

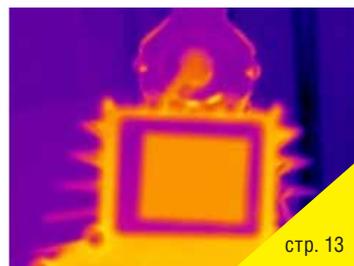
2020-1(14) СОДЕРЖАНИЕ



стр. 3

Технологии

С.Б. Бирючинский, sbiruchinsky@optica4d.com, С.О. Чупраев, serg_vhdl@mail.ru
Динамически управляемые стабилизированные светодиодные осветительные устройства с обратной связью **3**



стр. 13

Л.С. Тихонова, at_kte@mail.ru
Системотехническое моделирование тракта радиовещания с частотными предсказаниями. Часть 2: Моделирование устройства в системе «SystemVue» **9**

Р.Р. Шириев, shrr@list.ru
Исследование и контроль параметров световых приборов мощностью 40 Вт для освещения киносъёмочной площадки **13**



стр. 23

Н.П. Нестеркина, Е.А. Кузнецов, Ю.А. Журавлёва, В.С. Лихоткин
Исследование характеристик металлогалогенных ламп с улучшенной цветопередачей **19**

Мастер-класс

Н.А. Майоров, henrymay@mail.ru, cinemafirst.ru
Полноцветная двухцветка? **23**



стр. 29

Е.А. Артёмов, info-poli@yandex.ru
JPEG как метод обобщения в цифровом искусстве. Часть первая **29**

Страницы истории кино

А.С. Массарский, sosnovo28@gmail.com
С объективом под водой **34**

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 «Кино студия им. М. Горького», ООО «ИПП «КУНА»

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

Члены редакции:
Овечкис Ю.Н., д.т.н., Московский Политехнический Университет, РФ
Вишняков Г.Н., проф., д.т.н., ФГУП «ВНИИОФИ», г. Москва, РФ
Тихомирова Г.В., проф., д.т.н., СПбГИКИТ, г. Санкт-Петербург, РФ
Сакварелидзе М.А., д.х.н., ВГИК, г. Москва, РФ
Винокур А.И., д.т.н., Московский Политехнический Университет, РФ
Перегудов А.Ф., к.т.н., ВГТРК, г. Санкт-Петербург, РФ
Березин О.С., «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»
Объём 5 п.л. Заказ № 154235.
Тираж 999 экземпляров.

Свидетельство о регистрации
СМИ-ПИ № ФС77-65712 от 13 мая 2016 года.

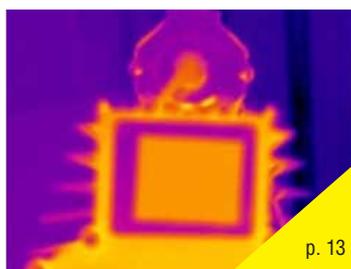
Перепечатка материалов осуществляется только с разрешения редакции, ссылка на журнал обязательна. Редакция не несёт ответственности за достоверность сведений о рекламе и объявлениях. Мнение редакции и рецензентов не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей.

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

2020-1(14) CONTENT



p. 3



p. 13



p. 23



p. 29

Technology

S. Biryuchinskiy, <i>sbiruchinsky@optica4d.com</i> , S. Churaev, <i>serg_vhdl@mail.ru</i> Inventive problem solving in optics	3
L. Tikhonova, <i>at_kte@mail.ru</i> System engineering modeling of the broadcasting path with frequency pre-emphasis. Part 2: Modeling a device in the SystemVue system	9
R. Shiriev, <i>shrr@list.ru</i> Research and control of parameters of 40 W lighting fixtures for illumination of a movie set	13
N. Nesterkina, E. Kuznetsov, Yu. Zhuravleva, V. Likhokin Study on the characteristics of the metal halide lamps with improved color rendition	19

Master-class

N. Maiorov, <i>henrymay@mail.ru</i> , <i>cinemafirst.ru</i> Two-color means full-color?	23
E. Artemov, <i>info-poli@yandex.ru</i> JPEG as a method of generalization in digital art. Part one	29

Movie history

A. Massarskiy, <i>sosnovo28@gmail.com</i> With a lens under water	34
---	-----------

The requirements for the publication of scientific articles in the journal «World of technique 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 № FS77-65712
May 13, 2016.

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

Chairman Ph.D. Yu.Indlin

Members of the editorial board:
Dst. Y. Ovechkis, Moscow Polytechnic University, RF
Dst. prof. G. Tihomirova, SPbGUCT, Sankt-Petersburg, RF
Dst. prof. G. Vishnyakov, FSUE «VNIIOFI», Moscow, RF
Dst. M. Sakvarelidze, VGIK, Moscow, RF
Dst. prof. A. Vinokur, Moscow Polytechnic University, RF
O. Berezin, Nevafilm, Sankt-Petersburg, RF
Dst. prof. C. Odinkov, Bauman MSTU, Moscow, RF
Ph.D. A. Peregudov, RTR, 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.
Advertisements appearing in the publication are the sole responsibility of the advertiser.

Printed in Russia.



ДИНАМИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫЕ СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА с обратной связью



С.Б. Бирючинский, sbiruchinsky@optica4d.com, к.ф-м.н., профессор,
ООО «Оптико-механические системы», РФ;
С.О. Чураев, serg_vhdl@mail.ru, к.т.н., Республика Беларусь

Аннотация

Рассмотрены некоторые частные примеры динамически управляемых светодиодных осветительных устройств с обратной связью. Проведено сравнение некоторых актуальных изобретений. Показаны некоторые разработки и приведены примеры электронных устройств управления стабилизированными светодиодами осветительными устройствами, применяемыми для различных задач, как в области кинотехники, так и в области медицины. Даны практические рекомендации по применению светодиодных осветительных устройств.

Ключевые слова: изобретение, изобретательская задача, объектив, абберации, оптическая система, осветительное устройство, динамическое управление, биомедицинская система, светодиод, светодиодный драйвер, лазер, оптимизация.

■ На данный момент, светодиодное освещение выходит на лидирующие позиции в мире в силу ряда фундаментальных причин. Одной из них является возможность создания коммерчески выгодных систем осветителей с динамическим управлением и обратной связью, что является востребованным во многих различных отраслях. Некоторые варианты реализации динамического управления осветителя приведены в [1,2].

Под динамическим управлением с обратной связью понимается не только простое изменение общей интенсивности свечения в зависимости от внешних факторов, но и более сложные варианты (или комбинации вариантов) с изменением общей цветовой температуры, цветности

INVENTIVE PROBLEM SOLVING IN OPTICS

S. Biryuchinskiy, sbiruchinsky@optica4d.com, Ph.D., Prof.,
Opto-mechanical Systems Limited, Russia; S. Churaev,
serg_vhdl@mail.ru, Ph.D., Republic of Belarus

Abstract

A few examples of dynamically controlled feedback LED lighting devices are considered. Several important inventions were compared. Some stabilized LED lighting devices practical using recommendations are given.

Keywords: invention, inventive task, lens, aberration, optical system, lighting device, dynamic control, biomedical system, LED, LED driver, laser, optimization.

(вплоть до близкой к монохроматической), локального изменения освещённости на заданном расстоянии и т.д. Так, например, хирургический светодиодный светильник NuLED 9700 производства компании Mindray (КНР) [2] позволяет корректировать падение освещённости операционного поля при перекрытии оперирующим хирургом части светового потока, таким образом повышая комфортность и продуктивность работы.

Условно проект создания оптимального светодиодного светильника (для заранее заданного круга решаемых задач) можно разделить на две части: оптическую и электронную, причём оба эти направления взаимосвязаны и стартуют одновременно уже на этапе решения изобрета-

тельской задачи (как правило, предшествует этапу проектирования-конструирования). Это связано со специфическими особенностями работы полупроводниковых источников света, требованием стабилизации и/или динамической работы и наличием систем обратной связи.

На рис. 1 показан разработанный авторами вариант оптимизации проекционного полихромного осветителя, не содержащего рассеивающих элементов, являющегося дальнейшим развитием системы автора данной статьи, рассмотренной в [3-5]. По сравнению с предыдущим вариантом, здесь улучшена оптическая система цветового смещения (выполненная в виде усечённой пирамиды с прямоугольным входным и квадратным выходным окном) многокристального полихромного светодиода. Проекционный объектив в варианте рис. 1 выполнен по двухлинзовой схеме, рассчитан по оригинальной авторской методике [6] и является оптимальным в своём классе (не может быть улучшен при заданной постановке задачи). Рис. 2 иллюстрирует распределение освещённости на облучаемой поверхности, создаваемое системой рис. 1. Полученный результат позволяет обеспечить неоднородность светового потока облучаемой поверхности не хуже 5% (возможны коммерческие варианты, вплоть до 1%, для специализированных задач), что является более чем достаточным для применения в таких отраслях, как профессиональная киносъёмка (в том числе, и стробоскопическая с кадровой синхронизацией), машинное зрение, радиационное облучение, хирургия. Вариант данной системы особенно эффективен, например, в кардиохирургии или аналогичных по сложности работах. В [5] был рассмотрен трёхлинзовый проекционный объектив с дисторсией 3.8%, и было показано, что дисторсия ухудшает равномерность подсветки. Однако, на равномерность подсветки влияют и другие факторы, и дисторсия здесь не является главной проблемой - возможен вариант осветителя с сильно дисторзирующим объективом и равномерным освещением по плоскости объекта. В новом варианте (рис. 1) дисторсия была уменьшена практически до нулевого значения (рис. 3), однако именно комплексная оптимизация оптической системы, рассчитываемой непосредственно от микрочипа до облучаемой поверхности, позволила достичь малых значений неравномерности освещённости для самых требовательных задач.

Частично данный светильник является бестеневым, может входить в состав других светильников, причём, в отличие от ранее опубликованного варианта, обладает следующими преимуществами: не создаёт заметных цветных теней, обеспечивает наивысшую равномерность освещения во всём диапазоне изменения цветности источника света (вплоть до работы с единичным монохромным кристаллом светодиода), более дешёв в серийном производстве, а также обладает большой вариативностью выходных параметров (возможно применение многокристалльных сборок, закрывающих весь диапазон от ближнего ультрафиолетового до ближнего инфракрасного света).

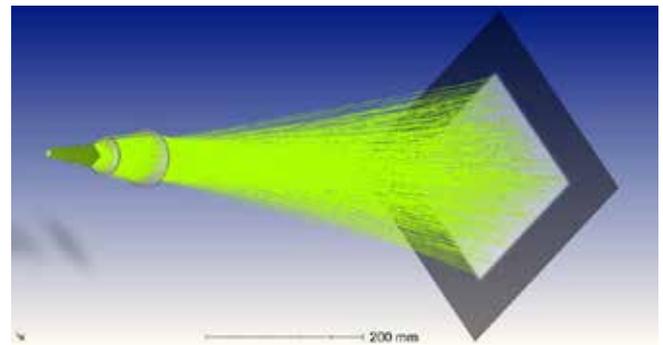


Рис. 1. Оптическая система и ход лучей в проекционном полихромном осветителе

Fig. 1. Optical system and ray tracing in a projection polychrome illuminator

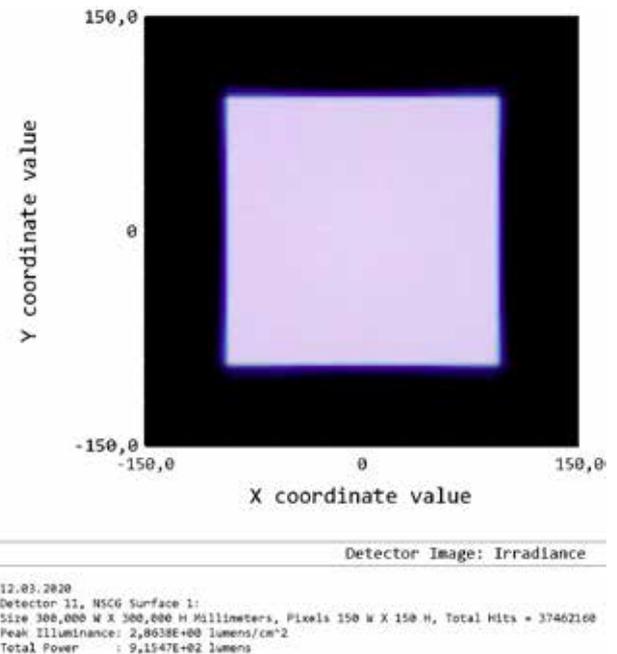


Рис. 2. Распределение освещённости на облучаемой поверхности, создаваемое системой рис. 1

Fig. 2. The distribution of illumination on the irradiated surface created by the system of Fig. 1

Авторами данной статьи разработаны также варианты системы (рис. 1) с однолинзовым проекционным объективом сложной конфигурации, а также варианты с дифракционной и/или рефракционной френелевской структурами на образующей произвольной формы (в том числе, плоской или сферической), а также зеркальные и зеркально-линзовые варианты. Практически реализована идея селективной подсветки требуемых материалов (например, для узкоспециализированной хирургии) пульсирующим светом заданного спектра на стабилизированном фоне основного цвета подсветки (в том числе, подсветка возможна и невидимым глазу спектром с целью визуализации люминесцирующих структур). Это позволяет гораздо более эффективно контрастировать некоторые биологические среды, повысить эффективность хирургических операций на недостижимый ра-

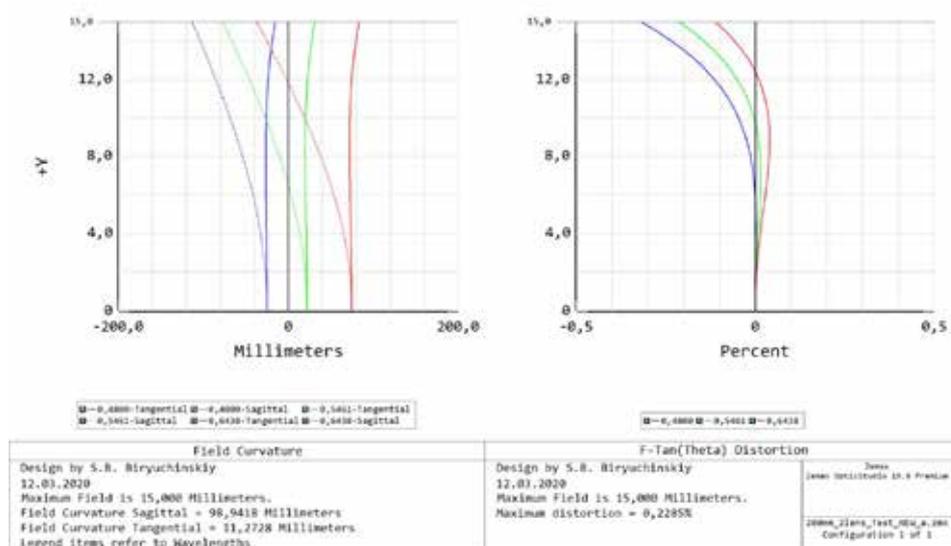


Рис. 3. Графики дисторсии и кривизны поля двухлинзового проекционного объектива системы рис. 1

Fig. 3. Graphs of distortion and field curvature of a two-lens projection lens of the system of Fig. 1

нее уровень, а также уменьшить количество врачебных ошибок. Одновременно с оптикой была также улучшена конструкция многокристальной светодиодной сборки, которая в своём составе может содержать не только монохромные светодиоды (количеством цветов от 3 до 8 и более), но и светодиоды, покрытые специальным люминофорным составом (сделанным, например, по методике автора данной статьи и опубликованным в [7-9]). Именно такая сборка является наивысшей ступенью развития полихромных светодиодных источников света, так как позволяет одновременно подсвечивать объект не только светом с заданной цветовой температурой, опционально динамически регулируемой, и высоким индексом цветопередачи (>0.95), с возможностью реализации идеи освещения объекта равномерным по спектру излучением практически во всём видимом диапазоне, что крайне необходимо для некоторых видов профессиональной киносъемки и других специализированных приложений), но и моно/полихроматическим светом, набранным из узкоспектральных светодиодов (в том числе, с интегрированными фильтрами для отсеки побочных частот).

Анализ патентных публикаций [10-12] выявил факты заимствования технических решений автора данной статьи (опубликованные в [4,5]), смешивания их с общеизвестными (или безграмотными, неэффективными) решениями с последующим получением новых патентов, без включения в них автора ключевых идей. Подобные случаи очень распространены в Российской Федерации и связаны, в том числе, с несовершенством патентного законодательства (например, сложность описания различных вариантов изобретения в рамках одного патента). В рассматриваемом случае наиболее интересным является патент [11], в котором вместо трёхлинзового применяется четырёхлинзовый проекционный объектив, содер-

жащий достаточно дорогие и разнородные марки стёкол (содержит также склейку). При этом критике (в то же время отсюда заимствованы ключевые идеи) подвергается патент [4], причём старому патенту приписываются недостатки, которых на самом деле нет (что уже является мошенничеством, т.к. не позволяет покупателю адекватно оценить интеллектуальный продукт). Причём в работе [3] ранее, до заявки [11], автором данной статьи была опубликована оптическая система четырёхлинзового объектива, который лучше и дешевле [11].

Для управления светодиодами используются методы и различные схемы, преобразующие управляющее напряжение в ток светодиода. Кроме неординарной задачи поддержания заданного тока в цепи светодиода с использованием цепей обратной связи, сам светодиод представляет собой нагрузку, значительно отличающуюся от цифровых и аналоговых устройств, которые требуют постоянного напряжения. В данной задаче ток является независимой переменной, а напряжение есть функция от тока, которое может быть рассчитано на основе паспортных данных светодиода, предоставляемого производителем. Для удовлетворения таких специфических требований, нами разработан прототип устройства, обеспечивающий широкий спектр выполняемых задач, отвечающий различным противоречивым требованиям. В таких областях, как медицина, профессиональная киносъемка или индустриальный контроль на производстве (машинное зрение), подобные устройства, как правило, имеют высокую добавочную стоимость, поэтому экономия на стоимости и числе компонентов в устройстве и применение бюджетных решений представляется нелогичной, в ущерб качеству, надёжности и ремонтпригодности таких устройств.

Как основа системы управления, авторами была выбрана программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) по нескольким причинам. Многие из современных решений представляют смешанные аналогово-цифровые схемы, реализованные на отдельном кристалле, цифровая часть которых может быть легко реализована на ПЛИС (различные таймеры, генераторы, модуляторы, схемы управления, защиты и самодиагностики), что даёт определённую свободу действий не только в выборе решения, но и в последующей коррекции при необходимости. Использование ПЛИС также гарантирует большую надёжность при формировании сигналов с заданными временными характеристиками, поскольку микрокон-

троллер, являясь сложным техническим устройством, более подвержен таким сбоям как зависание и не гарантированная временная реакция на какое-либо внешнее событие, что крайне не желательно, особенно в медицинской технике. Большое число портов ввода - вывода при сравнительно небольшой цене и высокой скорости обработки информации делают из ПЛИС идеального кандидата для использования в такого рода задачах. Таким образом решается задача одновременного управления большим количеством светодиодов. Кроме того, с использованием ПЛИС можно легко собрать низкоскоростной цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), а при необходимости сделать аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) с использованием минимума внешних компонентов. Дополнительным плюсом использования ПЛИС является возможность построения время-цифровых преобразователей (ВЦП) для измерений времени задержки сигнала во внешних цепях, а также косвенного измерения температуры светодиодов.

Одной из основных задач, решаемой в ПЛИС, является расчёт требуемого времени включения драйвера для обеспечения требуемого тока светодиодов и, соответственно, необходимой освещённости объекта. Освещённость объекта может зависеть от наружного освещения или, например, дистанции до освещаемой поверхности, которая может меняться. Поэтому, за счёт использования механизма обратной связи от датчиков освещённости и встроенного пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора в ПЛИС, а также калибровочных таблиц, возможна реализация механизма динамической коррекции освещённости с учётом различных факторов. Сами датчики освещённости представляют собой фотодиоды или фототранзисторы с требуемой спектральной характеристикой и использованием специальных фильтров для управления каждым цветом в отдельности. Таким образом, изменяя дистанцию до объекта, меняя спектральный состав наружного освещения (или, например, объекта), а также путём изменения настроек устройства, можно добиться не только постоянной освещённости объекта, но и требуемой цветовой окраски.

В качестве драйвера светодиодов можно использовать любую подходящую и выпускаемую серийно интегральную схему (ИС) от таких производителей как OnSemi, Analog Devices, Texas Instruments и других. Как основа

прототипа схемы драйвера, может быть выбрана серийно выпускаемая интегральная схема LT3476 от компании Linear Technology [13], являющейся на данный момент частью компании Analog Devices. Данная микросхема является четверённым светодиодным драйвером с высоким выходным током, выполненной по схеме преобразователя постоянного тока (DC-DC), предназначенной для работы в режиме стабилизации по току. Четыре драйвера, интегрированные в микросхему, позволяют использовать не только красный, зелёный и синий светодиоды для создания белого света, но и ещё один - зелёный, белый или оранжевый - для обеспечения лучшей спектральной окраски объекта. Каждый из четырёх драйверов может запитать до 8 светодиодов током 1А и управляется независимо сигналами с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Эта возможность позволяет точно регулировать цветовой смещение или уровень ослабления света (в соотношении 1000:1). Схема включения драйвера изображена на рис. 4.

