

2017-1 (11) СОДЕРЖАНИЕ



стр. 8

Новости, обзоры

Д.С. Ватолин, dmitry@graphics.msu.ru
Куда движется 3D и пленоптика 3



стр. 19

А.В. Кучеренко, alxkucherenko@gmail.com
Новая разработка НИКФИ на форуме профессиональной ассоциации Голливуда (НРА), США 6

Технологии

А.С. Мелкумов, info@stereokino.ru
Технология макроскопической стереокиносъёмки 8



стр. 29

С.Б. Бирючинский, sbiruchinsky@optica4d.com
Волноводно-оптические проекционные осветительные системы 14

Д.Г. Чекалин, chekalinnikfi@mail.ru
Особенности восприятия, способы демонстрации и современные технологии воспроизведения объёмных изображений 19

Мастер-класс, семинары, новости SMPTE, отзывы

М. Онипенко, animix@mail.ru
Изобразительное решение кинооператора Игоря Гринякина в картине «Викинг» 29



стр. 34

Страницы истории кино

Н. Майоров, henrymay@mail.ru
Парадоксы 35/19 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»
Выпуск издания осуществлён при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям.

Руководитель проекта: Костылев Олег Юрьевич
Главный редактор:
Индлин Юрий Александрович, к.т.н.
Выпускающий редактор:
Захарова Тамара Владимировна
Арт-директор, оформление обложки:
Шишкин Владимир Геннадьевич
Вёрстка и дизайн: 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., СПбГИК, г. Санкт-Петербург, РФ
Сакварелидзе М.А., д.х.н., ВГИК, г. Москва, РФ
Винокур А.И., д.т.н., Московский Политехнический Университет, РФ
Перегунов 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
Одиноков 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 № 140658.
Тираж 1000 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

2017-1 (11) CONTENT



p. 8



p. 19



p. 29



p. 34

News, review

D. Vatolin, *dmitriy@graphics.msu.ru*
Where is the 3D and plenoptics 3

A. Kucherenko, *alxkucherenko@gmail.com*
New development of NIKFI at the forum of professional Association of Hollywood (HPA), USA 6

Technology

A. Melkumov, *info@stereokino.ru*
Technology for macroscopic stereo 3D shooting 8

S. Biryuchinskiy, *sbiruchinsky@optica4d.com*
Waveguide optic projection lighting systems 14

D. Chekalin, *chekalinnikfi@mail.ru*
Features of perception, methods of demonstration and modern technologies of three-dimensional images reproduction 19

Master-class

M. Onipenko, *onimix@mail.ru*
Fine solution of cameraman Igor Grinyakin in the movie "Viking" 29

Movie history

N. Maiorov, *henrymay@mail.ru*
Paradoxes 35/19 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. Peregodov, 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.



Куда движется 3D и ПЛЕНОПТИКА



Д. Ватолин, dmitriy@graphics.msu.ru, к.ф.-м.н., МГУ им. М.В. Ломоносова, РФ

■ В конце января – начале февраля этого года в Бурлингемме (США, Кремниевая долина) прошла 28-я конференция «Stereoscopic Displays & Applications», крупнейшая и старейшая конференция по стерео и 3D, в которой мне довелось принять участие уже в пятый раз.

На конференции была представлена новая VR камера, которую недавно выпустил Facebook (купивший Oculus). Корпус камеры и основные пластиковые детали печатаются на 3D принтере, модели для печати выложены в свободный доступ, программы для обработки видео с камеры также выложены в открытый доступ, и сейчас довольно активно совершенствуются. Специалисты отдела маркетинга продемонстрировали, как легко собирать эту камеру, и предложили желающим сделать это. В итоге, один человек за три часа её собрал. И камера сразу правильно заработала. При этом инженеры, занимающиеся разработкой камеры, собирают из полного комплекта запчастей камеру всего за один час. В отличие от Google Jump Camera, камера от Facebook построена на основе профессиональных камер, а не на основе GoPro, что даёт лучшее изображение, в том числе, из-за форм-фактора камер и меньшего диаметра «кольца».



