производство новой детали для мин «лодочка», которая штамповалась из нитроцеллюлозной плёнки, изготавливаемой на кинокопировальной фабрике в Переславль-Залесском. Эти «лодочки», заполненные порохом, укреплялись в хвостовой части мин и, сгорая при полёте мины, увеличивали дальность

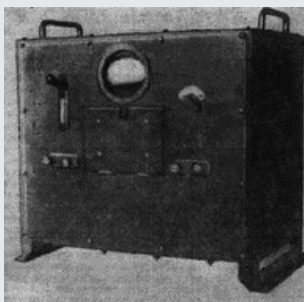


Фото 1. Селеновая зарядная станция 0,6 ВЗС

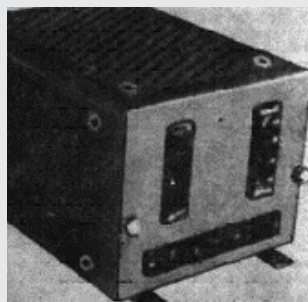


Фото 2. Селеновое выпрямительное устройство с ламповой стабилизацией напряжения ВСЛ-1 для электропитания телеграфной связи воинских частей в полевых условиях

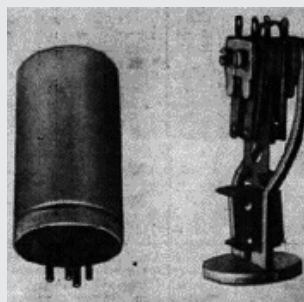


Фото 3. Вибропреобразователь для электропитания армейских средств связи



Фото 4. Устройство для изготовления магнитной ленты для записи звука

их полёта. Большое количество таких деталей было изготовлено в НИКФИ для фронта в течение 1943–1945 гг.

Производство лёгкого материала ПААМ для понтонных переправ

В 1944 г. на киностудии «МОСФИЛЬМ» под руководством сотрудника НИКФИ А. Н. Качеровича было организовано производство лёгкого материала ПААМ, который использовался в воинских частях для понтонных переправ.

Аэрофотоплёнки для авиационной разведки

Ещё в предвоенные годы перед НИКФИ была поставлена задача создания отечественной панхроматической аэрофотоплёнки, необходимой для воздушной фотосъёмки при выполнении различного рода топографических работ в мирное время и для обнаружения неприятельских войск и военных объектов в случае войны. Разработанная первая панхроматическая аэрофотоплёнка была внедрена в производство на киноплёночной фабрике № 6 в Шостке. Во время войны в конце 1941 года производство аэрофотоплёнок переехало в Казань на фабрику № 8, где был создан филиал НИКФИ. На учебно-экспериментальной базе круглосуточно изготавливались аэрофотоплёнки для фронта. Разработка Н. К. Макаровым новой совершенной аэрофотоплёнки для дневной съёмки «Панхром тип 6 М», начатая ещё в Москве, была завершена в Казани в 1942 году. Несколько позднее была завершена разработка плёнки «Панхром тип 5 М» для ночной съёмки. Работа по усовершенствованию требуемых фотографических свойств аэрофотоплёнок шла непрерывно.

Негативная чёрно-белая киноплёнка

Сотрудники Казанского филиала НИКФИ в 1943 году и Казанская киноплёночная фабрика освоили производство негативной киноплёнки. На этой киноплёнке производилась съёмка военной хроники на всех фронтах, а также и в тылу. Эта плёнка в годы войны применялась и для съёмки художественных фильмов. Показ кинофильмов как войнам Красной Армии, так и трудящимся в тылу, внёс суще-

ственный вклад в подъём боевого духа советских людей, сплочение их в ратных и трудовых делах.

Цветной кинематограф

Ещё до войны НИКФИ совместно с киностудией «Мосфильм» начали работы по созданию цветного кинематографа. Одной из новых разработок было создание технологии и аппаратуры гидротипного процесса изготовления цветных фильмов. По этому способу сняты несколько цветных фильмов, в том числе в 1944 году «Иван Никулин – русский матрос» (кинокартина к/с «Мосфильм»).

В течение 1943–1945 годов в НИКФИ были проведены исследования и разработан субтрактивный процесс получения цветных изображений на многослойных плёнках. Эта работа заложила основы современного цветного кинематографического процесса и обеспечила в послевоенные годы возможность быстро и успешно производить в широком промышленном масштабе цветные многослойные киноплёнки и их химико-фотографическую обработку.

Магнитные ленты для записи звука для разведывательных частей Красной Армии

В первые месяцы войны в лаборатории технологии плёнки НИКФИ началась разработка магнитной ленты для записи звука (фото 4). В короткие сроки был разработан метод получения магнитного порошка, способ и оборудование для его нанесения на полимерную плёнку. С 1942 года по 1945 год магнитная лента поставлялась для комплектации магнитофонов, выпускавшихся оборонной промышленностью.

Благодаря правильному распределению людских ресурсов на фронте и в тылу, НИКФИ удалось внести свой вклад в победу советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг и сохранить в институте значительную часть квалифицированных, перспективных научных кадров. После окончания Великой Отечественной войны, начиная с 1945 года, НИКФИ вновь возвратился к своей основной тематике – разработке технических средств кинематографии. ■

Материалы, использованные в данной статье, взяты из архива В. Г. Комара



В. Г. Комар, Л. И. Сажин, А. А. Хрущев, И. Н. Осколков. Ветераны в 1975 г вспоминают минувшие дни



В. И. Омелин и Н. Д. Бернштейн