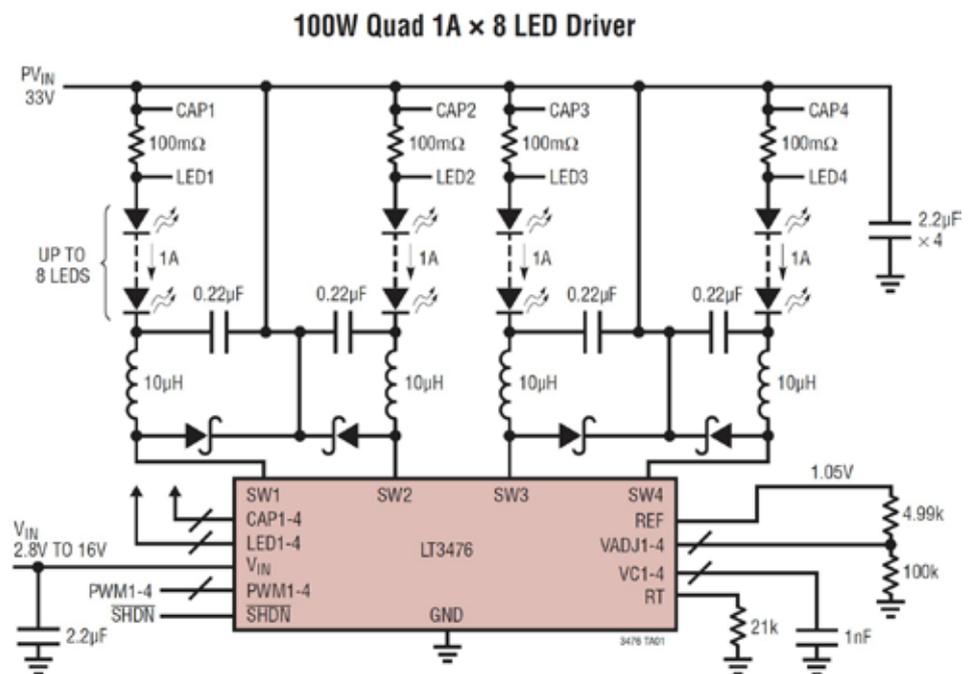


Рис. 4. Схема включения LT3476

Fig. 4. Applications LT3476 scheme

Как один из возможных вариантов реализации схемы осветителя, нами была предложена следующая схема электрической части светодиодного устройства, представленная на рис. 5. Она включает несколько основных компонентов – источник питания и фильтр помех, ПЛИС (управляющая часть), внешние интерфейсы для связи с ПК (UART и GMI), драйверы светодиодов (LT3476), модули (АЦП, ЦАП, цифровые потенциометры), фотодиоды, разъёмы и другие необходимые компоненты. Также на плате размещена микросхема энергонезависимой памяти (типа EEPROM) для записи калибровочных коэффициентов через интерфейс SPI. В состав архитектуры ПЛИС входит ПИД контроллер, АЦП и ЦАП интерфейс,

модули GMII, UART и SPI, отладочный процессор чтения и записи конфигурационных регистров, ШИМ контроллер внешнего драйвера (рис. 6).

Работает схема следующим образом. При включении устройства и загрузки данных из EEPROM, через управляющий интерфейс (UART или GMII) отладочного процессора задаются начальные значения регистров для требуемого режима работы осветителя. ШИМ модулятор, получив команду на запуск светильника, преобразует заданное

цифровое значение в специальный код, формирующийся с помощью таймера, модуля экспоненциального преобразования и корректирующих таблиц, в зависимости от типа используемых светодиодов в схеме и температуры.

В модуле прямого расширения спектра (SSFM, Spread Spectrum Frequency Modulation) полученный сигнал преобразуется таким образом, чтобы фаза сигнала включения и выключения драйвера постоянно менялась, но уровень яркости светодиода оставался неизменным в

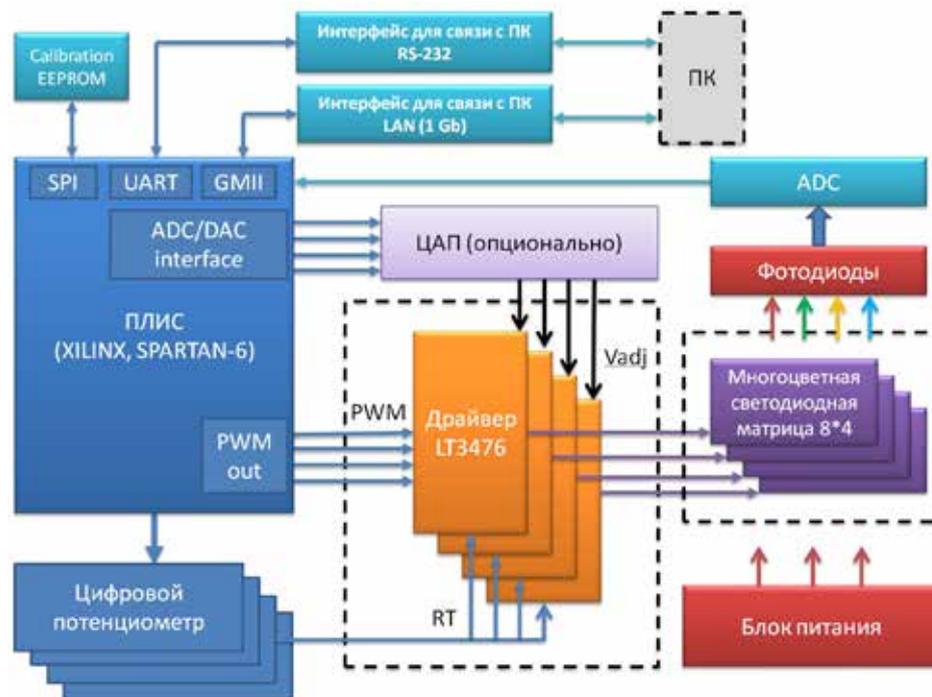


Рис. 5. Структурная схема электрической части осветителя
Fig. 5. The structural diagram of the electrical part of the illuminator

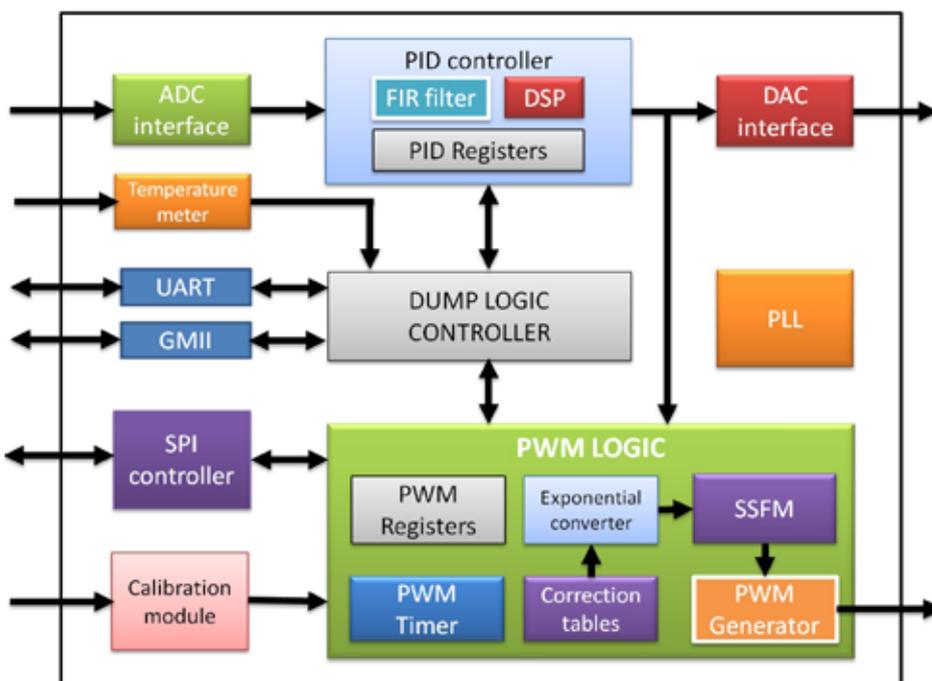


Рис. 6. Модули, входящие в состав ПЛИС
Fig. 6. Modules included in the FPGA

заданном диапазоне, что значительно снижает уровень паразитных шумов на определенных частотах. Свет от освещаемого объекта регистрируется приёмными фотодиодами и далее поступает на АЦП, где он преобразуется в код, соответствующий уровню освещённости объекта. После фильтрации сигнал поступает на вход модуля цифровой сигнальной обработки (ЦОС, DSP), где формируется управляющий сигнал для устранения рассогласования по уровню, который поступает на модуль ШИМ (PWM) или ЦАП (DAC), в зависимости от конфигурации системы. В системе может быть реализована коррекция как общая (по уровню белого), так и отдельная, по результату измерения каждой из спектральных компонент. Калибровочный модуль позволяет проводить измерение времени задержки распространения сигнала в канале, начиная от момента формирования управляющего сигнала в ПЛИС и заканчивая получением сигнала от фотодиодов.

К особенностям данной системы следует отнести возможность чтения внутренних регистров ПИД контроллера, в том числе, и поступающих с АЦП как до, так и после фильтрации. Таким образом, становится возможным более детальное исследование поведения и параметров всей системы посредством передачи большого массива отладочных данных на персональный компьютер (ПК).



Рис. 7. Макет отладочной платы
Fig. 7. Debug board example

На рисунке 7 представлена фотография инструмента разработчика, используемого авторами для создания прототипа устройства. В состав комплекта входят отладочная плата с ПЛИС (Xilinx, Spartan-6) ATLYS от компании Digilent [14]. Также имеется плата буферных усилителей с ключевыми элементами. Нагрузкой служат 8 светодиодов, расположенных отдельно с дополнительными аналоговыми элементами, обеспечивающими работу схемы в импульсном режиме с понижением напряжения. При небольшой модификации светодиодной платы возможно использование решения в режиме повышения напряжения. Отдельная плата осуществляет функции измерения тока в цепи светодиодов и передачу результатов в ПЛИС, где происходит вычисление сигнала рассогласования и расчёт длительности запускающего импульса.

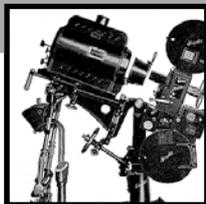
Необходимо отметить, что современные светодиодные драйверы в основном представляют смешанные аналогово-цифровые схемы, работающие, как правило, на низких частотах. Одной из важнейших функций, выполняемых аналоговой частью микросхемы, является регулировка тока в цепи светодиодов. Аналоговая часть схемы осуществляет преобразование уровней входного сигнала стокового резистора, сравнение с заданным уровнем тока посредством каких-либо внешних элементов, и вычисление сигнала ошибки, который поступает на

компаратор, где происходит формирование управляющего сигнала ключевого элемента. Или, другими словами, это некий ПИД регулятор с ШИМ на выходе в различных вариациях. Хорошо известны недостатки такого рода решений, работающих в условиях сильных электромагнитных помех, что может оказаться критически важным в таких областях, как медицина. Также хорошо известны и методы борьбы с помехами. Это минимизация числа аналоговых элементов и перенос части функциональности на цифровую платформу. Использование ПЛИС позволяет значительно расширить возможности построения экспериментальных осветителей новых типов, в которых может быть достигнуто существенное снижение электромагнитных помех и уровня мерцания осветителя. Такой подход в проектировании системы позволяет повысить энергоэффективность устройства, обеспечить лучший спектральный состав и динамическую коррекцию освещения объекта. Использование таких схемных решений, как полностью цифровой АЦП/ЦАП, позволяет существенно сократить расходы на дополнительные компоненты, а также позволяет использовать аналоговые компоненты, такие как полевой транзистор с управляющим PN-переходом (JFET) и биполярный транзистор (BJT), что позволяет строить схемы с полностью аналоговым управлением светодиодами (бесключевой режим работы).

Рассмотренные в данной статье технические решения и инновации являются лишь малой частью выполняемых авторами работ в области профессиональной/коммерческой светотехники для различных отраслей. В связи с вышеописанной ситуацией по патентам и общей неблагоприятной средой для изобретательства (создания инновационной продукции) в Российской Федерации, авторами данной статьи видится наиболее оптимальным вариант дальнейшего развития работ по разработке осветителей в виде зарубежных ODM (original design manufacturer) контрактов, даже если они ограничены только стадией разработки и конструирования. ■

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Патент США: US 9,587,801 B2, 2017.
2. www.mindray.com.
3. Бирючинский С.Б. Волноводно-оптические проекционные осветительные системы / Мир Техники Кино. - 2017-1(11). С. 14-18.
4. Патент РФ: № 100180U1, 2010.
5. Аладов А.В., Бирючинский С.Б., Дубина М.В., Закгейм А.Л., Мизеров М.Н. Цветодинамически управляемый операционный светильник с полноцветным светодиодом / Светотехника. - 2012. - № 2. С. 13-18.
6. Бирючинский С.Б. Моделирование и оптимизация архитектуры оптических систем для современного кинематографа / Мир Техники Кино. - 2015-3(9). С. 29-33.
7. Патент Респ. Корея: KR100649762(B1), 2006.
8. Патент Респ. Корея: KR20070065486(A), 2007.
9. Патент Респ. Корея: KR100714581(B1), 2007.
10. Патент РФ: № 188259, 2018.
11. Патент РФ: № 195808U1, 2020.
12. Патент РФ: № 196564U1, 2020.
13. www.linear.com.
14. www.digilentinc.com.



СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАКТА РАДИОВЕЩАНИЯ С ЧАСТОТНЫМИ ПРЕДЫСКАЖЕНИЯМИ



Л.С. Тихонова, к.т.н., at_kte@mail.ru, СПбГИКиТ, РФ

Часть 2: Моделирование устройства в системе «SystemVue»

Аннотация

В первой части статьи (МТК 2019-4(13), с. 16-19) проанализированы предпосылки к моделированию системы шумоподавления, используемой в радиовещании и основанной на внесении частотных предискажений в спектр передаваемого сигнала с последующим их исключением на стороне приёма с целью снижения влияния высокочастотных помех тракта на качество звучания. Предложена схема устройства, имитирующего двухканальный тракт радиовещания с частотными предискажениями на уровне функциональных блоков, дано подробное описание работы устройства.

Вторая часть статьи содержит описание модели устройства, реализованной в программном пакете системотехнического моделирования «SystemVue». Подробно рассмотрено применение метасистем, представляющих собой многоуровневую иерархическую структуру. В разработанной модели метасистема использована для моделирования мультиплексора, позволяющего обеспечить чередование работы каналов устройства, и тем самым реализовать процедуру проведения слуховых экспертиз методом парных сравнений.

Ключевые слова: моделирование, система, шумоподавление.

■ Первая часть статьи посвящена анализу предпосылок моделирования и описанию структурной схемы двухканального устройства, имитирующего тракт ради-

SYSTEM ENGINEERING MODELING OF THE BROADCASTING PATH WITH FREQUENCY PRE-EMPHASIS. PART 2: MODELING A DEVICE IN THE SYSTEMVUE SYSTEM

L. Tikhonova, Ph.D., at_kte@mail.ru, St. Petersburg State Institute of Film and Television, Russia

Abstract

The first part of the article (WTC, 2019-4(13), p. 16-19) was devoted to the analysis of the prerequisites for modeling a noise reduction system used in broadcasting and based on introducing frequency predistortions into the spectrum of the transmitted signal with their subsequent exclusion on the receiving side in order to reduce the influence of high-frequency channel interference on sound quality. A scheme of a device simulating a two-channel broadcasting path with frequency predistortions at the level of functional blocks was proposed, a detailed description of the operation of the device is given.

The second part of the article contains a description of the device model implemented in the System Vue simulation software package. The application of metasystems representing a multi-level hierarchical structure is considered in detail. In the developed model, the metasystem was used to simulate a multiplexer, which allows for alternating the operation of the device's channels, thereby implementing the procedure for conducting auditory examinations using pairwise comparisons.

Keywords: modeling, system, noise reduction.

овещания с системой шумоподавления на уровне функциональных блоков [6].

Разработанная структурная схема была реализована и

исследована в программном пакете системотехнического моделирования «System Vue» (SV) [1]. Пакет позволяет проводить имитационное моделирование систем на уровне функциональных блоков. Важно то, что в системе имеется возможность записи временной реализации в файл, что позволяет выполнять обработку данных с помощью такого аппаратно-программного средства, как звуковая карта ПК, что предоставляет возможность прослушивания аудиофайла. При этом источником и приёмником звукового сигнала могут служить звуковые двухканальные WAV-файлы.

На рисунке 3 представлен скриншот рабочего окна программы SV, в котором реализована модель устройства, без раскрытия функциональной структуры мультиплексора.

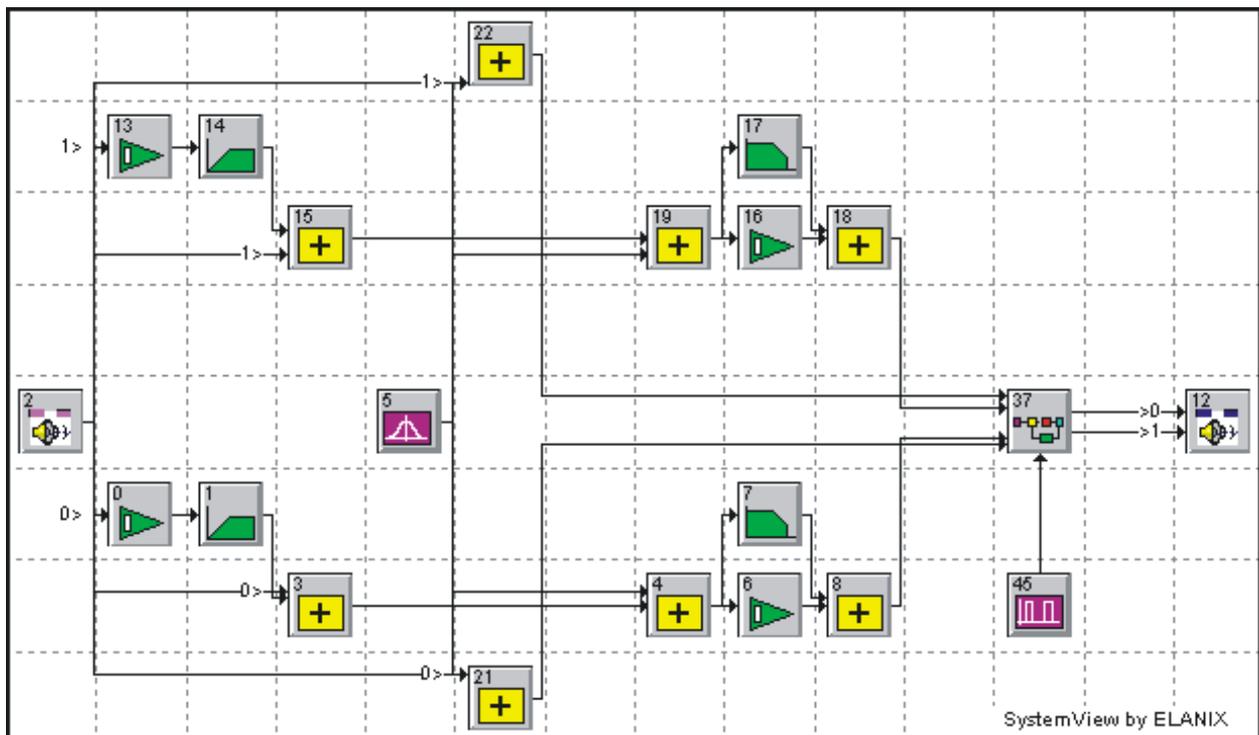


Рис. 3. Имитационная модель системы шумоподавления

Предыскажающий контур (ПК) состоит из элементов 0,1,3 для левого канала и 13,14,15 для правого канала. В качестве тракта вещания или звукозаписи, с наиболее характерным для них видом помехи, использован генератор белого шума 5 и сумматоры 4 для левого и 19 для правого канала. Исследуемый звуковой сигнал вместе с сигналом помехи поступает на вход восстанавливающего контура (ВК), который для левого канала образован элементами 6,7,8, а для правого канала – элементами 16,17,18. Обработанный системой шумоподавления звуковой сигнал подаётся на вход мультиплексора 37, где поочерёдно с сигналом, не прошедшим шумоподавитель, коммутируется в выходной файл.