Пленарное заседание

Конференция интересна тем, что проходит в рамках симпозиума Electronic Imaging, который объединяет 18 конференций, проходящих одновременно, и есть возможность сходить на интересные доклады других конференций. В частности, мне были интересны «Image Quality and System Performance XIV», где было много докладов по современному измерению качества видео, «3D Image Processing, Measurement (3DIPM) and Applications 2017» – с докладами по обработке 3D, «Computational Imaging XV» – с докладами по вычислительной фотографии и вычислительному видео.

В рамках SD&A ежегодно уже в 28-ой раз проходит 3D Theater, на котором 1,5–2 часа показывают фрагменты 3D фильмов и мультфильмов: профессиональные, документальные, исследовательские и даже в небольших количествах любительские.

В этот раз я наблюдал показательную картину. Рядом со мной сидели две милых девушки. И примерно с середины просмотра я обратил внимание, как ближайшая ко мне стала буквально опускать голову, когда встречались не слишком аккуратные сцены. А примерно за 20 минут до конца она не выдержала, встала и ушла, минут через 10 ушла и её соседка. Вот и ещё два человека лично убедились в том, что 3D – это боль, подумал я, и начал свой доклад на следующий день с описания этого случая. Надо сказать, что именно организаторы SD&A хорошо понимают важность снижения головной боли от просмотра. Причём не только абстрактно, но и конкретно, поддерживая нас в случаях поздней подачи статей (что у нас бывало по ряду причин), помогают с контактами, знакомят с интересными людьми и т.д.

Ещё одним интереснейшим пунктом программы SD&A является «Demo session», в рамках которой регулярно показываются новые прототипы экранов, шлемов, дисплеев и т.д. Причём характерно, что показываются именно прототипы на уровне идей, т.е. то, что может стать будущими «продуктами» только через несколько лет. В частности,

в этом году мне больше всего понравился объёмный 3D дисплей, который мог показывать именно объёмные полупрозрачные объекты. Сегодня даже пломбы в зубах в минимально необычных ситуациях делают, только сделав магнитно-резонансную томографию челюсти, и реальная проблема в том, что картинка трёхмерна, а врач может посмотреть только серию срезов. При этом если у нас трёхмерное видео (например, оценивается работа сердца), то что-то увидеть становится весьма сложно. На показанном дисплее становится видно, что внутри. Фото слабо передаёт суть, но выглядело перспективно.

Также авторы очень грамотно, на мой взгляд, подошли к демонстрации, в частности, поставили внизу камеру глубины, захватывали движения рук и позволили всем желающим сыграть в «любит – не любит», срывая лепестки виртуального цветка. При этом можно было даже сорвать цветок целиком, а другой рукой «ощипывать» его, в итоге выстроилась очередь желающих попробовать руками что-то делать в виртуальном пространстве и наблюдать результат без очков и шлема.

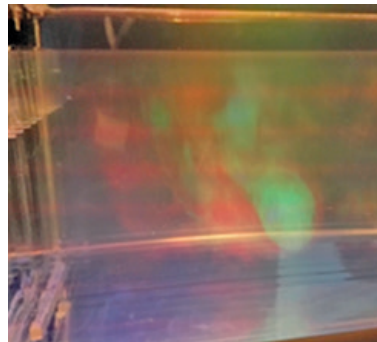
ТРМ рендеринга (!), и его можно менять уже после съёмки от 0 до 10 сантиметров. Такого диапазона достаточно для павильонной съёмки;

- далее сама камера при расчётах использует расстояние до объектов, но для увеличения его точности используется лидар и строится полная трёхмерная модель сцены перед камерой, что заметно упрощает добавление виртуальных объектов в сцену (трекинг и калибровка камеры не требуются).

Данные возможности дают много побочных положительных эффектов, в частности, камера позволяет выравнивать траекторию движения «виртуальной» камеры в рамках доступного коридора, что позволяет устранить тряску при взрывах на площадке (или, наоборот, добавить и усилить её, если требуется). Можно достаточно реалистично и относительно просто изменять освещённость объектов в сцене, добавлять виртуальные источники света и т.п. Можно менять фон за объектами без использования «зелёного фона», в том числе, для объектов с полупрозрачными границами. Фантастические



John Stern открывает 3D Theater



Трёхмерное видео сердца на дисплее



Игра в «любит – не любит»

После конференции было много интересных встреч и посещений компаний.

В частности, побывал в Lytro и посмотрел «вживую» на вторую камеру Lytro Cinema. Заглянул внутрь камеры, задал много вопросов. К сожалению, фотографировать было нельзя, так что фото нет, но зато вопросов было задано много.