Такое решение позволит получить на выходе мультиплексора звуковой файл, в котором будет происходить чередование звучания обработанного системой шумо-

подавления и необработанного сигналов с заданным интервалом времени, что повысит удобство выполнения слуховой оценки результатов работы системы в зависимости от установленных параметров регулируемых блоков.

Источником обрабатываемого сигнала в данной модели является звуковой двухканальный WAV-файл, определяемый свойствами элемента 2. Приёмный звуковой WAV-файл определяется свойствами элемента 12. Элемент 45 (генератор меандра частотой 0,1 Гц) задаёт управляющий сигнал для мультиплексора 37.

Внутренняя структура мультиплексора 37 может быть реализована в виде метасистемы. Метасистемы (Metasystems) в SV служат для введения иерархии проекта и представляют собой компоненты, содержащие

подсистемы, которые могут включать другие метасистемы, представляя собой многоуровневую иерархическую структуру.

Метасистемы используются в следующих целях: создание собственных библиотек подсистем; упрощение визуального отображения системы путём объединения логических групп компонентов в отдельный компонент; создание функциональных элементов, используемых в различных проектах; моделирование проекта снизу вверх, то есть от простого к сложному.

При эффективном использовании метасистем моделируемая система становится менее сложной для понимания и просмотра. Они помогают создавать большие модели, содержащие сотни компонентов, которые при другом построении становятся трудно управляемыми.

Схемы метасистем просматриваются и редактируются

так же, как и функциональные схемы систем в целом. Метасистема автоматически сохраняется в файле *.SVU той системы, в которой она создана. Однако её можно записать в отдельный файл с любым расширением имени, но рекомендуется *.MTA.

На рисунке 4 приведена разработанная схема на реализацию метасистемы мультиплексора 37 звукового сигнала, используемого в устройстве (см. блок 15 на рис. 3 [6]).

На управляющий вход мультиплексора (элемент 44) подаётся сигнал, значение которого определяет подклю-

множителей 29 и 34 значение управляющего сигнала оказывается равным нулю, как следствие, звуковой сигнал в этот момент времени не проходит через элементы 29 и 34. Когда на входе управления уровень сигнала принимает нулевое значение, элементы 24 и 25 перестают пропускать сигнал, в то же время на выходе сумматора 28 формируется единичный уровень, обеспечивающий прохождение сигнала через перемножители 29 и 34, коммутируя тем самым поток данных с входов 40 и 42 на соответствующие выходы мультиплексора.

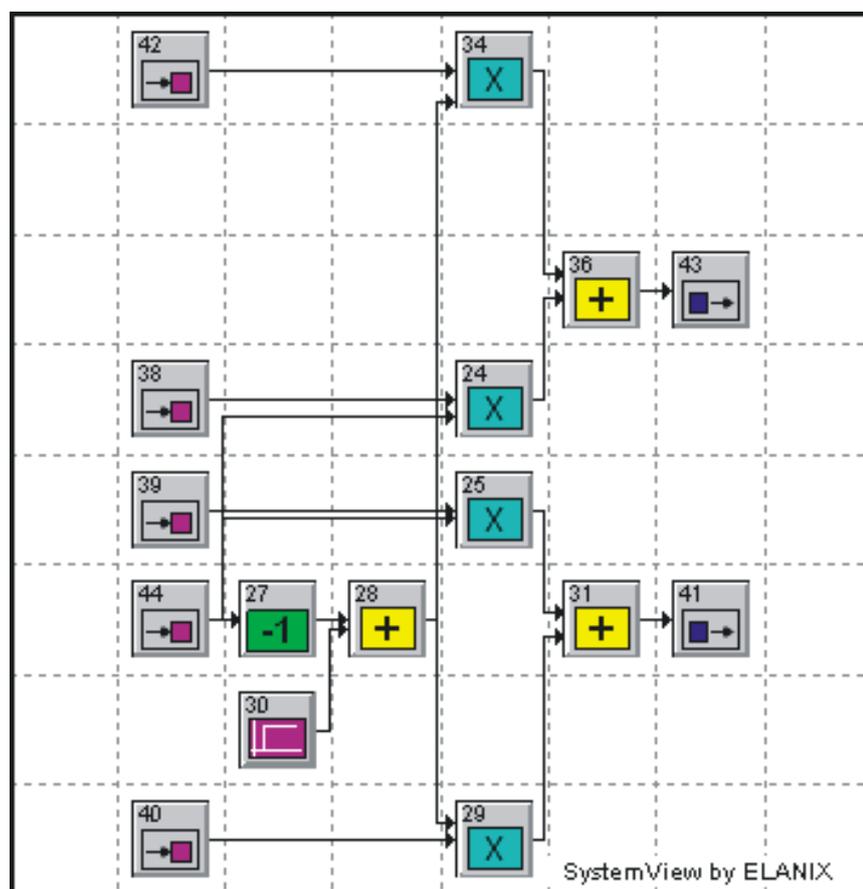


Рис. 4. Метасистема мультиплексора

ние к выходам 41 и 43 одного из двух сигнальных входов (элементы 39, 40 для левого канала и элементы 38, 42 для правого канала модели). Когда уровень управляющего сигнала соответствует единице (1 В), звуковой сигнал с входа 39 для левого и 38 для правого каналов, поступающий на элементы 25 и 24 соответственно, перемножается с единичным уровнем управляющего сигнала, в результате чего, через сумматоры 31 и 36, без изменений, проходит на выход мультиплексора.

В то же время, инвертированный элементами 27, 28 и 30 сигнал управления, перемножается (элемент 29 и 34) со звуковым сигналом, приложенным ко входу 40 для левого и 42 для правого канала. Благодаря тому, что в сумматоре 28 управляющий сигнал, полярность которого изменена элементом 27, складывается с единичным уровнем, формируемым элементом 30, на входах пере-

шумоподавления, применяемой в радиовещании. Выполнение работы содержит три части.

В первой части студенты получают основные навыки работы с программным пакетом SV, знакомятся с технологией построения имитационных моделей, набором библиотек пакета, основными инструментами редактирования схемы. После краткого знакомства с интерфейсом SV, от студентов требуется выполнить построение модели устройства в соответствии с заданной в методическом пособии функциональной схемой, или воспользоваться предоставляемой преподавателем моделью.

Вторая часть содержит непосредственно эксперименты, связанные с изменениями параметров отдельных функциональных блоков модели, порядок выполнения которых изложен в методическом пособии. В ходе исследования модели студенты знакомятся с инструмента-

Применение модели

Модель предназначена для реализации аппаратно-программными средствами и может быть использована для выполнения исследований поведенческого характера, а также для определения количественных и качественных изменений сигнала в различных точках тракта передачи и приёма сигнала.

Возможные области применения модели простираются на деятельность в рамках учебного процесса различных общеобразовательных дисциплин кафедры и на деятельность в рамках НИР, выполняемые при изучении дисциплин специализации, а также студентами, обучающимися в магистратуре.

Рассмотрим применение модели в качестве виртуальной основы для выполнения экспериментальной части лабораторной работы на тему «Имитационное моделирование радиотехнических устройств». Основной её целью ставится получение начальных навыков работы с программой в процессе исследования различных моделей, в том числе, модели системы

ми частотного и спектрального анализа пакета SV (окно Analysis Window), получая навыки их применения.

Третья часть содержит эксперименты с реальными звуковыми сигналами, для чего в исследуемую модель вносятся незначительные изменения в соответствии с методическими указаниями. Задачей этого этапа является получение студентами представления о восприятии человеком тех или иных видов искажений, возникающих в тракте звукопередачи.

Результаты воздействия системы шумоподавления на сигнал оцениваются на слух, для чего используются аудиопрограммы, предварительно записанные на жёсткий диск лабораторного ПК.

Отметим полезность использования разработанной модели в качестве тренажёра для выработки навыков у будущих работников аудиовизуальной сферы различать на слух виды вносимых нелинейных и линейных искажений, определять взаимосвязь видимых нелинейных изменений, например, гармонического сигнала и воспринимаемых искажений реального вещательного сигнала.

Заключение

Разработанное на функциональном уровне устройство относится к контрольно-измерительной технике и предназначено для имитации в научных и учебных целях функциональной структуры двухканального тракта обработки и вещания, предоставляющей возможность регулирования значений параметров цепей предискажений и коррекции.

Модель предназначена для реализации аппаратно-программными средствами и может быть использована для выполнения исследований поведенческого характера, а также для определения количественных и качественных изменений сигнала в различных точках радиовещательного тракта. Возможности независимых перестроек ключевых параметров всех функциональных блоков позволяют исследовать важные вопросы работы системы шумоподавления.

Модель позволяет реализовать слуховые экспертизы, направленные на определение оптимальных частотных зависимостей отдельных цепей системы при передаче звуковых сигналов различного жанрового характера и происхождения, в том числе, синтезированных сигналов в условиях присутствия в тракте равномерно распределённых по спектру помех.

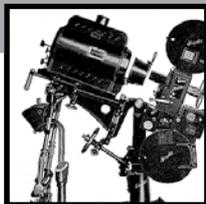
Использование виртуальных лабораторных комплексов в учебном процессе имеет ряд неоспоримых достоинств, к которым можно отнести создание условий для безопасной и комфортной работы. Кроме того, широкое внедрение системы дистанционного обучения предполагает значительное увеличение времени самостоятельной работы, поэтому использование виртуальных моделей, подобных рассмотренной в статье, позволит, в том числе, повысить эффективность дистанционного обучения. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонова Л.С. Системотехническое моделирование усилителя мощности сигналов звуковой частоты [Текст]. – М.: Мир техники кино, 2014–3(8). С. 9–13.
2. Златин И.Л. SystemView 6.0 – системное проектирование радиоэлектронных устройств [Текст]. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2006. – 424 с.
3. Электроакустика и звуковое вещание: Учебное пособие для вузов / И.А. Алдошина, Э.И. Вологдин, А.П. Ефимов и др.; Под ред. Ю.А. Ковалгина [Текст]. – М.: Горячая линия – Телеком, Радио и связь, 2007. – 872 с. (с. 380–383, рис. 11.30).
4. Патент РФ на изобретение № 2 559821 (RU 2 559 821 C1). МПК G11B 20/24 (2006.01). Устройство для имитации системы шумоподавления с частотными предискажениями [Текст] / Тихонова Л.С., Растрига С.Н.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения. – № 2014141188 от 13.10.2014. Оpubл. 10.08.2015, бюл. № 22.
5. Патент РФ на полезную модель № 184 643 (RU 184643 U1). МПК G11B 20/24 (2018.08). Модель шумоподавителя [Текст] / Тихонова Л.С., Растрига С.Н.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения. – № 2018111353 от 29.03.2018. Оpubл. 01.11.2018, бюл. № 31.
6. Тихонова Л.С. Системотехническое моделирование тракта радиовещания с частотными предискажениями. Часть 1: Предпосылки к моделированию и описание устройства [Текст]. – М.: Мир техники кино, 2019–4(13). С. 16–19.

REFERENCES

1. Tikhonova L.S. System engineering modeling of the power amplifier of audio signals [Text]. – M.: The World of Technique Cinema (WTC), 2014–3(8), p. 9–13.
2. Zlatin I.L. SystemView 6.0 - system design of electronic devices [Text]. – M.: "Hot line - Telecom", 2006. – 424 p.
3. Electroacoustics and sound broadcasting: textbook for universities / I.A. Aldoshina, E.I. Volodgin, A.P. Efimov et al.; Ed. Yu.A. Kovalgin [Text]. – M.: Hot line – Telecom, Radio and communications, 2007. – 872 p. (p. 380-383, fig. 11.30).
4. RF patent for the invention No. 2 559821 (RU 2 559 821 C1). IPC G11B 20/24 (2006.01). A device for simulating a noise reduction system with frequency pre-emphasis [Text] / Tikhonova L.S., Rastriga S.N.; Applicant and patent holder St. Petersburg State University of Cinema and Television. – No. 2014141188 dated 10/13/2014. Publ. 08/10/2015, bull. Number 22.
5. RF patent for utility model No. 184 643 (RU 184643 U1). IPC G11B 20/24 (2018.08). Squelch model [Text] / Tikhonova L.S., Rastriga S.N.; Applicant and patent holder St. Petersburg State Institute of Cinema and Television. – No. 2018111353 dated 03/29/2018. Publ. 11/01/2018, bull. Number 31.
6. Tikhonova L.S. System engineering modeling of the broadcasting path with frequency pre-emphasis. Part 1: Prerequisites for modeling and device description [Text]. – M.: The World of Technique Cinema (WTC), 2019–4(13), p. 16–19.



ИССЛЕДОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ МОЩНОСТЬЮ 40 Вт для освещения киносъёмочной площадки



Р.Р. Шириев, к.т.н., доцент, shrr@list.ru, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», РФ

Аннотация

В силу большого разнообразия световых приборов отечественного и зарубежного производства на рынке светотехнической продукции, с целью оказания помощи специалистам проектных и монтажных организаций в вопросе выбора светодиодных светильников, было проведено исследование технических параметров светодиодных светильников разных производителей. В результате сравнительной оценки технических параметров и степени надёжности работы светодиодных световых приборов в разных технических и климатических условиях выявлены недостатки технических решений и несоответствие измеренных значений коэффициента пульсации заявленному в техническом паспорте одного из световых приборов. Он отличается завышенными параметрами по нагреву, что ведёт к ускорению процесса деградации параметров и характеристик светодиодов и изоляционных материалов. Эти светодиодные светильники могут применяться и в кинопроизводстве на киносъёмочных площадках – как в помещениях, так и вне их.

Ключевые слова: испытание светового прибора, технические параметры, освещение киносъёмки.

Введение

Современный светотехнический рынок перенасыщен всевозможными светотехническими решениями в сфере освещения, рекламной подсветки и световой

RESEARCH AND CONTROL OF PARAMETERS OF 40 W LIGHTING FIXTURES FOR ILLUMINATION OF A MOVIE SET

R. Shiriev, Ph.D., shrr@list.ru, Kazan State Energy University, Russia

Abstract

Due to the wide variety of lighting devices of domestic and foreign production on the lighting products market, in order to assist specialists in design and installation organizations in the selection of LED lamps, a study was made of the technical parameters of LED lamps designed for street lighting from three different manufacturers. As a result of a comparative assessment of the technical parameters and the degree of reliability of the LED lighting devices in different technical and climatic conditions, the disadvantages of technical solutions and the discrepancy between the measured values of the ripple coefficient stated in the technical passport of one of the lighting devices are revealed. These LED lights can also be used in the film industry on film sets both indoors and outdoors.

Keywords: lighting test, technical parameters, street lighting.

сигнализации. Поэтому не только простые обыватели в попытке внести свет в свои будни и в жилища, но и специалисты светотехнической направленности нередко не в состоянии сделать не только быстрый, а глав-

ное, верный выбор светового прибора [1–3]. Эта задача только на первый взгляд может показаться простой. Напротив, столкнувшись с производственной необходимостью выбора светового прибора, даже специалист, в силу сложившейся ситуации на рынке светотехнической продукции, может оказаться несколько растерянным, так как его поразит не только огромное разнообразие продукции и производителей, но и факт обнаружения множества изделий с, мягко говоря, не идеальными техническими параметрами. Встречаются светодиодные осветительные приборы с заниженным значением номинальной мощности, завышенным значением угла излучения и световой отдачи [4–6].

Известно, что электронные приборы и устройства с применением полупроводниковых элементов «не приветствуют» низкие и высокие температуры, особенно, резкие перепады температур. На исправность, работоспособность и в целом надёжность работы светодиодных световых приборов оказывают сильное влияние особенности климатических условий эксплуатации [7,8]. Погодные условия в РФ отличаются весьма широким размахом и резкими перепадами уровня температур и влажности воздуха. В процессе эксплуатации в классических нормальных условиях микроэлектронная составляющая светодиодного светильника нагревается до относительно высоких температур. Так, например, температура корпуса драйвера светового прибора, в зависимости от его модификации, может быть в пределах 40–70°C, а температура поверхности люминофора может превышать 100°C [9, 10].

Естественный рост температуры окружающей среды и влажности воздуха в весенне-летний период способствует возникновению градиента температуры элементов уличных светильников, что, в свою очередь, приводит к ускорению процессов старения люминофора, электронной начинки драйвера и электрической изоляции светодиодных светильников.

Особый интерес для разработчиков и представителей эксплуатирующих организаций должны представлять периодические процессы разогрева и охлаждения светильника в период с середины осени до середины весны, когда светильник в течение суток может претерпевать циклические нагревы, глубокие и длительные переохлаждения, что может губительно сказаться не только на исправности, но и на работоспособности светильника. В следующие сутки из-за замерзания конденсата и механического повреждения он может элементарно не включиться. Поэтому в ходе исследований нам было необходимо осуществить воссоздание температурных условий, характерных для разных времён года.

Объект и методика исследований

В научно-исследовательскую лабораторию «Световые технологии и вспомогательные приборы светотехники» ФГБОУ ВО «КГЭУ» поступило шесть типов светильников разных отечественных фирм-производителей для проведения испытаний и сравнения технических параметров

между собой. Каждый тип светильника был представлен в трёх экземплярах. В качестве объектов были взяты образцы светотехнической продукции четырёх фирм-производителей: светильник NT-WAY-40 («NITEOS», г. Казань), светильник АТ-ДКУ-40 (ООО «Атон», г. Нижний Новгород), светильник FSL 01-40-50-Ш (ТД «ФЕРЕКС», г. Казань) и светильник L-street 24 (ООО «ЛЕДЕЛ», г. Казань), близкие по номинальной мощности, индексу цветопередачи, коэффициенту мощности, климатическому исполнению и степени защиты от пыли и влаги.

В рамках данного исследования проводились измерения физических величин, которые характеризуют технические параметры световых приборов, и сравнительный анализ их измеренных и номинальных значений. В таблице 1 представлены некоторые технические параметры этих световых приборов, заявленные заводом-изготовителем в технических паспортах изделий.

Особенности распределения светового потока, исходящего от светильников в окружающее пространство, изучали по кривым силы света (КСС) и углу излучения. Измерения КСС световых приборов осуществлялись с помощью люксметра-пульсметра и гониометра. При этом люксметр-пульсметр был неподвижен, находился на расстоянии. Световой прибор, напротив, осуществлял поворот вокруг поперечной оси у торца светильника с точкой отсчёта, находящейся в фиксированном положении вдоль главной оптической оси. Значения силы света в конкретной точке пространства фотометрического тела определяли путём пересчёта показаний люксметра-пульсметра ТКА ПКМ (08), размещённого по нормали к силе света под соответствующим углом относительно главной оптической оси и на определённом расстоянии от точки начала отсчёта. Зависимость интенсивности излучения и коэффициента пульсации от уровня питающего напряжения определялась с помощью лабораторного автотрансформатора и люксметра-пульсметра.

На начальном этапе эксперимента испытания всех светильников были проведены в помещении в нормальных ($T = 25^\circ\text{C}$) климатических условиях. Измерения проводились с помощью электрического температурного датчика и тепловизора с учётом того, что показания тепловизора необходимо корректировать. В частности, когда требуется провести сравнительный анализ температуры материалов, отличающихся по цвету, химическому составу и шероховатости исследуемой поверхности (например, детали из светлого сплава алюминия, стекла или пластика), необходимо учитывать коэффициент излучения их поверхностей [15], что было подтверждено экспериментально при измерении температуры исследуемых светильников. В силу того, что в настройках тепловизора необходимо учитывать излучающую способность разных материалов, тепловизор применялся для получения термограммы, а для количественного сравнения температур элементов разных светильников использовался электронный мультиметр APPA 107N.

Табл. 1. Технические параметры объектов исследования [11,12,13,14]

№	Параметр	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
1	Модель светильника	FSL 01-40-50-Ш	L-street 24	NT-WAY 40	АТ-ДКУ-40
2	Завод-изготовитель	ТД «ФЕРЕКС»	ООО «ЛЕДЕЛ»	«NITEOS»	ООО «Атон»
3	Номинальное напряжение, В	110-285	140-265	176-264	176-264
4	Световой поток светильника, лм	4096	4306	4100	3400
5	Цветовая температура, К	5000	5000	5000	5000
6	Индекс цветопередачи	80	85	80	80
4	Тип КСС	Ш – широкая	ШЗ – широкая	Д – косинусная	Ш – широкая
5	Коэффициент пульсации, %	1	1	1	5
6	Габаритные размеры, мм	340x110x90	143x533x83	297x178x150	220x105x60
7	Масса, кг	2,7	2,4	3,5	0,7
8	Температура эксплуатации °С	-40+50	-60+40	-40+40	-40+50

С целью обеспечения доступа измерительного температурного датчика к люминофору при осуществлении измерения температуры контактным способом, потребовалось сделать дополнительное отверстие в передней пластиковой части корпуса световых приборов.