Камера Lytro Cinema – это камера с пленоптическим сенсором на 755 мегапикселей, которая снимает фактически 4D кадры, у которой:

- можно ПОСЛЕ съёмки менять настройки фокуса и глубину резкости, т.е. диафрагма которых (в т.ч. её форма) является параметром вычисления уже ПОСЛЕ съёмки;
- разрешение – это также ПАРАМЕТР вычислений, в частности, результат для финальной 2K и 4K съёмки отличается только вычислительной сложностью применяемых алгоритмов SuperResolution (!);
- можно генерировать стереопару, причём «идеально» качества с нулевыми искажениями по геометрии, цвету, резкости, что в принципе невозможно для камер с двумя объективами, при этом расстояние между оптическими осями камер ТАКЖЕ является ПАРАМЕ-

возможности, особенно если в сцене много рендеринга (к чему сейчас всё идёт). Естественно, эти революционные возможности не бесплатны в том плане, что камера генерирует порядка 300 гигабайт данных в секунду, и обработка такого потока на сегодня пока ещё является непростой. Также проблемой является размер и вес камеры, которая габаритами больше всего походит на первые цветные телекамеры, к тому же, на практике нужно повышать текущие технические характеристики камеры.

Разработчики это хорошо понимают, поэтому вторая камера, которую мне довелось пощупать, имеет уже два лидара следующего поколения, в результате чего в 10 раз удалось увеличить количество точек сканирования глубины. На практике это означает более высокую точность обработки небольших деталей объектов на карте глубины сцены. Заметим, что благодаря огромному новому рынку автопилотов, в последние пару лет серьёзные средства были вложены в совершенствование лидаров. В итоге, новые лидары значительно дешевле и качественней предыдущих, появляются очень быстро. Это хорошая новость для Lytro.

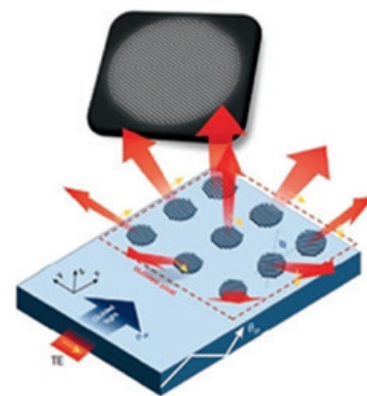
Также не стоит на месте совершенствование сенсоров. И если сборный текущий сенсор имеет размер порядка



Камера с пленоптическим сенсором



Мобильный автостереоскопический дисплей



55 см по горизонтали, то за прошедший год, благодаря прогрессу, те же характеристики даёт сенсор вдвое меньшего размера. При этом у сенсоров уменьшается энергопотребление, т.е. может быть упрощена система охлаждения камеры (сейчас громоздкая система жидкостного охлаждения), и т.д.

В целом, третья камера планируется вдвое меньшего размера при тех же или лучших характеристиках. И есть основания полагать, что через два года камера может быть уменьшена ещё в два раза. И это уже крайне интересно. Как часто бывает в таких случаях, данная разработка велась на средства инвесторов. И довести какой-то сколь угодно многообещающий прототип до продукта – очень непростая задача. Ещё во время визита Джон Карафин (руководитель соответствующего направления компании) извинялся, что встреча короткая, поскольку они уже девять месяцев довольно регулярно ночами не спали, стараясь вытянуть критически важные характеристики продукта. К счастью, уже 15 февраля этого года компания получила следующий раунд финансирования – деньги ещё примерно на два года работы, т.е. шансы на то, что им удастся сделать третью (и четвёртую) камеры с улучшенными характеристиками и пробиться на рынок, заметно возрастают.

В завершение стоит упомянуть про визит в компанию Leia3D, в которой разрабатываются мобильные автостереоскопические дисплеи следующего поколения. Фотографировать также было нельзя (стандартное требование), но тут всё равно лучше стереокамера, так что буду описывать словами.