Надёжность включения светодиодных светильников испытывалась следующим образом. Сначала каждый светильник помещался в климатическую камеру СМ-70/150-120ТВХ, где температура окружающего воздуха поднималась от +25 до +40°С, и светильник посредством ручного выключателя включался и выключался дважды. Смотровое окно в передней части климатической камеры позволяло визуально убедиться в том, произошло ли включение светильника, и не было ли заметного сбоя в работе светового прибора.

Следующий цикл экспериментов предусматривал глубокое длительное переохлаждение светильников в морозильной камере. Для проведения климатических испытаний при пониженных температурах окружающей среды использовалась морозильная камера МРА-2К-12-А/СЛ с электронным мультиметром, работающим в режиме измерителя температуры. Морозильная камера МРА-2К-12-А/СЛ представляет собой устройство с автоматическим управлением и конструктивно выполнена в виде двухкамерного термоса с жидким азотом в качестве хладагента. Испытуемый образец светильника подвергался воздействию перепада температуры окружающей среды от +25°С до -50°С и проверялся на надёжность включения с шагом в 10°С. При достижении каждой температурной точки светильник посредством ручного выключателя кратковременно включался и выключался дважды.

Проведение сравнительных испытаний

В паспортах светодиодных светильников номинальное значение питающего напряжения указано не одной цифрой, а в виде диапазона, что, возможно, обусловлено стремлением завода-изготовителя обеспечить приемлемую степень надёжности и долговечности своей продукции. Это наблюдение привело к необходимости экспериментального выявления зависимости интенсивности

излучения и коэффициента пульсации от уровня питающего напряжения. Сравнение соотношения светового потока и мощности у разных светильников показало доминирование первого и второго образца над остальными по уровню световой отдаче. Световой прибор АТ-ДКУ-40, световая отдача которого составляет 85 лм/Вт, находится на последнем месте. По габаритным размерам и весу на первом месте находится светильник АТ-ДКУ-40, который оказывается более удобным с точки зрения хранения, перевозок, что не делает его значительно более удобным при проведении монтажных работ. По остальным параметрам, таким как цветовая температура, индекс цветопередачи, коэффициент мощности, климатическое исполнение и степень защиты от пыли и влаги, эти световые приборы практически идентичны.

Драйвер L-street 24 выполнен в виде отдельной платы, которая находится в просторном алюминиевом профиле, с обоих концов закрытого пластиковыми заглушками, посаженными на герметик. Плата покрыта защитным лаком. Заявленный класс защиты IP66.

Драйвер FSL 01-40-50-Ш выполнен в виде отдельного закрытого алюминиевого блока, который находится в корпусе светильника. Корпус светильника имеет отверстия. Печатная плата покрыта тонким слоем герметика. Пространство между печатной платой с компонентами и алюминиевым корпусом залито смолой (компаундом). Материал печатной платы гетинакс. Заявленный класс защиты IP66.

Образец № 3, светильник NT-WAY 40, не использует драйвер собственного производства. В корпусе светильника стоит драйвер российской фирмы «Аргос» (Москва). Драйвер выполнен в виде отдельного пластикового блока, который находится внутри большого алюминиевого профиля. Пространство между печатной платой и корпусом залито герметиком (компаундом). Материал печатной платы стеклотекстолит. Заявленный класс защиты IP65.

По схемотехнике драйверы L-street 24 и NT-WAY 40 очень близки. Преобразователи построены на основе микросхемы UCC28810, разработанной фирмой Texas Instruments. Высоковольтная часть преобразователей имеет практически одинаковые схемные решения.

Оба драйвера имеют гальваническую развязку от сети. Обратная связь осуществляется через оптопару. Низковольтная часть двух устройств также очень похожа. В обоих случаях применены сглаживающие конденсаторы на 100 В, спроектированные специально для применения в блоках питания. Конденсаторы имеют низкое полное сопротивление и длительный срок службы до 10000 часов. Отличие составляет рабочий температурный диапазон конденсаторов; в случае L-street 24, температурный диапазон шире: от -40 до $+105^{\circ}\text{C}$, а у NT-WAY 40 – от -25°C до $+105^{\circ}\text{C}$. В светильнике L-street 24 используются конденсаторы фирмы TEAPO, а у NT-WAY 40 фирмы SHELCON (Китай).

Драйвер фирмы FSL 01-40-50-Ш реализован на основе микросхемы TEA1752T фирмы NXP. Микросхема имеет заявленные функции, аналогичные предыдущей микросхеме UCC28810. В высоковольтной части имеется конденсатор на 33 μF и напряжение 450 В от -40 до $+105^{\circ}\text{C}$, что позволяет лучше фильтровать входное напряжение, но при этом ухудшается коэффициент мощности. Конденсаторы североамериканской фирмы KXG. Обратная связь также выполнена с помощью оптопары. В низковольтной части стоят два сглаживающих конденсатора по 82 мкФ, рассчитанные на 100 В.

Драйвер светильника АТ-ДКУ-40 выполнен в виде отдельной платы, построен по схеме гасящего конденсатора, без специализированных драйверов. На входе отсутствует фильтр напряжения, и выходное напряжение сглаживается за счёт электролитического конденсатора на номинальное напряжение 250 В, что явно не достаточно для надёжной работы в случае обрыва нагрузки. Данное схемное решение не позволяет получить высокий коэффициент мощности [16]. Конденсатор Корейской фирмы Samwha ёмкостью 100 мкФ с заявленным сроком службы 2000 часов и рабочим температурным диапазоном от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Плата находится в литом алюминиевом корпусе, с фронтальной частью, закрытым пластиковыми прозрачными панелями, посаженными на герметик. Плата без защитного покрытия. Заявленный класс защиты не указан на корпусе.

В общем, все схемы, кроме АТ-ДКУ-40, имеют похожие схемные решения. В данных устройствах применяются комплектующие со схожими характеристиками. Дальнейший анализ требовал проведения измерений параметров в ходе пробной эксплуатации в различных климатических условиях.

Результаты измерений, анализ полученных данных

Коэффициент пульсации светового потока (K_p) и освещённость, прямо пропорциональные световому потоку при номинальном напряжении питания, и отличные от него, измеряли прибором ТКАПКМ (08) в режиме «пульсметр» и «люксметр», соответственно. Типы кривых силы света (КСС), измеренные в ходе исследования (рис. 1), соответствовали представленным в технических паспортах.

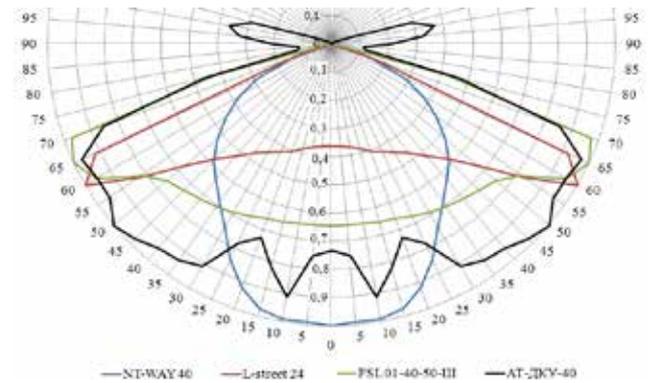


Рис. 1. Диаграммы КСС светильников при номинальном напряжении питания

Значение коэффициента пульсации светового потока светильника АТ-ДКУ-40 при номинальном напряжении питания, в отличие от коэффициента пульсации светового потока других светильников, составило 20%, что в четыре раза превышает значение, заявленное производителем. Экспериментальные зависимости освещённости и коэффициента пульсации светового потока светильников от питающего напряжения показаны на рисунке 2: интенсивность видимого излучения светильников NT-WAY-40 и L-street 24 быстро возрастает от 0 ($U=45$ В) до 30–40 % ($U=50$ В) от номинального значения, а затем линейно растёт с увеличением напряжения питания, достигая номинального значения при $U=120$ В и 145 В, соответственно. Интенсивность светового потока светильника FSL 01-40-50-Ш почти мгновенно при напряжении питания $U=90$ В достигает максимума. Коэффициент пульсации (K_p) светового потока светильников NT-WAY-40 и L-street 24 растёт вместе с интенсивностью свечения от 0 при $U=45$ В до 13–18% при $U=50$ В, затем медленно

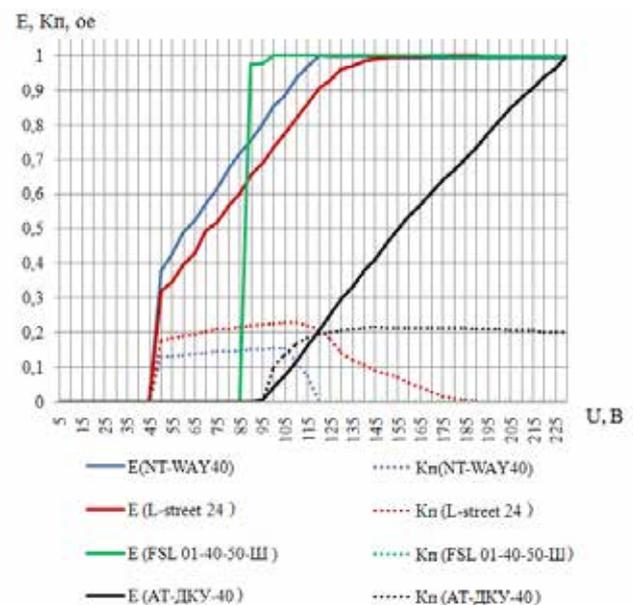


Рис. 2. Зависимости интенсивности видимого излучения и коэффициента пульсации светильников от напряжения питания

увеличивается до своего максимального значения 15% и 22%, соответственно, при $U=100$ В, а затем падает до 0 при $U=120$ В и 180 В, соответственно. Коэффициент пульсации (K_p) светового потока светильника FSL 01-40-50-Ш при напряжении питания 90 В составляет менее 1%. При дальнейшем увеличении уровня питающего напряжения наступила полная стабилизация пульсации светового потока на минимуме $K_p=0\%$.

Различное свечение у светильника АТ-ДКУ-40 появляется при $U=95$ В, и затем его интенсивность практически линейно возрастает с напряжением питания до своего номинального значения при $U=230$ В. Коэффициент пульсации сначала круто растёт от 0 ($U=95$ В) до $K_p=20\%$ (120-125 В), и дальнейшее увеличение напряжения питания почти не сказывается на уровне пульсации. Зависимости, представленные на рис. 2, свидетельствуют о качестве драйверов исследуемых светильников. В работе драйвера трёх типов светильников, в отличие от АТ-ДКУ-40, предусмотрена стабилизация по току, что внешне проявляется в стабилизации светового потока.

Одними из главных показателей, влияющих на срок службы светодиодного светильника, являются рабочие температуры светодиодного кристалла, люминофора и драйвера. Результаты измерения температуры поверхностей световых приборов с помощью тепловизора показаны на рис. 3-5. Полученные изотермы свидетельствуют о том, что радиатор светильника АТ-ДКУ-40, в отличие от других, имеет менее равномерный нагрев и менее эффективно отводит тепло.

Температуру люминофора определяли контактным способом с помощью электрического температурного датчика. Монтажная светодиодная плата светильника АТ-ДКУ-40 соприкасается с радиатором лишь кромкой по периметру, что негативно сказывается на эффективности передачи тепла от монтажной платы радиатору. Вследствие этого через десять минут работы светильника АТ-ДКУ-40 температура корпуса достигла 60°C . Через 180 минут после включения температура корпуса светильника АТ-ДКУ-40 превысила 80°C , а температура люминофора – 130°C .

Монтажные светодиодные платы остальных исследуемых светильников соприкасаются с радиатором по всей поверхности. Температура на поверхности монтажной платы с лицевой стороны светильников NT-WAY-40, FSL 01-40-50-Ш и L-street 24 через 120 минут после включения не превышала 57°C , а корпуса с тыльной стороны – 48°C .

Температура люминофора светильника L-street 24 при номинальной мощности 40 Вт через 240 минут эксплуатации в помещении достигла 150°C , что губительно скажется на надёжности работы вследствие ускоренного старения. Драйвер при этом имел температуру 47°C .

Светильник NT-WAY-40 выгодно отличался от других по своим температурным характеристикам. Так, температура поверхности монтажной платы светильника NT-WAY-40 с лицевой стороны $46\text{--}50^\circ\text{C}$, на тыльной

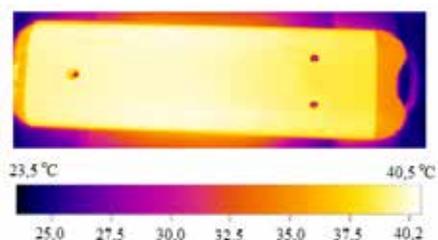


Рис. 3. Результаты измерения температуры поверхности светильника FSL 01-40-50-Ш с помощью тепловизора: тыльная сторона

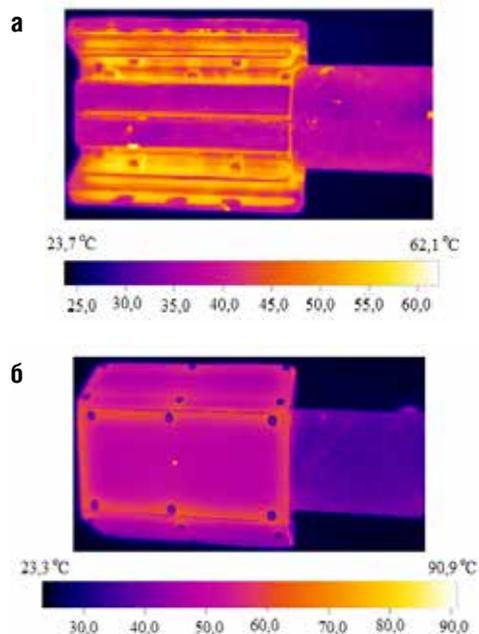


Рис. 4. Результаты измерения температуры поверхности светильника АТ-ДКУ-40 с помощью тепловизора: а) тыльная сторона; б) спереди

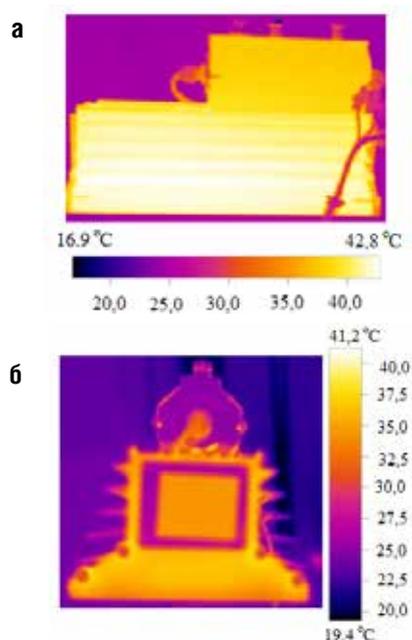


Рис. 5. Результаты измерения температуры поверхности светильника NT-WAY-40 с помощью тепловизора: а) главный вид; б) сбоку

стороне поверхности корпуса не превышает 34°C. Через 240 минут после включения температура люминофора NT-WAY-40 достигает 88°C. Внутри корпуса светильника NT-WAY-40 размещён драйвер, чья температура через 30 минут после включения достигла 40°C, что вполне допустимо.

По количеству светодиодов светильник NT-WAY-40 почти в три раза доминирует, что при почти равных значениях светового потока исследуемых светильников позволило выбрать более щадящий режим по силе тока. Этот факт и наличие более массивного радиатора обеспечили такие температурные характеристики.

В комнатных условиях радиатор светильника АТ-ДКУ-40 плохо справляется с функцией отвода тепла. Температура на поверхности корпуса светильника АТ-ДКУ-40 при нормальных условиях составляет 60°C, а – люминофора – 130°C. Поэтому светильник АТ-ДКУ-40 лучше использовать в широтах с холодным климатом.

Исследуемые светильники успешно прошли климатические экспресс-испытания при температурах от –50 до +40°C. В ходе эксперимента они регулярно включались, ни один не вышел из строя.

Заключение

Проведена сравнительная оценка технических параметров светодиодных световых приборов посредством визуального осмотра, измерений и сопоставления с параметрами, заявленными в техническом паспорте завода-изготовителя.

Выявлены недостатки технических решений в конструкции светильника АТ-ДКУ-40 и несоответствие измеренных значений коэффициента пульсации заявленному значению. Светильники АТ-ДКУ-40 и L-street 24 отличаются завышенными параметрами по нагреву люминофора, что ведёт к ускорению процесса деградации параметров и характеристик. Температура люминофора светильника L-street 24 свидетельствует о наличии перегрузки светодиодов по току. Рекомендуется выбор более «щадящего» режима работы.

Технические параметры светильника NT-WAY-40 и температурные характеристики, в частности, показали широкие возможности для использования светильников этого типа.

Все рассмотренные в работе светильники разрабатывались для освещения внутри домовых территорий, городских парков, производственных площадок, улиц. В их конструкции не предусмотрены системы принудительного охлаждения. В киноиндустрии очень часто съёмки осуществляются за пределами помещений киностудии, поэтому светильники должны быть всепогодными. В этом случае вполне применимы светильники FSL 01-40-50-Ш и L-street 24 или их модификации. Они, по желанию потребителя, могут быть оснащены линзами, которые способны обеспечить нужный угол излучения. Производитель в конструкции предусматривает различные способы крепления (не только консольное). Драй-

веры светильников (как опция) обладают возможностью плавного диммирования светового потока в диапазоне от 0 до 100 % и интеграции с беспроводной системой управления. ■

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Тукшаитов Р.Х., Айхайти И. Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества / Инженерный вестник Дона. 2017. № 4 (47). С. 28.
2. Прокофьев А. Рейтинг промышленных светодиодных светильников / Современная светотехника. 2012. № 1. С. 3–13.
3. Борисов А.Н., Шириев Р.Р. Светодиодный источник света с повышенной светоотдачей / Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 1–2. С. 111–119.
4. Микаева С.А., Ашрятов А.А. Контроль и диагностика исследования светодиодных ламп / Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия «Приборостроение и информационные технологии». 2013. № 47. С. 25–41.
5. Тукшаитов Р.Х., Гусманов М. Типовые и филаментные светодиодные лампы. Каким образом можно оценить их качество. Часть 1 / Полупроводниковая светотехника. 2018. №4. С. 24–28.
6. Ашрятов А.А. Исследование линейных светодиодных ламп / А.А. Ашрятов, А.М. Кокинов, С.А. Микаева / Естественные и технические науки. 2012. № 6. С. 338–353.
7. Фетисов Л.В., Роженцова Н.В., Булатова О.А. Повышение качества электрической энергии в сетях низкого напряжения / Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. №11–12. С. 99–106.
8. Иванова В.Р. Разработка учебного стенда для эффективной и безопасной эксплуатации резервного электроснабжения на промышленных предприятиях / В.Р. Иванова, Л.В. Фетисов / Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. № 9–10. С. 165–169.
9. Мэгги Наджими. Концепции, продлевающие срок службы светодиодных драйверов / Полупроводниковая светотехника. 2017. №2 С. 44–47.
10. Исыхакэфу А., Тукшаитов Р.Х. Контроль температуры корпуса светодиодных ламп в разных осветительных устройствах / Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 9–10. С. 146–150.
11. Технический паспорт светильника NT-WAY-40.
12. Технический паспорт светильника АТ-ДКУ-40.
13. Технический паспорт светильника FSL 01-40-50-Ш.
14. Технический паспорт светильника L-street 24.
15. Прошкин С.С. К вопросу о точности измерения температуры с помощью тепловизора / Вестник МАХ. 2014. №1. С. 51–54.
16. Тукшаитов Р.Х. О коэффициенте мощности светодиодных ламп (в связи с требованиями ГОСТ Р 55705-2013) / Р.Х. Тукшаитов, Э.Ю. Абдуллазянов, Р.М. Нигматуллин, А. Исыхакэфу / Светотехника. 2018. № 1. С. 49–51.



ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОГАЛОГЕННЫХ ЛАМП с улучшенной цветопередачей



Н.П. Нестеркина, старший преподаватель, Е.А. Кузнецов, магистрант ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», г. Саранск;
Ю.А. Журавлёва, к.т.н., доц., РТУ МИРЭА, г. Москва, В.С. Лихоткин, главный специалист ООО «Лисма», г. Саранск, РФ

Аннотация

Проведено исследование характеристик металлгалогенных ламп с улучшенной цветопередачей. Результаты испытаний показали, что рассматриваемые лампы могут применяться для освещения демонстрационных залов, выставок, ярмарок, а также для освещения фото-, кино- и телесъёмочных площадок.

Ключевые слова: металлгалогенная лампа, период разгорания, световой поток, индекс цветопередачи, исследование.

STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF THE METAL HALIDE LAMPS WITH IMPROVED COLOR RENDITION

N. Nesterkina, E. Kuznetsov, National Research Mordovia State University, Saransk, Yu. Zhuravleva, Ph.D., Assoc., RTU MIREA, Moscow, V. Likhotkin, LISMA Limited Liability Company, Saransk, Russia

Abstract

This paper presents the measurement results and analysis of the characteristics of metal halide lamps with improved color rendering. Based on the research results, it was concluded that the lamps in question can be used to illuminate demonstration halls, exhibitions, fairs, as well as to illuminate photo, film and television sets and other rooms with high demands on color rendering quality.

Keywords: metal-halide lamp, the luminous flux emergence period, color rendering index, research.

Введение

Металлогалогенные лампы (МГЛ) с улучшенным качеством цветопередачи применяются для общего и специального освещения. Благодаря исключительно высокому качеству цветопередачи и высокой световой отдаче эти лампы могут применяться и для освещения демонстрационных залов, выставок, ярмарок, а также фото-, кино- и телесъёмочных площадок и других помещений.

Применение материалов для горелок и колб МГЛ с более высокими оптическими свойствами, использование керамической горелки, оптимизация состава наполнения горелок, использование бариевых и циркониево-алюминиевых газопоглотителей, снижение тепловых неизлучательных потерь, позволило получить более высокие показатели по индексу цветопередачи, световой отдаче и стабильности в процессе срока службы.

Основная часть

В Центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) ООО «Лисма» и лаборатории Центра коллективного пользования «Светотехническая метрология» (Институт электроники и светотехники МГУ им. Н.П. Огарёва) были проведены исследования характеристик МГЛ с улучшенным качеством цветопередачи типа ДМГТ 150 Вт/942. Измерения электрических и световых параметров проводились при нормальных условиях в соответствии с методикой согласно ГОСТ [1].

Измерения изменений электрических и световых параметров в период разгорания при номинальном напряжении сети проводились на фотоколориметрической измерительной установке фирмы Gooch&Housego, включающей фотометрический шар OL IS7600 диаметром 2 м, многоканальный спектрорадиометр OL 770VIS/NIR, оптоволоконный кабель 770-7G-3.0, прецизионный источник постоянного тока OL410-200 PRECISION LAMP SOURCE для питания вспомогательной лампы AUX LAMP A180, арматуру для крепления ламп, и ПК [2].

На первом этапе исследований от партии ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 объёмом 150 штук методом случайного отбора согласно ГОСТ [3], были отобраны лампы в количестве 5 шт. в соответствии с ГОСТ [4]. Усреднённые результаты измерений характеристик пяти исследуемых образцов МГЛ в период разгорания представлены на рисунках 1-4. По результатам исследований время разгорания ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 составило 150 с.

Измерение параметров исследуемых ламп проводилось с помощью фотоколориметрической измерительной установки, блока питания переменного тока DPS1060, гониофотометрического комплекса, спектроколориметра «ТКАВД»/02. Для определения координат цветности использовался спектрорадиометрический метод, а для оценки цветопередачи – спектрональный. Использовались также методы измерения коррелированной цветовой температуры согласно ГОСТ [1].

На втором этапе исследований проводились измерения параметров ламп в ЦЗЛ ООО «Лисма» с помощью шара фотометрического диаметром 2 м, лампы светоизмерительной типа СИП 107-3500, дросселя образцового измерительного типа ДОО 150/220, импульсного зажигающего устройства ИЗУ ДНаТ 100-150/220, фотоэлемента ФЭС-10, монохроматора УМ-2, ваттметра, вольтметра и амперметра переменного тока. Полученные значения электрических и световых параметров, а также их нормативные значения, заявленные производителем, представлены в таблице 1.

Для сравнения в ЦЗЛ ООО «Лисма» были проведены измерения характеристик кварцевых галогенных ламп накаливания типа КГ 220-500-1, применяемых для кино-, фото-, телесъёмки (табл. 2). От партии ламп типа КГ 220-500-1 объёмом 500 штук, методом случайного отбора были отобраны лампы в количестве 8 шт. согласно ГОСТ [3,4].

В ходе исследований было установлено, что световой поток ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 превышает значение,

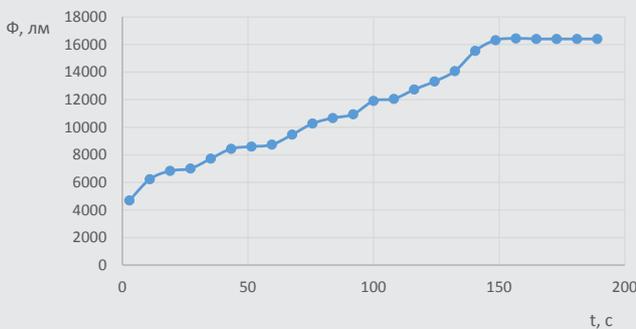


Рис. 1. Изменение светового потока ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 в период разгорания

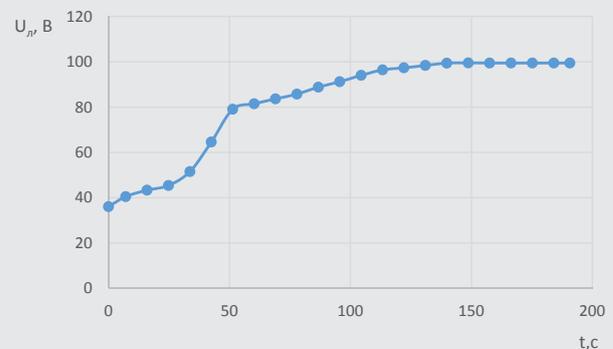


Рис. 3. Изменение напряжения на лампе типа ДМГТ 150 Вт/942 в период разгорания

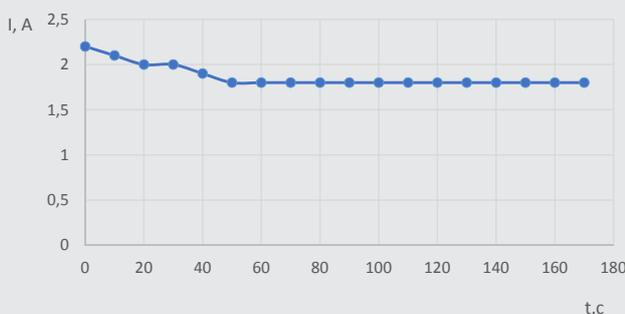


Рис. 2. Изменение тока ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 в период разгорания

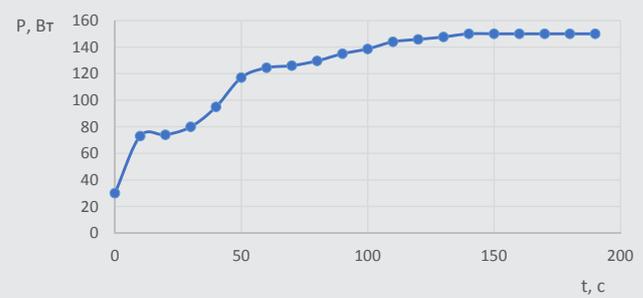


Рис. 4. Изменение мощности ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 в период разгорания

Табл. 1. Результаты измерений электрических и световых параметров исследуемых ламп типа ДМГТ 150 Вт/942

№№ ламп	I, А	U _л , В	P, Вт	Φ, лм	H, лм/Вт	T _{цв} , К	R _a
1	1,83	98,0	155,0	16393	105,8	4026	89,8
2	1,83	99,4	156,0	16480	105,6	4016	90,3
3	1,79	103,3	159,5	16567	103,9	3996	92,6
4	1,83	97,5	155,0	16196	104,5	3989	89,8
5	1,81	99,1	155,0	16393	105,8	4027	89,6
Норматив[5]	1,8		150	13200	88	4200	90

Табл. 2. Параметры ламп типа КГ 220-500-1 по результатам испытаний

№№ ламп	U _с , В	I, А	P, Вт	Φ, лм	H, лм/Вт	T _{цв} , К
1	220	2,28	502	14018	27,92	3160
2	220	2,30	506	13850	27,37	3190
3	220	2,28	502	13516	26,92	3170
4	220	2,31	508	14651	28,84	3184
5	220	2,30	506	13550	26,78	3178
6	220	2,33	513	14518	28,30	3200
7	220	2,28	502	14017	27,92	3158
8	220	2,29	504	13850	27,48	3160
Норматив[5]		2,27	500	14000	28	3200

заявленное производителем, в среднем, на 3200 лм, и составляет 16406 лм. Световой поток ламп КГ 220-500-1 соответствует значению, заявленному производителем, и составляет в среднем 13996 лм.

Сравнительный анализ проведенных испытаний ламп ДМГТ 150 Вт/942 и кварцевых галогенных ламп накаливания типа КГ 220-500-1 показал, что примерно при одинаковом (заявленном производителем) световом потоке, лампы ДМГТ имеют меньшую в 3,2 раза мощность, и в 3,8 раза большую световую отдачу.

Таким образом, лампы типа ДМГТ 150 Вт/942 являются более энергоэффективными по сравнению с кварцевыми галогенными лампами накаливания КГ 220-500-1. При использовании ламп ДМГТ вместо кварцевых галогенных ламп накаливания возможно получение экономии электроэнергии до 70 %.

На третьем этапе исследований с помощью высокочувствительного спектрометра общего назначения «Specbos» был снят спектр излучения ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 (рис. 5).

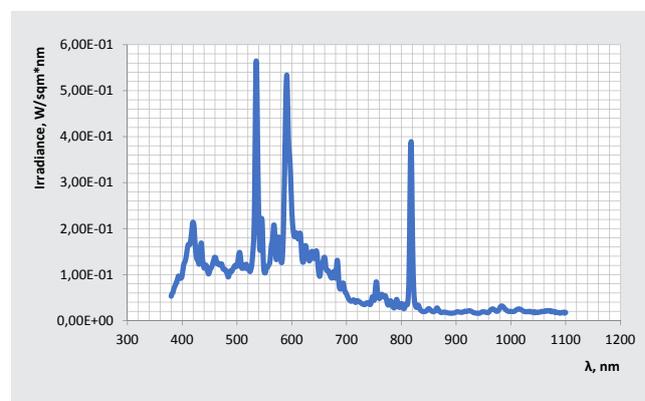


Рис. 5. Спектр излучения лампы типа ДМГТ 150 Вт/942

Спектр излучения ламп ДМГТ 150 Вт/942 охватывает всю видимую область и имеет максимумы при следующих длинах волн: 417 нм, 535 нм, 591 нм, 610 нм, 816 нм. Излучения с этими длинами волн дают металлы, вводимые в горелку МГЛ в форме их галогидных соединений:

- 417 нм – излучение индия;
- 535 нм – излучение таллия;
- 591 нм – излучение натрия;
- 610 нм – излучение лития.

816 нм – уже инфракрасное излучение, так как температура разрядной трубки очень высокая, поэтому в спектре появляются инфракрасные лучи.

Чувствительность глаза к излучению в видимой части спектра неодинакова и характеризуется кривой относительной спектральной эффективности при дневном зрении $V(\lambda)$ [6] - (рис. 6).

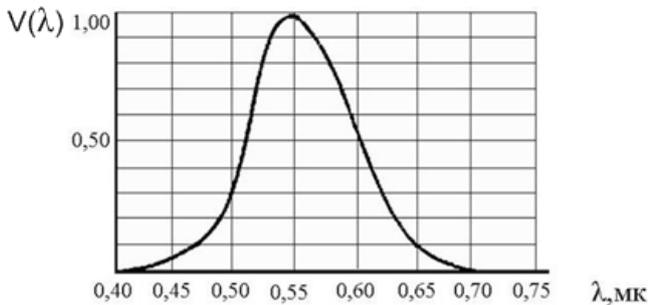


Рис. 6. Кривая относительной спектральной эффективности

Максимальные значения излучения ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 приходятся на длины волн 535 и 591 нм, которые находятся в области максимального значения относительной спектральной световой эффективности, что обеспечивает высокую световую отдачу ламп. Присутствие излучения в синей и красной областях спектра обеспечивает хорошую цветопередачу, что подтверждено результатами измерений (индекс цветопередачи Ra находится в пределах 89,6 – 92,6).

На гониофотометре G0 – 2000A была измерена кривая силы света (КСС) ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 (рис. 7).

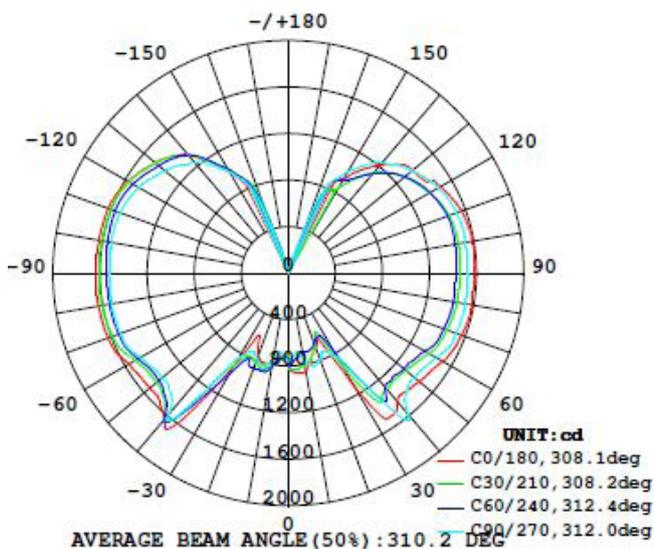


Рис. 7. КСС лампы типа ДМГТ 150 Вт/942

Анализ результатов измерений КСС показал, что лампы типа ДМГТ 150Вт/942 можно отнести к полуширокому типу. Максимальная сила света составила 1704 Кд.

Лампы типа ДМГТ 150 Вт/942 могут использоваться в прожекторах ГО02-150-01, предназначенных для наруж-

ного и внутреннего освещения [7]. Кривая силы света прожектора ГО02-150-01 [7] представлена на рисунке 8.

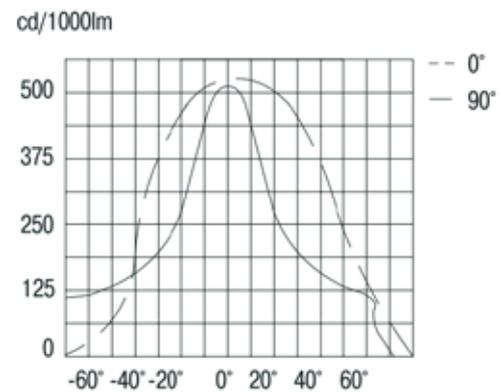


Рис. 8. КСС прожектора ГО02-150-01

Лампа типа ДМГТ 150 Вт/942 в сочетании с данным светильником может применяться для освещения больших помещений и залов. Благодаря высокому индексу цветопередачи, лампы данного типа возможно использовать там, где необходимо обеспечить достоверное воспроизведение света, в том числе, при проведении кино-, фото- и телесъемок.

Заключение

Анализ результатов исследований ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 позволяет сделать следующие выводы:

- экспериментальные значения электрических параметров, коррелированной цветовой температуры, индекса цветопередачи всех измеренных образцов ламп соответствуют параметрам, заявленным производителем, а световой поток и световая отдача для ламп ДМГТ 150Вт/942 выше заявленных значений [5];
- спектр излучения ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 охватывает всю область видимого диапазона, обеспечивая индекс цветопередачи $Ra = 89,6 - 92,6$;
- по виду кривой силы света лампы типа ДМГТ 150 Вт/942 можно отнести к полуширокому типу;
- по сравнению с кварцевыми галогенными лампами накаливания, лампы типа ДМГТ 150Вт/942 являются более энергоэффективными источниками оптического излучения.

Таким образом, главным достоинством ламп типа ДМГТ 150 Вт/942 является высокое качество цветопередачи ($Ra = 89,6 - 92,6$) при высоких значениях световой отдачи ($H = 103,9 - 105,8$ лм/Вт). По сравнению с кварцевыми галогенными лампами накаливания, они более энергоэффективны. Благодаря исключительно высокому качеству цветопередачи и высокой световой отдаче лампы типа ДМГТ 150Вт/942 могут применяться для освещения демонстрационных залов, различных выставочных помещений, а также при проведении фото-, кино- и телесъемок. ■



ПОЛНОЦВЕТНАЯ ДВУХЦВЕТКА?



Н.А. Майоров, henrymay@mail.ru, cinemafirst.ru, режиссёр-оператор, киновед, член Союза кинематографистов РФ

Аннотация

В статье описана экспериментальная работа по восстановлению цветного варианта фильма, снятого по двухцветной аддитивной системе Kinemacolor. На примере работы по восстановлению документального фильма «Итальянская кавалерия» показано, что использование локальной цветокоррекции даёт интересные результаты и позволяет избавить современного зрителя от цветовых искажений первой цветной системы в истории мирового кинематографа Kinemacolor. Также приведены методы исправления временного параллакса.

Ключевые слова: Kinemacolor, Adobe After Effects, Adobe Photo Shop, двухцветка, временной параллакс.

■ Такое парадоксальное название этой статьи объясняется простым ответом на вопрос об аутентичности цвета при восстановлении цветных фильмов.

Известно, что наилучшим хранителем цветной информации изображения является трёхцветное цветоделение на чёрно-белых носителях, с которых легко (при выполнении всех технологических условий) получить аутентичное цветное изображение с зафиксированными на плёнке в момент съёмки цветами.

Хуже обстоит дело с цветными многослойными негативными материалами. Аутентичность результата полученного с них цвета зависит от многих факторов, как объективных – выцветание красителей, так и субъективных – работа цветоустановщика, его представления о цвете, широкий простор для применения различных светофильтров и т.д.

TWO-COLOR MEANS FULL-COLOR?

N. Mayorov, henrymay@mail.ru, cinemafirst.ru

Abstract

The article describes the experimental work on the restoration of the color version of the film, shot using the two-color additive system Kinemacolor. Using the restoration of the Italian Cavalry documentary as an example, it is shown that the use of local color correlation gives interesting results and saves the modern viewer from color distortions of the first color system in the history of world cinema Kinemacolor. Also given are methods for correcting time parallax.

Keywords: Kinemacolor, Adobe After Effects, Adobe Photo Shop, two-color, time parallax.

Ещё больший простор для современных «творческих поисков» цветопередачи дают двухцветные системы съёмки цветного изображения, но только в том случае, когда цветовоспроизведение производится с нарушением технологических условий, принятых для демонстрации цветного изображения в данной конкретной системе съёмки и проекции. Этот «творческий простор» открывается и при цифровом восстановлении двухцветных фильмов, так как несоблюдение или незнание правильной пары цветных виражей для данного комплекта исходных цветоделённых материалов даст в итоге результат, далеко отстоящий от оригинального цвета.

В то же время, владея точной информацией о цвете фильтров для съёмки и цвете виражей, для изготовления копий с этих исходных материалов сегодня есть полная возможность получить цветной вариант с аутентичным

цветом для данной двухцветной системы. Это относится, в полной мере, и к цветным фильмам, снятым по аддитивной и субтрактивной технологиям в начале XX века.

Вернусь к названию данной статьи. Полноцветная двухцветка – что это? Цветное изображение, полученное двухцветным способом и передающее весь видимый спектр цветов? Или цветное изображение, в полной мере воспроизводящее цветной диапазон, характерный для данной системы съёмки и проекции?

В 2007 году, получив в Российском государственном архиве кинофотодокументов (РГАКФД РФ) исходные материалы английской двухцветной съёмки 1911 года по системе «Кинемаколор»

(Kinemascope), я приступил к цифровой реконструкции двухцветной «кинопроекции» по этой системе.

Перед автором стояла довольно простая задача – увидеть самому и показать зрителям цветной фильм, снятый по этой системе. Для этого был использован 35-мм чёрно-белый цветоделённый контратип-оригинал, хранящийся в РГАКФД – две части (243,3 и 204,3 м). Негативное изображение было инвертировано в позитивное и оцифровано. Полученный набор кадров был разделён на снятые через красный фильтр и, соответственно, – через зелёный фильтр. В результате получилось как бы два одинаковых

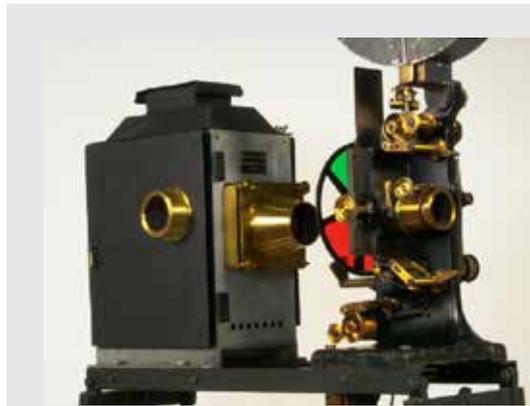


Фото 1. Кинопроектор «Кинемаколор»

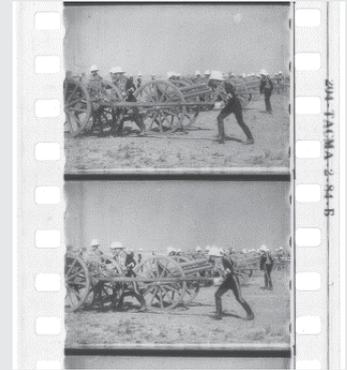


Фото 2. Цветоделённый позитив Кинемаколор (1911)

Кратко напомним принципы работы этой первой в мире коммерчески успешной двухцветной аддитивной системы цветного кино, запатентованной в 1906 году Джорджем Альбертом Смитом (George Albert Smith) под названием «Kinemascope» (Кинемаколор).