Предыдущие мобильные автостереоскопические дисплеи (которые можно было видеть в телефонах и планшетах азиатских производителей), в основном, были устроены на технологии «параллаксного барьера». Над обычным дисплеем помещался тонкий жидкокристаллический дисплей, при включении дававший непрозрачные полоски, благодаря которым перед экраном возникала область автостереоскопического изображения на одного человека. Также при наклоне на таком дисплее ракурсы менялись местами (что понимали, увы, не все зрители),

кроме того, данная технология уменьшала яркость дисплея примерно в два раза.

Новая технология от Leia3D позволяет давать в каждый пиксел экрана подсветку направленным светом, благодаря чему данный пиксел становится виден только в определённом направлении и почти не виден в остальных. Для контроля они показывают на экране четыре белых квадрата на чёрном фоне, и видно, как при повороте экрана мы проходим через все четыре зоны показа, при этом в других направлениях данные пикселы, действительно, выглядят чёрными (по крайней мере, при обычном освещении). В итоге:

- кардинально расширяется зона со стереоэффектом перед экраном;
- нет проблемы с тем, что люди смотрят перепутанные ракурсы и потом жалуются на головную боль (в данной технологии получить перепутанные ракурсы невозможно);
- нет видимых потерь по яркости (хотя по факту просадка, конечно, есть, поскольку в любом случае задействуется подсветка только четверти пикселей).

Но этого мало. Интересно, что технология позволяет менять направление подсветки пиксела. В частности, был представлен планшет, у которого три режима: 2D, 3D на 4 ракурса в одном направлении и 3D на 16 ракурсов 4x4 в двух направлениях. Т.е. этот планшет кладётся на стол, и несколько человек с разных сторон видят на нём трёхмерную картинку. На 16 ракурсов падение по яркости уже заметно (что неудивительно). Тем не менее, сегодня запас по яркости у устройств настолько велик (и постоянно растёт), что скоро с показом в помещении многоракурсной картинке больших проблем явно не будет. Вопрос по факту только в том, доживет ли компания до следующей волны интереса к 3D (чтобы производители добавили их технологию в свои продукты). Но даже если они не доживут, их патенты купят, а устройства на таком принципе, с большой вероятностью, мы всё равно увидим.

Так выглядит приближение будущего... ■



НОВАЯ РАЗРАБОТКА НИКФИ на форуме профессиональной ассоциации Голливуда (НРА), США



А.В. Кучеренко, alxkucherenko@gmail.com,
директор филиала НИКФИ АО «ТПО «Киностудия
им. М. Горького»

■ В конце февраля 2017 года в городе Индиан-Веллз, Калифорния, США состоялся ежегодный форум НРА Tech Retreat, проводимый профессиональной ассоциацией Голливуда (НРА). Научно-исследовательский кинофотоинститут – филиал АО «ТПО Киностудия им. М. Горького» принял участие в этой конференции и представил свою новую разработку – комплекс КСМ-1 для макростереокиносъемки движущихся биологических объектов.

В рамках форума проводится компактная, но представительная выставка инноваций **Innovation Zone** – площадка, где участники рассказывают о новых и инновационных технологиях и обмениваются опытом. Отбор участников производился организаторами конференции по критериям соответствия целям и задачам: демонстрация новейших технологий отрасли развлечений, включая

производство, пост-производство, дистрибуцию и передачу по каналам связи.

НИКФИ представил комплекс для макроскопической стереосъемки, разработанный в 2016 году, который успешно прошел конкурсный отбор для участия в выставке инноваций своим стендом. Технология, о которой более подробно читайте в статье А. Мелкумова журнала «Мир техники кино»/«World of Technique of Cinema» № 2017–1(11), позволяет производить стереосъемку мелких объектов живой природы размером от 1 до 50 мм в увеличенном масштабе, равно как и наблюдать события макромира в режиме реального времени, в том числе, на большом экране. С целью максимально наглядно показать эти возможности, на выставке был представлен стенд из предметного стола с живыми насекомыми (закупленными специально в США), осветительного прибора, камеры и 3D-телевизора диагональю 47 дюймов для просмотра в реальном времени изображения в стереочках. Такой подход, несмотря на многочисленные организационные и логистические трудности, себя оправдал. Стенд НИКФИ, единственный из России и единственный, посвященный стереосъемке, привлек внимание участников конференции. Многие специалисты воспользовались возможностью просмотра происходящего на экране в стереочках. Трансляция стереоизображения с предметного стола периодически чередовалась демонстрацией ранее созданного в Москве двадцатиминутного стереофильма о насекомых. Детальность и объемность стереоскопической макросъемки позволяла зрителям рассмотреть насекомых в мельчайших подробностях. Это вызвало много положительных оценок, касающихся как качества изображения, потенциала представленного комплекса, так и в целом технических возможностей НИКФИ по решению задач подобного уровня сложности. Надо учитывать, что уровень