По системе «Кинемаколор» съёмка производилась на чёрно-белую плёнку через вращающиеся перед объективом на специальной турели перемежающиеся красный и зелёный светофильтры с частотой 32 кадра в секунду. Таким образом, получалось 16 пар цветоделённых чёрно-белых изображений.

Проекция велась с удвоенной скоростью, так же через красный и зелёный светофильтры.

по длине чёрно-белых «фильма», но отличающихся друг от друга тем, что каждый из них является носителем составляющей соответствующего цвета. Каждый из этих «фильмов» был «окрашен», соответственно, в красный и зелёный цвет, затем оцифрован в программе «Мультимедиа», которая как бы выполнила работу кинопроектора с цветными фильтрами, объединив чёрно-белые цветоделённые кадры в один цветной фильм. Таким образом, удалось получить цветное изображение, соответствующее описаниям очевидцев начала XX века, со всеми его достоинствами и недостатками.

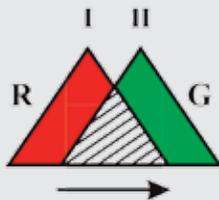


Фото 3, Схема 4. Временной параллакс

Временной параллакс возникает во всех способах цветного кино, основанных на последовательной проекции цветоделённых кадров, и является их основным пороком.

Рассмотрим процесс образования цветного контура из-за временного параллакса (Фото 3 и схема 4). Обозначим снимаемый объект треугольником, который движется по указанному стрелкой направлению вправо, где I – положение объекта, занимаемое им в момент, когда экспонируется первый кадр через красный фильтр. После того как плёнка продвинется на один кадр, и перед объективом остановится зелёный фильтр, снимаемый объект передвинется вперёд и займёт положение II. Во время проекции на экран этих цветоделённых изображений последовательно, через соответствующие светофильтры, глаз будет воспринимать эти последовательные фазы движения объекта как непрерывное движение. В пределах заштрихованного участка, где изображения перекрывают друг друга, будет происходить синтез цветов, и изображение будет восприниматься цветным. Но слева от объекта останется красная кайма, а справа – зелёная, которые хорошо запоминаются глазом. При следующем продвижении плёнки на один кадр, объект также передвинется, и кайма поменяется местами: слева будет зелёная, а справа – красная. При быстром чередовании кадров эти цветные каймы создают эффект мелькания радужных полос. Чем больше скорость объекта, тем больше их ширина, и наоборот. Понятно, что при трёхцветной съёмке этот эффект усиливается.

При съёмке же неподвижного объекта совмещение отдельных кадров при проекции будет полным; соответственно, цветная кайма образовываться не будет.



Фото 5. Кадр из фильма «The Durbar At Delhi» (Торжественный приём в Дели) (1912)

В полученном результате было только два достоинства: во-первых, получилось полноцветное изображение, передающее цветной спектр, ограниченный только возможностями двухцветного синтеза цветов. То есть, изображение имело все цвета и оттенки, возможные при сочетании в разных пропорциях зелёного и красного цвета. Синий цвет и все его оттенки, по понятным причинам, отсутствовали. Вторым достоинством данного способа «проекции» было избавление зрителей от неизбежного цветного мерцания при проекции цветоделённых кадров через вращающиеся перед объективом цветные фильтры. При оригинальной проекции по системе Кинемаколор никакого цветного изображения на экране не было, а возникали последовательно зелёно- и красноокрашенные кадры, которые сливались в единое изображение и образовывали цвет только в сознании зрителя.

Поскольку цифровая обработка представляла на экране уже синтезированное цветное изображение, то легко проявлялись все недостатки системы Кинемаколор. И главными из них также были два: отсутствие синего цвета проявлялось в образовании тонкой жёлтой вуали, что было не так страшно по сравнению с усиливающимся при цифровом сведении временным параллаксом, который при обычной проекции был менее заметен. Времен-

ной параллакс наиболее ярко проявлялся при ускорении движения объектов во фронтальном направлении и практически всегда присутствовал при движении объекта по плоскости кадра, и зависел от скорости его движения.

Но, несмотря на главные недостатки, система Кинемаколор успешно эксплуатировалась во многих странах мира до 1917 года.

Кинемаколор был первой коммерчески успешной системой цветного кино. Многие фильмы, снятые в этой системе, до сих пор представляют не только интерес с точки зрения развития кинотехники, но и как уникальный материал в цвете многих исторических событий начала прошлого века.

Одним из таких материалов, сохранившихся в Российском государственном архиве кинофотодокументов, является небольшой документальный фильм «Итальянская кавалерия». Именно под таким названием числится в архиве цветоделённая киноплёнка, смонтированная из снятого в 1912 году фильма итальянского режиссёра Люка Комерио (Luca Comerio) «Плавательные взводы 3-й кавалерийской дивизии» (Plotoni nuotatori della 3^a Divisione Cavalleria).

Хотя этот фильм и снят по двухцветной системе Kinemascolor, ни в итальянском, ни в российском варианте нет никаких ссылок на использование этой системы для съёмки, и в них отсутствуют логотипы Urban или Kinemascolor. Несколько лет назад итальянцы восстановили цвет своего варианта этого фильма.

Но вот пришло время вернуть на экран и российский вариант в цвете. Первое знакомство с отсканированным материалом вызвало противоречивые чувства радости и досады одновременно. С одной стороны – интересный, хорошо снятый оператором необычный сюжет о плавающей кавалерии, с прекрасными крупными планами, движением камеры по воде, красивыми пейзажами. С другой – понимание того, что всё это природное великолепие снято по цветной системе, исключая демонстрацию синевы неба, голубой поверхности реки. Ещё не приступая к работе, было понятно, что цвет Кинемаколора не для съёмки водных просторов.

Используемые в Kinemascolor красный и зелёный фильтры создадут цветную картинку первого снимка слева (Фото 6). Добавление третьего, синего фильтра,



Фото 6, 7, 8. Кадры из документального фильма «Итальянская кавалерия» (1912), снятого по двухцветной системе Kinemascolor

путём введения зелёного цветоделённого изображения, даст картинку с цветом центрального снимка (Фото 7). Этот вариант «вирирования» часто используется зарубежными реставраторами при работе с материалами Kinemascolor, чем и объясняется отсутствие жёлтой вуали (Фото 5) на восстановленных цветных фильмах, снятых по этой системе. Как мы видим, оба варианта на фото 6 и 7 передают цвет с большими отклонениями от натурального в ту или иную сторону, но в то же время показывают, что отдельные элементы изображения близки к натуральным цветам...

В середине 30-х годов прошлого века советский пионер цветного кино Ф.Ф. Проворов вместе со своими коллегами предложили и разработали принципы смены виражей при изготовлении цветных копий фильмов, снятых по советской двухцветной системе. Этим добивались получения высокого качества цвета и исправляли ошибки, допущенные во время съёмки. А в некоторых случаях, заменяя виражи, получали цвета, не возможные при использовании стандартного набора виражей. Так, например, в цветной копии фильма «Конёк-Горбунок» (1941) смена виражей позволила получить глубокие синие цвета ночного звёздного неба, золотого пера и точной передачи телесного цвета лица актёра. Но все эти вариации со сменой виражей относились к изменению цветов всего кадра. А другой вариант в те времена, да и сегодня, при использовании процесса химического вирирования, практически не возможен.

А вот в наши дни, при цифровой обработке изображения, такой вариант возможен. Меняя локально цвета виражей при цифровом восстановлении цвета Kinemascolor, можно получить в одном кадре цветную картинку, очень близкую к привычным в реальной жизни цветам (Фото 8). По сути, это будет небольшая цветокоррекция, только с привязкой к конкретному объекту или объектам в кадре, а не ко всему кадру.

Приведу пример по локальному «вирированию» для получения цвета, показанного на фото 8. Сведение цветоделённых изображений производится в программе Adobe After Effects в RGB следующем порядке:

В результате получаем цветное изображение в оригинальных цветах Kinemascolor (Фото 13).



Фото 13. Кадр из фильма «Итальянская кавалерия» (1912). Восстановленное в оригинальных цветах Kinemascolor цветное изображение

Для локальной цветокоррекции воды, на дорожку №3 дублируем дорожку №2, и временно отключаем эту дорожку для работы по цветокоррекции дорожки №3. «Вирируем» изображение на дорожке №3 в синий цвет $V=255$, добавляем зелёный цвет $G=255$. Корректируем V и G до получения нужного цвета воды - $R=255$, $V=249$, $G=255$. Включаем дорожку №2, и при помощи инструмента ластик (Eraser Tool) стираем изображение воды на кадре. Изображение принимает вид, показанный на фото 14. Стёртое изображение (на фото чёрный цвет) на дорожке №2 становится прозрачным, открывая доступ изображению воды на дорожке №3. В данном кадре была проведена ещё и локальная цветокоррекция колонны всадников под деревьями, всадников у воды и людей на берегу. Для этого дорожка №2 копируется ещё раз. Копия занимает дорожку №3, а изображения с дорожки №3 переносятся на дорожку №4. Новое изображение на дорожке №3, состоящее из сочетания $V=255$ и $G=255$, корректируется до достижения желаемого цвета.

1. «красное» изображение (Фото 9) размещается на верхней дорожке №1 и «вирируется» (Фото 10) в красный цвет $R=255$. Дорожка №1 в режиме наложения (Blending Mode), включается функция умножить (Multiply).



2. «зелёное» изображение (Фото 11) размещается под дорожкой №1 на дорожке №2 и «вирируется» (Фото 12) в зелёный цвет $G=255$.



Фото 9, 10, 11, 12. Локальное «вирирование» для получения цвета, показанного на фото 8



Фото 14,15. Локальная цветокоррекция воды

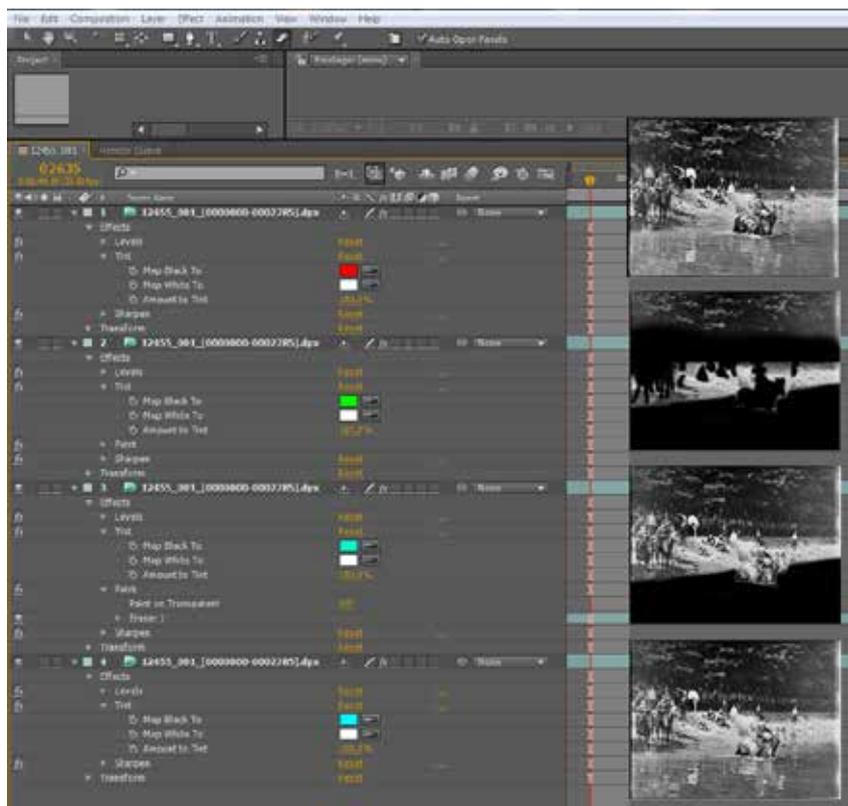


Фото 16, 17. Интерфейс программы локальной цветокоррекции кадров фильма «Итальянская кавалерия» (1912)

мого цвета формы военных, цвета лошадей и так далее. В нашем случае получилось сочетание $R=255$, $B=200$, $G=255$. Дорожки №2 и №3 имеют в кадре одинаковую прозрачную зону в области воды. На дорожке №2 также, при помощи инструмента ластик (Eraser Tool), стираем изображение колонны всадников под деревьями, всадников у воды и людей на берегу. Изображение на дорожке №2 принимает вид, показанный на фото 15.

Таким образом, дорожка №1 $R=255$ остаётся постоянной по рисунку и цвету для всего кадра. Дорожка №2 $G=255$ содержит изображение деревьев и откоса у воды, но прозрачна для изображений (Фото 15) людей и жи-

вотных дорожки №3 и воды на дорожке №4. Дорожка №3 прозрачна (Фото 14) для изображения воды на дорожке №4. В результате получаем изображение с локальной цветокоррекцией (Фото 18).

Очевидно, что всё вышеописанное справедливо только для статичного кадра. Для динамичного кадра придётся делать пок кадровые поправки в зонах прозрачности всех дорожек. Но, как мы видим, результат стоит того, чтобы потрудиться...

Работа над восстановлением документального фильма «Итальянская кавалерия» показала, что использование локальной цветокоррекции даёт интересные результаты и позволяет избавить современного зрителя от цветовых искажений первой в истории мирового кинематографа цветной системы Kinamascolor.

Во время работы по восстановлению были проведены и опыты по исправлению самого главного недостатка системы Kinamascolor – временного параллакса.

На фото 19-22 показаны кадры, часть изображения которых имеет временной параллакс. В данном плане ярко выраженный и хорошо заметный во время проекции временной параллакс идёт на протяжении двадцати кадров. Расположение объекта, его размер, особенности фона позволили исправить все 20 кадров, проведя пок кадровую обработку и сведение цветоделённых частей в единое целое. В данном случае, каждый кадр открывался в Adobe Photoshop, инструментом лассо (Lasso Tool) выделялась область изображения с временным параллаксом и копировалась в новый слой



Фото 18. Кадр из фильма «Итальянская кавалерия» (1912). Изображение с локальной цветокоррекцией



Фото 19, 20, 21, 22. Кадры с временным параллаксом из фильма производства «Плавательные взводы 3-й кавалерийской дивизии» (Plotoni nuotatori della 3^a Divisione Cavalleria) (1912)

(на фото 22 выделен жёлтым). Затем выбирался канал цвета, и выравнивались не сведённые изображения до максимально возможной точности наложения друг на друга. После этого «склеивались» слои.

Работа по восстановлению цветного варианта итальянского документального фильма 1912 года производства «Плавательные взводы 3-й кавалерийской дивизии» (Plotoni nuotatori della 3^a Divisione Cavalleria) стала настоящим экспериментом, во время которого опробованы различные варианты локальной смены «виражей». И проведена настоящая борьба с временным параллаксом. Во многих планах удалось ликвидировать несведение цветных каналов, а это, в свою очередь, дало возможность перевести частоту проекции с 16 кадров до 24 кадров в секунду, что сделало просмотр фильма более комфортным.

После проведения серии экспериментов, описанных в этой статье, и завершая её, можно смело снять вопросительный знак из её названия. Опытным путём удалось восстановить двухцветный архивный материал начала XX века в цвете с широким спектром цветов, не прибегая к популярной сейчас колоризации (читай – раскрашиванию), а творчески использовать методы цифровой цветокоррекции цветоделённого материала.

Надеюсь, что данная работа пригодится в дальнейшем при восстановлении не только фильмов Kinemasolor, но и других двухцветных киноматериалов. ■



Кадры из документального фильма производства «Плавательные взводы 3-й кавалерийской дивизии» (Plotoni nuotatori della 3^a Divisione Cavalleria) (1912)



JPEG КАК МЕТОД ОБОБЩЕНИЯ В ЦИФРОВОМ ИСКУССТВЕ. Часть первая



■ Е.А. Артёмов, info-poli@yandex.ru, преподаватель фотокомпозиции, член Объединённого комитета художников-графиков г. Москвы, РФ

■ **Мастер – класс на примере фотографий Е.А. Артёмова, вошедших во Всероссийский фонд произведений изобразительного искусства.**

Фотографии Евгения Артёмова хранятся в фондах Славянской библиотеки в Париже, в фондах Русского музея в Санкт-Петербурге; в частных коллекциях Франции, Германии, Голландии, США; во Всероссийском фонде произведений изобразительного искусства.

Хочу поделиться найденным мною способом обобщения фотографического изображения и его возможными применениями. Мой способ совершенно уникальный, он не повторяет никакой существующий. Способ – моё изобретение. Он – трудоёмкий, совершенно не похож на применение фильтров в Фотошопе, и к фильтрам отношения не имеет. По трудоёмкости продвинутое обобщение изображения сжатием JPEG соизмеримо с ручными техниками рисунка. Именно поэтому мои работы были включены во Всероссийский фонд произведений изобразительного искусства, а не в банки фотоизображений.

Свой мастер-класс я разделил на четыре части:

первая часть – теоретические основы обобщения и работа с цветным негативом,

вторая часть – основы обработки цифровых файлов алгоритмом JPEG,

третья часть – продвинутый уровень обобщения фотографии алгоритмом JPEG.

четвёртая часть – работа с цветными изображениями.

Цифровое искусство обычно определяют так: Digital Art – это художественная работа или практика, которая

использует цифровые технологии как часть творческого или презентационного процесса. С 1970-х годов для описания этого процесса использовались различные названия, в том числе, компьютерное искусство и мультимедийное искусство.

Одна из разновидностей Digital Art – цифровая фотография. Открывая файл в фотошопе, мы получаем возможность изменять его в соответствии со своим замыслом. Эти изменения многократно превосходят те возможности, которые были доступны во времена аналоговой фотографии.

«JPEG» (произносится «джейпег», англ. Joint Photographic Experts Group, по названию организации-разработчика) – один из популярных растровых графических форматов, применяемый для хранения фотоизображений и подобных им изображений» (Википедия).

Джейпег является архивом, полученным в результате многоуровневого преобразования исходного изображения. Например, файл .jpeg, занимающий на диске 200 Кб, будет разархивирован просмотрщиком изображения до размера более 2 Мб. Архивирование файлов в формате джейпег приводит к потерям в качестве изображения. Потери тем сильнее, чем выше коэффициент сжатия исходного файла. Сжатие изображений в формат JPEG состоит из многих шагов. Заинтересованные читатели могут ознакомиться с алгоритмом JPEG по ссылке: <http://www.w3.org/Graphics/JPEG/itu-t81.pdf>.

Художественное обобщение – способ образного преобразования отражаемой художником действительности (Рудольф Арнхейм). В основе обобщения изображения

лежит аналитико-синтетический подход, который позволяет увидеть в изображаемом предмете его основу – «большую форму». Аналитический разбор формы предмета на простые составляющие позволяет не только понять реальный объект, но и создать в дальнейшем, на стадии синтеза, выразительный образ путём отбора главного и характерного в объекте. Обобщение в искусстве – частное проявление абстрагирования в науке, например, в философии.

Обычно фотографии прилагают максимум усилий, чтобы файлы, сохранённые в формате .jpeg, были мало отличимы от исходного фотографического изображения. Но существуют практики Digital Art, специально использующие особенности, отличающие джейпеги с высоким коэффициентом сжатия. Хрестоматийный пример – серия немецкого фотографа Томаса Руффа (Thomas Ruff) – JPEGs – «Джейпеги», удостоенная чести быть показанной в центральном павильоне раздела «Опыт искусства» 51-ой Венецианской биеннале современного искусства в 2005 году.

Вот что рассказывает Томас Руфф о возникновении этой серии: «Всё началось с 11 сентября, нападения на Всемирный торговый центр. Я был в Нью-Йорке. Сделал много фотографий. Когда я получил негативы из лаборатории в Германии, все они были пустыми. Наконец, загрузил много изображений из интернета. Именно тогда я начал экспериментировать с изображениями «jpeg». Маловероятно, что у такого опытного и известного фотографа, как Томас Руфф, могли получиться «пустые негативы». Томас Руфф учился в Дюссельдорфской академии у Бернда Бехера, опытного и известного аналогового фотографа, лауреата Венецианской биеннале. Скорее, упоминание атаки на Всемирный Торговый центр – маркетинговый ход, призванный привлечь внимание публики к новой серии. Тем более, что большинство вошедших в неё работ – не о событиях 11 сентября. Томас Руфф использовал изображения из интернета для того, чтобы показать потери достоверной информации при её массовом распространении. Он взял файлы, которые обычно циркулируют в Сети, и увеличил их до размера около трёх метров по длинной стороне. Увидеть и оценить результат этого увеличенного изображения в Москве можно было в 2018 году, в МММ, на выставке «Вы смотрите на то, чего никогда не было» – из коллекции ZABLUDOWICZ.