Исполнительный директор научного совета Американской киноакадемии Энди Малтц и директор НИКФИ А. Кучеренко



Установка для цифровой макростереокиносъёмки

участников конференции был достаточно высок, среди зрителей нашего стенда были представители Apple, группы IBM, Barco, Sony Corporation, RealD, Blackmagicdesign, NexGuard и других. Особое внимание российскому стенду уделил исполнительный директор научного совета американской Академии кинематографических искусств и наук Энди Малтц, который в 2018 году займёт пост председателя комитета по стандартизации ISO/TC 36.

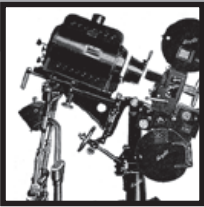
Актуальные направления исследований в области техники кино в 2017 году связаны с рядом направлений, таких как виртуальная реальность, искусственный интеллект (нейронные сети), многокамерная съёмка и облачные системы обработки и хранения данных. Институт Фраунгофера (Германия) предложил решения для встраивания в систему пост-производства, предназначенные для съёмки натуральных сцен массивами из большого количества камер. Плагин для ПО Nuke позволяет получать новые ракурсы с виртуальной камеры, производить цветокоррекцию, синтезировать эффекты освещения и подкладывать фоновые изображения на основе карт глубины.

К многокамерным технологиям относятся также камеры на 360 градусов для съёмки в режиме виртуальной реальности (VR). На рынке представлены несколько моделей VR-камер с числом объективов от 2 до 24. Передовые исследования в этой области связаны с получением геометрически корректного кругового стереоизображения и регистрацией интегрального светового поля.

Отдельно в рамках участия в научно-практической конференции состоялась встреча российской делегации с представителями компании RED, на которой обсуждались вопросы возможного сотрудничества в области

конструирования цифрового киноаппарата для стереосъёмок живой природы на базе камер RED. Представители НИКФИ ознакомили технического эксперта компании RED Ника Хавеса (Nick Haves) с отечественной цифровой системой Стерео-70 на базе цифрового рекордера Phantom-65, с её достоинствами перед зеркальными ригами. Учитывая возникшее несоответствие данной системы современным требованиям по разрешению каждого кадра стереопары не менее 4K, первоначально рассматривался вариант сочленения оптической системы «Стерео-70» с двумя цифровыми камерами «SCARLET-W 5K» с матрицами 25,6 мм x 13,5 мм – по геометрическим размерам близкими к 35 мм. С представителями компании RED обсуждались вопросы корпусных изменений камер, возможности не только их синхронизации, но и управления параметрами съёмки через одну из камер.

С появлением на рынке модели «WEAPON 8K VV» с матрицей 40,98 мм x 21,60 мм, учитывая уязвимость двухкамерных систем, в настоящее время рассматривается однокамерный вариант сочленения оптики через оптический адаптер, позволяющий изменить межцентровое расстояние оптических осей двухракурсного объектива (стереообъектив) с 26 мм на 20 мм межцентрового расстояния стереопары на матрице без ущерба изменения среднестатистического базиса съёмки. Представители компании RED с вниманием выслушали вопросы, но маркетолог компании обратил наше внимание на тот факт, что модель «WEAPON 8K VV» является совместной разработкой RED и компании Panavision, у которой существуют эксклюзивные права на эту модель. Возможно, в будущем компания представит на рынок самостоятельную модель с ещё большей матрицей. ■



ТЕХНОЛОГИЯ МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ СТЕРЕОКИНОСЪЁМКИ



А.С. Мелкумов, info@stereokino.ru, заведующий сектором цифрового стереокино, филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут» АО ТПО «Киностудия им. М. Горького», ВГИК, член российского отделения SMPTE, РФ

Аннотация

Объектом исследования является процесс крупномасштабной стереокиносъёмки мелких объектов (макростереокиносъёмка) с фиксацией изображений стереопары на два цифровых регистратора. Цель работы – разработка и создание макета установки для цифровой макростереокиносъёмки. В процессе работы исследовались возможности способов реализации уменьшенных значений (от 1 до 10 мм) базиса стереосъёмки в условиях фиксации мелких объектов размером от 5 до 50 мм в увеличенном масштабе. В результате разработана оригинальная конструкция трёхобъективного киносъёмочного аппарата с индивидуальными объективами для левого и правого каналов стереосъёмки и одного общего сменного объектива разных фокусных расстояний. Установка предназначена для макростереокиносъёмки движущихся биологических объектов при производстве научно-популярных стереофильмов.