На огромном отпечатке изображён горящий небоскрёб. Пикселизация мешает зрителю рассмотреть подробности. Хочется подойти поближе. Но при приближении изображение распадается на блоки из пикселей, и узнать что-то новое не удаётся. Кажется, что если отойти подальше, то станет видно больше подробностей. Зритель отходит – и всё повторяется снова.

Наш современник, прекрасный фотограф – пикториалист Георгий Колосов, охарактеризовал эту ситуацию так: «Современное искусство, в революционных формах, бесстрашно открывает миру, что дважды два – четыре». Серия «Джейпеги» Томаса Руффа – прекрасная иллю-



Фото 2. Работа Томаса Руффа jpegny 02 взята на сайте галереи David Zwirner, <https://www.davidzwirner.com/artists/thomas-ruff>. Размер изображения 364x269 см



Фото 3. Портрет Томаса Руффа из сети претерпел такие же изменения, как и снимок jpegny 02



Фото 4. Обобщение тонового диапазона фотографии, сильно сжатой алгоритмом JPEG, хорошо видно на фото. За счёт уменьшения количества полутонов, линии и силуэты приобретают большое значение

страция к аксиомам теории информации, гласящим, что информация частично теряется в процессе передачи, а энтропия нарастает. Эта серия достойна призов на профильном конкурсе научной иллюстрации.

Когда я снимал свою серию «Я шагаю по Москве», впоследствии вошедшую во Всероссийский фонд произведений изобразительного искусства, я совершенно не думал о Томасе Руффе. Я тогда вообще не понимал, что буду использовать для обработки своих снимков сжатие JPEG. В 1990 году на экраны вышел мой продюсерский дебют – документальный фильм «Борис Ельцин. Портрет на фоне борьбы» по сценарию В. Юмашева. 35 мм, цвет, 5 частей – полный метр! Нам так хотелось перемен, что мы сняли этот фильм на свои деньги. И перемены наступили. Борис Николаевич со товарищи закрыл Центральную студию документальных фильмов. Весь кинематограф перестроечной эпохи прекратил существование. Я остался без работы, и с тех пор не снимал кино. К 2010 году мне стало сниться, что мои ВГИКовские однокурсники – и живые, и уже умершие – идут по коридору ВГИКа и не разговаривают со мной.

Я вновь, как в студенческие годы, взял в руки фотоаппарат и начал своё возвращение к истокам. Я фотографировал Москву моей юности. Дом, где я родился, район, где я учился, Пионерский скверик, где гуляла со мной моя мама. Само фотографирование было важнейшим заявлением о моей идентичности.

Постепенно стала проявляться стилистика моей серии. Я поступил во ВГИК в 1970 году, в мастерскую Александра Владимировича Гальперина. Со времён моей юности прошло 40 лет, и Москва коренным образом изменилась. Мне предстояло принять эти перемены.

Прямая фотография с её деталями и полутонами не устраивала меня. Мне нужно было убедить самого себя и зрителя, что Москва на моих снимках такой была всегда – и в 1970, и в 2010 году, независимо от исторического времени. Для достижения этой цели требовалось обобщение изображения. Сжатие JPEG идеально подошло для целей обобщения. Образы мира в искусстве не тождественны обыденному

материальному миру. Для моих работ важны следующие отличия:

1 – изменение природных тоновых отношений, в природе всё цветное, мои фотографии – чёрно-белые, какими были почти все фотографии моей юности;

2 – подчёркнутый силуэт и усиленная выразительность линии в моих работах за счёт уменьшения количества полутонов, которое обеспечивает сжатие JPEG;

3 – намеренная «незаконченность» моих работ – Москва непрерывно меняется, и фотографии так же не должны быть застывшим монументом;

4 – геометризация и обобщённость форм объектов на моих снимках – опять же благодаря сжатию JPEG.

Я не могу сказать, что выбрал JPEG по холодному здравому размышлению. С юности мне нравились изображения, состоящие из видимых фрагментов: мозаика на заднем плане картины «Адам и Ева» Рафаэля Санти; картины Ван Гога, где «упорядоченный мазок так же невозможен, как и фехтование при штурме»; кубистские работы Жоржа Брака.



Фото 5. Рафаэль Санти, «Адам и Ева»



Фото 7. Жорж Брак, «Скрипка и подсвечник»



Фото 6. Ван Гог, «Пшеничное поле с воронами»



Фото 8. Павел Отдельнов, «ТЦ №5», 2015 год

Эти шедевры (фото 5, 6, 7, 8), созданные в разные эпохи, используют разложение изображения на отдельные элементы с разными целями. Рафаэль нарисовал (!) мозаику на заднем плане своей фрески, чтобы контрастно отделить золотое свечение рая от первого плана, плана греховного действия. Ван Гог – чтобы подчеркнуть дра-

матизм создаваемого образа и придать дополнительную экспрессию своей работе. Жорж Брак – чтобы посмотреть на изображённые предметы с разных ракурсов и соединить полученные впечатления для создания целостного, мультимедийного и мультипространственного образа. Павел Отдельнов – для того, чтобы придать своему живописному полотну в стиле фотореализма (холст, масло, 160x300 см) аромат сетевой картинке с её случайностями и дефектными пикселями, характерными для сетевых JPEG.

Выразительность JPEG, его способность к обобщению, я оценил на своей работе «Московский дворик» (фото 9). Работа снята на цветной кинонегатив, отсканирована планшетным сканером с невысоким разрешением – примерно 1200 пикселей по длинной стороне скана, и сохранена в формате джейпег программным обеспечением сканера с невысоким качеством – для хранения в каталоге файлов. Я люблю чёрно-белую фотографию. При переводе отсканированного изображения в чёрно-белое с помощью инструмента Фотошоп

структурой, перестал казаться снятым прямо сейчас. Его сиюминутное существование приобрело большую временную протяжённость.

Цветной негатив «Московского дворика», 24x36 мм, сканированный сканером Epson 750 PRO, размер файла 1200 пикселей по длинной стороне, сохранён в формате JPEG программным обеспечением сканера, низкое качество JPEG. Цветной файл переведён в чёрно-белое изображение инструментом «Чёрно-белое» Фотошоп. На скриншоте экрана программы (фото 10) видна композиция слоёв моего файла и настройки инструмента «Чёрно-белое». Если увеличить масштаб до 200% (фото 11), хорошо видна работа DCT – волновая структура Фурье на блоках 8x8 пикселей. Эта структура заменяет оригинальную структуру яркости в исходном файле. Посмотрите этот скриншот в Проводнике Windows как «большую картинку», вы увидите фрагмент кирпичной стены слева на фотографии. Интересно, что даже после столь агрессивной цифровой обработки, аналоговая природа первоначального изображения



Фото 9. Е. Артёмов. «Московский дворик», фотография

«Чёрно-белое» я обнаружил, что изменение яркости отдельных цветов в чёрно-белой картинке сильно влияет на общую структуру блоков пикселей. Появилась возможность управлять структурой блоков, привязывая его к основному изображению, или наоборот, накладывая их структурой, отдельной от основы. «В этом что-то есть!» – воскликнул я вслед за сотнями других авторов, впервые нащупавших понравившийся им приём. Московский дворик, ставший чёрно-белым, с пиксельной

узнаётся опытным зрителем. Здесь фон – исходный скан с цветного негатива, слой над ним – увеличение резкости инструментом «Контурная резкость», эффект 90, радиус 1,5 пикселя. Настройки слоя «Чёрно-белое» видны на скриншоте, выше лежат кривые, их использование – обычное.

Я мог бы обработать таким простым способом и другие сюжеты, но на плёнке их у меня не было. Мне всегда хочется сделать побольше различных вариантов одного

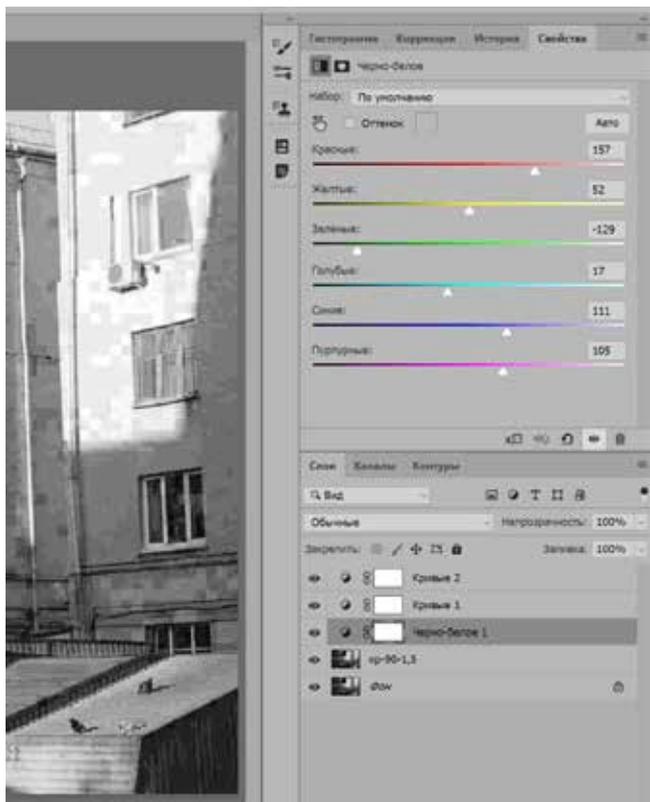


Фото 10. Скриншот экрана программы Фотошоп с композицией слоёв и настройками инструмента «Чёрно-белое»

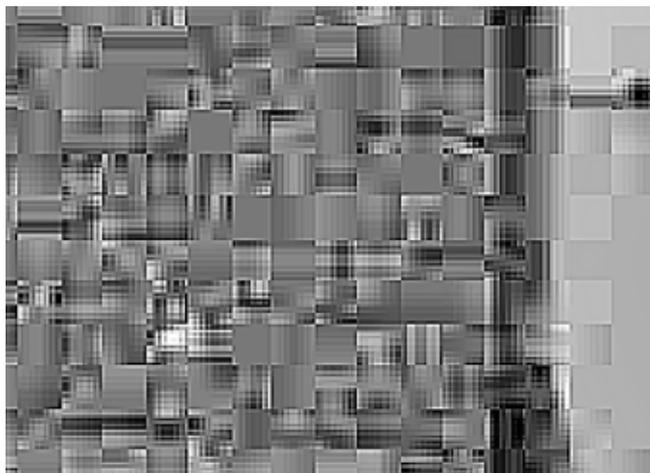


Фото 11. Скриншот части изображения, масштаб 200%. Видна работа дискретного косинусного преобразования, сердцевины алгоритма jpeg

сюжета. Кроме того, проявление и сканирование цветных негативов занимает несколько дней. Я стал терять эмоциональную связь со снятым материалом. Так в руках у меня оказался цифровой фотоаппарат. Он позволил мне прямо в день съёмки разобрать снятый материал и вчерне обработать отобранные снимки. Но как получить в цифровой фотографии тот же эффект слитности основного изображения и пиксельной структуры, как в снимке «Московский дворик»? Сжатие файла в программе

Фотошоп не давало такой структуры блоков пикселей. Фотошоп слишком хорошо приспособлен для получения высококачественных изображений. При сохранении файлов в формате jpeg, Фотошоп эффективно подавлял блоки из пикселей, и получались такие же изображения, которые использовал Томас Руфф – со скучной прямоугольной сеткой блоков.

Я почти год пробовал различные программы для сжатия файлов jpeg и, наконец, решился попробовать программу sjpeg, часть библиотеки libjpeg, бесплатно распространяемую Independent JPEG Group как референсное программное обеспечение для всесторонней работы с форматом JPEG. Сейчас все программы доступны на сайте <https://jpegclub.org/reference/>. В настоящее время актуальна 9 версия пакета программ. Я работал с 4 версией, так как на тот момент она была последней.

Для моих целей наиболее интересна программа sjpeg. Она позволяет полностью настраивать все параметры сжатия файлов. Наиболее значима возможность отдельно задавать коэффициент сжатия по цветности и по яркости, а также размер блока из пикселей, который мы получим на выходе.

Блок может иметь размер от 1x1 pix до 16x16 pix. Что это означает? Перед применением дискретного косинусного преобразования, сердцевины алгоритма JPEG, пиксели исходного изображения объединяются в блоки. Фотошоп всегда объединяет пиксели в блок 8x8 пикселей. Утилита sjpeg может объединить пиксели в любые блоки – от одиночного пикселя 1x1 до блока из 256 пикселей – 16x16 пикселей. Мне это очень нужно для того, чтобы привести размер блоков в соответствие с размером деталей на моём снимке.

Раздельное сжатие по цветности и по яркости очень важно. Сжатие по яркости приводит к появлению узора из блоков, связанных с градиентами яркости – например, небо будет состоять из рядов пикселей в соответствии со своей яркостью, виньетирование объектива вызовет появление узора по углам кадра. Сжимая сильно цветность, и менее сильно яркость, мы уменьшаем эти эффекты. И, наоборот, мы можем подчеркнуть их, если такое подчёркивание нужно для нашего творческого замысла. Одна беда – утилита sjpeg – консольная программа. Она управляется из командной строки и не имеет никакого графического интерфейса. То есть, задавая параметры сжатия или размера блоков, мы не видим изменений в изображении. Мы не видим вообще ничего, кроме командной строки! Чтобы увидеть изменения, нужно вначале преобразовать наш файл в формат jpeg с заданными нами настройками, а затем открыть полученный файл просмотрщиком изображений, чтобы оценить пригодность результата. И здесь – ещё одна сложность. Фотошоп открывает файлы jpeg только с блочностью 8x8 пикселей. Файлы с другим размером блоков он открыть не может. ■

Продолжение следует



С ОБЪЕКТИВОМ ПОД ВОДОЙ



■ Массарский Александр Самойлович, sosnovo28@gmail.com, Санкт-Петербург, РФ. ■

Академик Всемирной академии наук, искусств, культуры. Академик Международной академии информатизации при ООН. Заслуженный работник культуры Российской Федерации. Заслуженный тренер России по самбо и дзюдо. Изобретатель СССР. Член Союза кинематографистов России. Член гильдии актёров советского кино. Член творческих союзов и спортивных федераций. Почётный доктор Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д.Ф. Устинова. Кавалер ордена «Звезда созидания». Награждён Международной академической медалью «Человек-творец».

■ Сегодня в магазинах можно приобрести любое, самое современное, снаряжение подводника – от акваланга до масок и ласт, аппаратуру для подводных фото-, кино- и видеосъёмок, но в 50-х годах прошлого века советским подводникам всё это приходилось изготавливать самостоятельно.

В 1956 году на экраны страны вышел итальянский фильм Фолько Квиллини и Бруно Вайлати «Голубой континент», и мы с удивлением узнали, что под водой можно снимать обитателей глубин, ландшафты морского дна, можно расширить границы научных познаний о жизни океана. Но в то время наша промышленность ничего не выпускала для подводного спорта, охоты, не говоря уже о приспособлениях для съёмок. Не было и дыхательных аппаратов. Военные водолазы применяли кислородные дыхательные приборы, но для подводного спорта требовались безопасные аппараты на сжатом воздухе с выдохом в воду.

Энтузиазм огромных масс людей, желавших стать подводниками, заслуживает того, чтобы об этом вспомнить.

Через «железный занавес» просачивались скудные изображения снаряжения, уже к тому времени довольно широко выпускаемого зарубежными фирмами. Неразборчивые снимки этих образцов передавались друг другу. Во многих городах страны начали повторять такие модели, разрабатывать и изготавливать свои собственные конструкции. Маски, ласты, дыхательные трубки, а позднее – гидрокостюмы, мастерили работавшие на

ленинградском и свердловском заводах резинотехнических изделий. Ружья для подводной охоты освоили в Донецке, Владивостоке, Севастополе, Горьком, Вильнюсе, Риге. Лёгочные автоматы для аквалангов изготавливали секции подводников в Харькове, Таллинне, Москве, Новосибирске, Куйбышеве, Ленинграде.

Конструкторы аквалангов столкнулись с трудностью – не было лёгких и прочных баллонов. Харьковские подводники шутили: «Из двух самолётов ИЛ-14 можно соорудить один акваланг». Оказалось, что на авиаремонтном заводе им удалось приобрести заменяемые по сроку службы баллоны: на каждом самолёте стоял один семилитровый баллон для аварийного выпуска шасси, рассчитанный на давление 200 атмосфер.

Надо сказать, что многие образцы снаряжения любителей-подводников производились на достаточно высоком промышленном уровне. При существовавшей тогда плановой экономической системе, руководители предприятий разрешали проводить такие работы для «своих» секций подводного плавания. В стране была огромная масса инженеров с прекрасным техническим образованием, и они успешно обеспечивали себя подводным снаряжением.

Подводник и учёный Виктор Суетин учредил журнал «Спортсмен-подводник». Информацией стали обмениваться. Возникло сообщество дайверов, правда, тогда этого слова не употребляли. Мы называли себя подводниками или аквалангистами.

В Крыму и на Кавказе каждое лето возникали палаточные лагеря, и в каждом было по 100-200 ныряльщиков, ведь Чёрное море было единственным водоёмом с относительно прозрачной водой, доступным для живущих в центральных областях страны. Подводникам Дальнего востока повезло больше. Они могли погружаться в более прозрачной воде Японского моря. Постепенно налажился обмен образцами снаряжения. Не обходилось и без трагических случаев. Не всё самодельное оборудование было достаточно надёжным. Незнание особенностей конструкции лёгочного автомата акваланга, требований к материалам и технологии изготовления иногда приводило к гибели подводного пловца. Не было и официальной техники безопасности погружений для любителей. Со временем лучшие образцы любительского снаряжения с трудом, но принимались к промышленному производству.

Меня тоже захватило общее увлечение, но после первых погружений понял, что охота на рыб мне не интересна. Захотелось запечатлеть подводные красоты на плёнке, чтобы и другие могли увидеть подводную феерию.

В то время я работал конструктором на Ленинградском оптико-механическом объединении, известном во всём мире как ЛОМО. Там же я тренировал самбистов, сейчас вспоминается приход в нашу секцию двенадцатилетнего Владимира Путина.

Ленинградские инженеры и квалифицированные специалисты начали разрабатывать и изготавливать для себя подводное снаряжение. Я же занялся только подводной съёмочной техникой. Нам повезло, в то время на ЛОМО выпускались морские приборы, корпуса которых отливались из специального алюминий-магниевого сплава, устойчивого к высокому давлению и воздействию морской воды, и мы стали отливать корпуса боксов съёмочных камер из этого замечательного материала.

Специфика оптической среды в воде теперь известна каждому начинающему подводному фотографу.

Вследствие разности коэффициента преломления света в воде и в воздухе, подводные объекты кажутся крупнее и ближе на одну четверть истинного расстояния. Иными словами, каждый объектив «стремится» стать телеобъективом, снимает крупнее, но при этом сужается поле изображения. Чтобы сохранить границы кадра, целесообразно использовать широкоугольные объективы, что позволяет приблизиться к объекту съёмки и сократить слой воды между камерой и объектом. При съёмке объективом с коротким фокусным расстоянием увеличивается и глубина резкости. Однако при плоскопараллель-

ном иллюминаторе на краях кадра возникают оптические искажения, аберрации и дисторсии. Причём, с увеличением угла поля изображения объектива, возрастают и эти нежелательные помехи. Исправление искажений изображения может быть достигнуто только применением специально рассчитанных объективов и оптических, иногда сферических иллюминаторов.

Интересно проследить на своём примере, как развивалось конструкторское мышление создателей подводной съёмочной аппаратуры. Это показательно, потому что сходные тенденции в развитии подобных приборов наблюдались во многих странах.

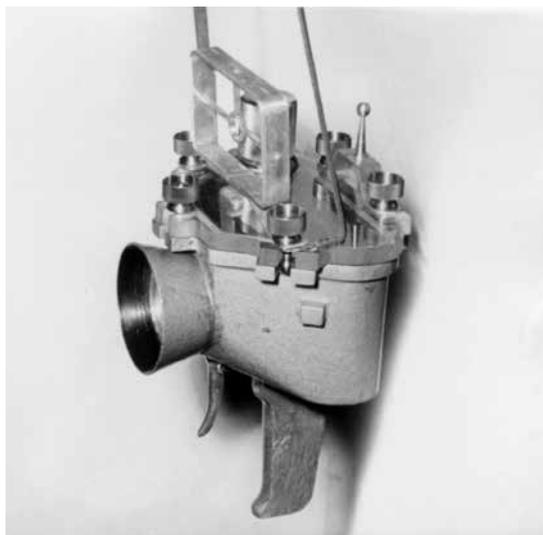
Мои первые боксы для аппаратов «ФЭД» и «Зоркий» были изготовлены в 1957 году. Они были отлиты из этого уникального, тогда ещё секретного, сплава по примеру зарубежных образцов того времени. Боксы имели прозрачную крышку из оргстекла, которая крепилась к корпусу винтами. Крышка позволяла видеть шкалы на объективе. На поверхность бокса выводились только рукоятка перевода кадра и спуск затвора. Визирование было рамочным, а установка фиксированной дистанции и диафрагмы осуществлялась подводником перед

погружением. Эти и последующие боксы изготавливались членами нашей секции. Одни мастерили модели для литья, другие отливали заготовки. Потом в работу включались токари, фрезеровщики, оптики, сборщики. Детали оксидировались, хромировались, красились, испытывались на давление.

В это время ЛОМО освоило выпуск нового фотоаппарата «Ленинград», и с этой камерой была связана дальнейшая тенденция разработки моих фотобоксов. «Ленинград» оказался наиболее удобным аппаратом для подводных съёмок. Руко-

ятка перевода плёнки была снабжена заводной пружиной на 14–18 кадров. В условиях быстротечной обстановки под водой, если объект двигался в сторону камеры, фотограф успевал сделать несколько снимков, из которых 1–2 отличались идеальной резкостью. Позднее на предприятии для специальных военных съёмок был сделан пружинный привод на 36 кадров. Это новшество ещё более расширило возможности «Ленинграда».

Следующая модель бокса для камеры «Ленинград» имела уже металлическую крышку. Для наблюдения за шкалами объектива в крышке было выполнено смотровое окно. На ней устанавливался складной рамочный визир для использования сменных объективов. Главной отличительной особенностью этого бокса явилось применение двух затяжных замков, притягивавших крышку через



Фотобокс для аппаратов «ФЭД» и «Зоркий»

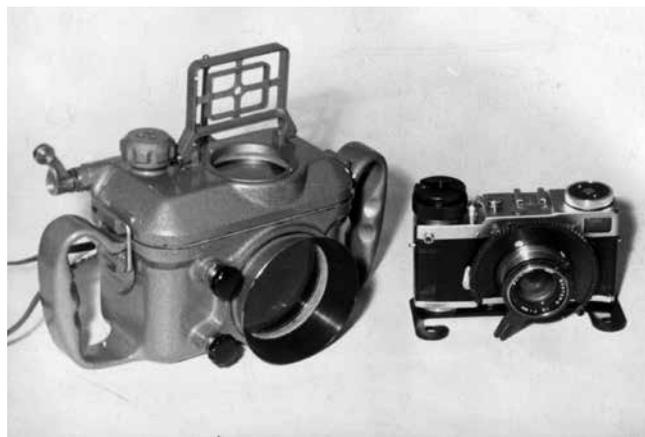
герметизирующую прокладку к корпусу. Это оказалось настолько удобным, что многие зарубежные фирмы, выпускавшие боксы, переняли такой способ герметизации. Аппарат крепился к платформе обычным штативным винтом. На кольца объектива надевались переходные детали, которые при установке камеры в бокс совмещались с соответствующими поводками. Все операции по установке и извлечению аппарата для перезарядки выполнялись вручную, без применения инструментов. Это было удобно при работе на берегу или в лодке.

В те годы ЛОМО выпускало прекрасный стереоскопический фотоаппарат «Спутник». Поскольку стереосъемка часто является единственным способом определения объема снимаемого объекта, она не только увлекательна для любителей, но и была незаменима при научных исследованиях.

Нельзя было пройти мимо возможности применения этого аппарата для подводной съемки. Так появился бокс, который использовался для научных исследований в подводной археологии, обследовании подводных сооружений и при изучении обитателей морского дна. Руководство объединения поощряло нашу инициативу, но при этом просило меня поменьше публиковать статьи о наших «успехах», чтобы министерство не заставило наладить промышленный выпуск таких изделий. При плановом советском производстве такая логика руководителей была в порядке вещей. Предприятия не стремились выпускать новую конкурентную продукцию, а старались отбиваться от включения её в план производства. В то время журнал «Советское фото» действительно публиковал ряд моих статей на эту тему.

И всё же полностью «отбиться» фирме не удалось, и в 1959 году был выпущен первый в нашей стране бокс УКП – универсальная камера подводная. Над этой камерой я уже работал не «подпольно», а официально, по заданию руководства.

Было известно, что каждая зарубежная фирма производила боксы только для своих моделей аппаратов. Для других камер они не подходили. Наша промышленность тогда выпускала несколько моделей камер: «ФЭД», «Зоркий», «Киев», «Зенит», «Кристалл», «Старт», но боксов к ним не было. Я решил сделать один универсальный бокс для всех этих камер. Но как осуществить эту универсальность? Сложность заключалась в том, что у всех аппаратов рукоятки управления, штативное гнездо, положение объектива, форма и габариты были разными. И всё же эту задачу удалось решить! Основным аппаратом в боксе был «Ленинград», поскольку он имел наибольшие габариты, а остальные устанавливались с помощью придаваемых переходных деталей. Таким образом, в этом боксе могли работать 14 разновидностей отечественных аппаратов. В то время это был единственный в мировой практике бокс с такими возможностями. При конструировании этого устройства были применены некоторые новшества. Так, удалось сделать рукоятки бокса подвижными и объеди-



Бокс и фотоаппарат «Ленинград»



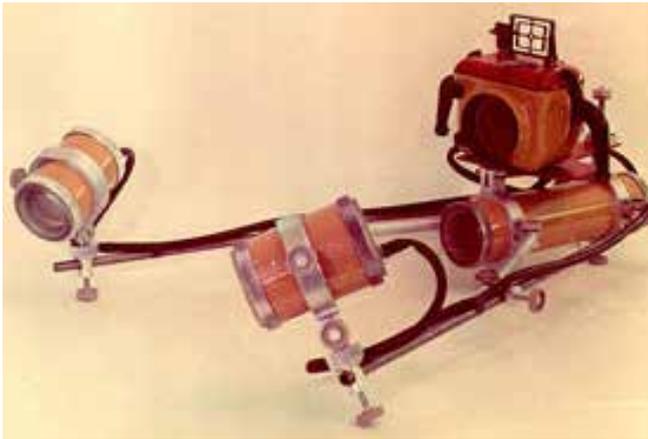
Фотоаппарат со вспышкой



Стереoaппарат «Спутник» в боксе



Универсальный бокс «УКП»



Бокс с осветителями



Бокс «Краб» с «ЛОМОкомпактом»



Фотобокс аппарата «Салют 6»

нить их с рычагами замков. Сила затяга для герметизации регулировалась специальными эксцентриками (авт. свид. №180874 и №211904). В 1963 году Красногорский механический завод выпустил бокс КПФ для аппарата «Старт», где применялись замки такого же типа.

Известно, что на глубине более десяти метров вода полностью поглощает красный цвет. Только использование искусственного освещения «восстанавливает» естественные цвета. Поэтому я предложил окраску крышки бокса в специально подобранный по спектру красный цвет, чтобы по его «исчезновению» на глубине фотограф мог визуально судить о целесообразности съёмки на цветную плёнку без дополнительного света. Корпус окрашивался в жёлтый цвет, хорошо различимый даже в мутной воде. Позднее и другие производители окрашивали свои боксы так же.

Бокс УКП был доступен, стоил всего 35 рублей и прошёл проверку временем. Тысячи любителей и профессионалов в нашей стране и за рубежом оценили его рабочие качества. Даже в наши дни некоторые умельцы устанавливают в эти, чудом сохранившиеся боксы, современные цифровые аппараты.

Слабым звеном выпускаемых боксов было отсутствие импульсных осветителей в подводном исполнении, без которых невозможно получить качественные цветные снимки. Пришлось разработать осветитель для этого бокса, но в производство он не пошёл. Каждый умелец-подводник творил подобные вспышки самостоятельно. Делались и весьма сложные осветительные приборы.

Позже, для своего популярного в стране и за границей аппарата «ЛОМО Компакт», с достаточно широкоугольным объективом, ЛОМО выпустило дешёвый бокс «Краб». Он понравился начинающим любителям.

Меня привлекла съёмка на кадр с размерами 6x6 см. Так для зеркального аппарата «Салют 6» появился бокс. Была разработана и специальная призма «с крышей», исправляющая недостатки самой камеры и позволяющая видеть движение объекта съёмки в прямом направлении, а не в обратном. Визирование проводилось под углом 45 градусов к оптической оси, при этом подводник мог наблюдать снимаемый объект одновременно по матовому стеклу и поверх бокса. Корпус устройства выдерживал давление воды на глубинах до 100 метров. Снимки, полученные на широкой плёнке, охотно принимались для полиграфической печати многими издательствами.

Опыт работы над этой конструкцией пригодился, когда мой друг космонавт Георгий Гречко попросил сделать бокс к фотоаппарату «Хассельблад» для съёмок в открытом космосе. Эта модель имела электродвигатель и была снабжена кассетой на 70 кадров.

Георгий тогда готовился к полёту на орбитальную станцию «Салют 6» (любопытное совпадение названий!). К сожалению, наш аппарат «Салют 6», скопированный с «Хассельблада», не проходил по строгим нормативам для использования в космосе.

Мы с моим сыном, в короткий срок, разработали и изготовили такой бокс, назвали его «Акмасс» (Александр и Константин Массарские) и подарили космонавтам.

По идее Георгия Гречко, нами, группой конструкторов, был создан специальный телескоп для исследования атмосферы Земли с борта орбитальных станций. С помощью этого прибора были получены уникальные сведения о неизвестных свойствах нашей атмосферы.

Кстати, о космонавтах. Известно, что в ночь перед стартом на орбиту по установившейся традиции, чтобы снять нервное напряжение, космонавты смотрят полюбившийся им фильм «Белое солнце пустыни». И традиция эта не нарушается вот уже более сорока лет.

В картине «Белое солнце пустыни» у меня была разнообразная работа. Я разрабатывал сцены боёв и должен был придумывать гибель каждого персонажа. Сложность была со «смертью» Чёрного Абдуллы. В фильме это «главная» смерть, и она должна явиться кульминацией борьбы «добра со злом». Я предложил следующий вариант сцены: «Абдулла вместе с басмачами врывается на баркас, Сухов стреляет в него, ранит, Абдулла стреляет в Сухова и падает в воду. Дальше я снимаю его под водой. Он, раненый, обливаясь кровью, пытается добраться до берега, выходит из воды и падает к ногам своего гарема. Жёны оплакивают любимого мужа». Режиссёр согласился. Я начал репетировать сцену. Все были удивлены, когда могучий Кахи Кавсадзе, исполнитель роли Абдуллы, после пятой репетиции, падая в воду всего с трёхметровой высоты, успевал в полёте выстрелить из маузера шесть раз! Сцену сняли. Отсняли плачущих жён. Я приступил к подводным съёмкам. У Кахи был дублёр. Феликс очень подходил по фигуре и росту как дублер главного героя. Но этот Феликс был весьма своеобразным субъектом. Дело в том, что в фильме было очень мало профессиональных актёров. Басмачей и жён Абдуллы играли парни и девушки, которых ассистенты режиссёра подбирали на улицах Москвы и Ленинграда. Феликса нашли в ресторане московского Парка культуры им. М. Горького, где он выполнял «деликатную» работу «вышибалы». Парень был – то ли осетин из Грузии, то ли грузин «осетинского разлива» – и отличался буйным, вспыльчивым

нравом. Этот гордый малый очень заботился о своей «чести джигита». В котле бурных дагестанских страстей это было очень опасно.

На подводные съёмки мы отправились на шлюпке малой группой – я, Феликс, парень на вёслах и ассистентка. Предварительно взяли на бойне ёмкость с бычьей кровью, которой мы заполнили грелку. Из этого гибкого резервуара Феликс должен был выдавливать кровь «из раны» в воду. Выбрали место для съёмок. Глубина небольшая. Феликс надел костюм Абдуллы, привязал маузер к руке, чтобы не потерять. Я прыгаю в воду, беру камеру. Даю команду Феликсу, он переваливается через борт лодки. Снимаю – крови... нет. Так происходит три дубля. Выясняется, что бычья кровь в морской воде сворачивается в виде плотных сгустков. На следующий день, по совету местных жителей, берём свиную кровь, и она... не сворачивается, отлично вытекает из «раны». Какое же всё-таки удивительное животное – свинья, наверное, мы с ней родственники!

Когда плёнку проявили, обнаружилось, что дублёр слишком много «пролил крови», и она заполняет половину экрана. Ведь в мутной воде Каспия мне приходилось максимально близко приближать камеру к дублёру. Кроме того, наши «национальные консультанты» потребовали убрать этот эпизод с падающим к ногам гарема Абдуллой и его плачущими жёнами – «недопустимо унижать воина перед женщинами». В картину вошёл другой вариант смерти Абдуллы.

Между делом я сыграл в картине нескольких басмачей, меняя костюмы, грим, оружие, лошадей. В одном эпизоде Саид (Спартак Мишулин) душит меня арканом на баркасе. Потом на

вопрос Сухова: «Ты как здесь оказался?» он просто отвечает: «Стреляли...».

В фильме «Человек-Амфибия» я тоже ставил трюковые сцены на суше и под водой. Поскольку промышленных съёмочных камер тогда у нас не было, то эти аппараты были изготовлены на «Ленфильме». При этом были использованы и мои разработки.

Иногда требовалось разрабатывать устройства для специальных видов съёмки, например, для работы в мутной воде. Съёмка одной из таких систем помогла предотвратить крупную аварию на Нарвской ГЭС. В совершенно мутной воде реки Нарва были получены чёткие снимки



Бокс «Хассельблада» для съёмок в открытом космосе



Телескоп для исследования атмосферы Земли

дефектов поверхности бетонных сооружений. Фотоаппарат в боксе крепился сверху пирамиды, заполненной воздухом, а нижнее основание герметично закрывалось оптическим стеклом площадью 100X60 сантиметров. Внутри монтировались импульсные осветители. В объеме пирамиды создавалось уравнивающее контрдавление сжатым воздухом из баллонов акваланга, что позволило делать стенки корпуса довольно тонкими и не опасаться на глубине 20 метров за целостность стекла. Стекло вплотную ставилось на бетон, и при этом слой мутной воды не превышал 1,5 сантиметра.

В одном из своих боксов для специальных съёмок профессиональной кинокамерой на глубинах более 100 метров я тоже применял устройство для выравнивания давления с помощью баллона со сжатым воздухом и автоматом компенсатором.



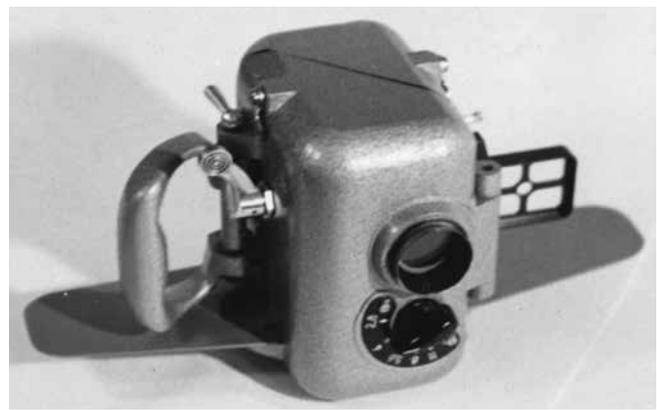
Установка для съёмки в мутной воде



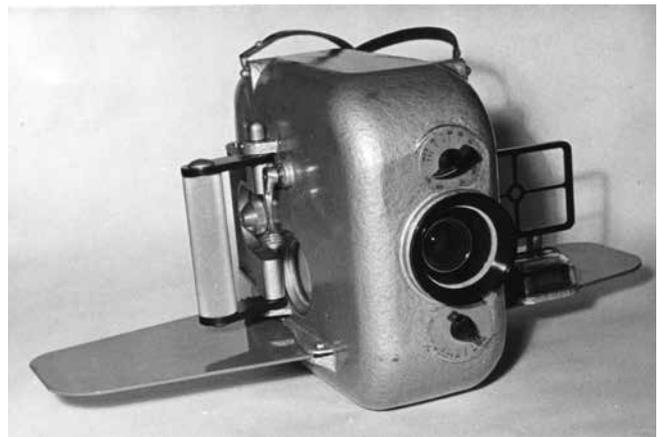
Бокс «Дельфин 4» с системой контрдавления

Одновременно я разрабатывал много боксов для 8-, 16-, 35- и 70-мм кинокамер и снимал ими сюжеты для научных и художественных фильмов.

На базе механизма и оптики «ЛОМО 215» была разработана и изготовлена герметичная кинокамера «Нереида». В ней тоже использовалась система с капиллярным глубиномером. Оптике ЛОМО рассчитали широкоугольную насадку на объектив и визир для съёмки в маске. Однако развитие видеосъёмки привело к прекращению выпуска кинокамер. Так «Нереида», названная мною в честь дочери царя морских глубин Нерея, тоже не увидела свет.



Бокс для кинокамеры «Спорт»



Бокс кинокамеры «Адмира-Электрик 16»



Бокс для кинокамеры «Спорт 2»



Герметичная кинокамера «Нереида»

Энтузиазм тех лет в создании новых образцов подводной техники был настолько велик, что в своей книге «Объектив под водой» (Лениздат. 1964) я уже описал более двадцати приборов своей конструкции.

Со временем боксы перестали меня удовлетворять. Хотелось иметь лёгкие герметичные компактные камеры (без боксов), подобные «Никону», которые по французской лицензии выпускали в Японии. Кстати сказать, чертежи подобных аппаратов я делал ещё в 1959 году.

Я предложил руководству Объединения следующий, на мой взгляд, дешёвый технологический подход. Берём «голый» механизм с объективом фото- или киноаппарата, выпускаемого предприятием, и одеваем его в красивый герметичный корпус. При этом с конвейера идут обычные серийные камеры, а одновременно, малыми партиями, выпускаются специальные герметичные. Я доказывал это примерно так: «Зачем нужны боксы? Вот когда-то мы носили ботинки с калошами, а теперь носим непромокаемую обувь. Бокс для аппарата – это те же калоши. Аппарат должен быть сам непромокаемым». Идею приняли.

Так родился наш отечественный, герметичный аппарат-амфибия, который я назвал «Аквакон». Предприятие зарегистрировало товарный знак «Аквакон». Для него была разработана и лампа-вспышка. Свет от вспышки аппарата, через оптронную пару, включал осветитель. Опытные образцы прошли все заводские и натурные испытания. Началась подготовка промышленного производства этой камеры.

Но в это время на ЛОМО готовили к выпуску новый фотоаппарат со встроенной лампой-вспышкой, и мне предложили загерметизировать его. В результате новой работы появился «Аквакон 2».

Снова испытания. Но теперь до подготовки выпуска дело не дошло. Начался развал промышленности последних лет. Объединению стало уже не до выпуска фотоаппаратов. Остались только опытные образцы, которые стали раритетом для коллекционеров фототехники. Правда, в музее ЛОМО есть стенд «Аппаратов Массарского», где собраны сохранившиеся образцы устройств для съёмки под водой.



Герметичный фотоаппарат «Аквакон» с осветителем



«Аквакон 1» и «Аквакон 2»



С кинокамерой «Киев 16». А. Массарский, 1958 год

Очень жаль. Эти камеры обладали уникальными возможностями. В них была применена система герметизации, которая работала как при внешнем, избыточном давлении под водой, так и при внутреннем, на большой высоте или в космосе. Был рассчитан специальный оптический визир, через который снимающий хорошо видел объект съёмки в маске подводника. Готовились широкоугольные насадки и фильтры для цветной съёмки.

В корпус аппаратов монтировался глубиномер капиллярного типа. Он имел специальное назначение. В капилляр, на расстояниях, соответствующих разной глубине, вводились электроды, которые замыкались поступающей под давлением морской водой – это приводило к принудительному введению необходимого светофильтра, включению лампы-вспышки или подаче аварийного сигнала на предельной глубине (авт. свид. №1430932).

Стремительное развитие техники подарило нам удовольствие снимать под водой цифровыми фото- и видеокамерами. Появилась возможность качественно обрабатывать на компьютере снятое изображение, что пре-

жде было большой проблемой. Особенно важно для подводной съёмки, что в отличие от плёночных камер, цифровые аппараты имеют огромный запас кадров и изображения.

Оглядываясь назад и оценивая путь, по которому прошли создатели отечественной подводной техники, многие наши первые приборы, с высоты знаний сегодняшнего наблюдателя, могут показаться весьма примитивными. Но этот путь следовало пройти.

Не стоит забывать, что мы жили и творили в условиях отсутствия конкуренции, когда наша неповоротливая промышленность не была заинтересована в выпуске новой техники, предлагаемой энтузиастами морских глубин, и все наши разработки внедрялись с большим трудом. Много не увидело свет и осталось «за кадром».

Однако, следует признать, что титаническими усилиями именно этих энтузиастов, способных свернуть горы и покорить океан, удалось добиться промышленного выпуска многих приборов и создать огромное современное сообщество подводников. ■