Ключевые слова: макростереосъёмка, стереосъёмка, объектив, базис съёмки.

Работа профинансирована Министерством культуры Российской Федерации в рамках государственного контракта № 3141-01-41/06-16 от 04.07.2016 г.

TECHNOLOGY FOR MACROSCOPIC STEREO 3D SHOOTING

A. Melkumov, info@stereokino.ru, branch «Cinema and Photo Research Institute» JSC «Gorky Film Studio», VGIK, Russia

Abstract

The work deals with the process of scaled-up stereo 3D macro shooting of small objects by recording a stereo pair of images with dual digital recorders. The aim of the work is the development of a prototype of 3D macro rig. In the process, we investigate the possible ways to implement the reduced values (from 1 to 10 mm) of stereo basis for small objects (ranging in size from 5 to 50 mm) recording at a larger scale. The resulting original design is a three-lens rig with individual lenses for the left and right channels and one common interchangeable lens for shooting at different focal lengths. The unit is designed for macro 3D shooting of moving biological objects for popular-science stereo content production.

Keywords: macro stereo shooting, stereo shooting, lens, stereo basis.

Work was funded by Ministry of culture of Russian Federation contract №3141-01-41/06-16 of 04.07.2016.



Авторы разработки:
Бердников Е.Г., Гудков О.Г. (ВГИК),
Рожков С.Н. (НИКФИ).
Руководитель проекта Мелкумов А.С.

Введение

Отечественные технические средства системы «Стерео-70» обеспечивают съёмку игровых, документальных, научно-популярных и анимационных стереофильмов, а

также стереосъёмку в режиме цейтрафера. Не освоенным направлением стереокинематографа в отечественной системе оказалась макроскопическая стереокиносъёмка (макростереосъёмка).

Макросъёмкой называется регистрация мелких объёмных объектов в крупном масштабе, выполняемая без применения микроскопа. Масштабом изображения обозначают отношение размера изображения предмета на поверхности фото- видеорегистратора (матрицы или киноплёнки) к его действительным размерам.

Особенности крупномасштабной съёмки определяются необычными условиями, в которых происходит образование изображения, когда расстояние между снимаемым объектом и объективом киноаппарата чрезвычайно мало, а для фокусирования изображения объекта необходимо очень большое выдвижение объектива. К примеру, при масштабе изображения 1:1 объект должен находиться всего лишь на дистанции двух фокусных расстояний от передней узловой точки объектива, а величина выдвижения объектива относительно киноплёнки или матрицы также достигает двух фокусных расстояний от задней узловой точки объектива. Так, например, если съёмка ведётся объективом с $f = 100$ мм, то объектив выдвигается на величину 200 мм относительно матрицы. В силу неизбежного возникновения взаимного перекрытия изображений левого и правого ракурсов, объективы оптической системы «Стерео-70» при съёмке на единую матрицу 70-мм формата не могут выдвигаться на столь значительные расстояния.

Условия, в которых объектив формирует крупномасштабные изображения, отличаются от условий образования изображения удалённых объектов. Обычные фотографические объективы рассчитаны для образования изображения предмета, каждая точка которого посылает в объектив почти параллельный пучок световых лучей. Когда же объект находится на очень близком расстоянии от объектива, пучки лучей света, идущие от каждой его точки, представляют собой конусы, основанием которых является входной зрачок объектива. Это условие не соответствует расчёту коррекции объектива и существенно сказывается на его разрешающей силе.

К вышеописанным особенностям крупномасштабной съёмки в традиционном кинематографе добавляются ограничения, накладываемые стереосъёмкой на сверхблизких дистанциях, когда недопустимо использовать конвергенцию оптических осей в силу значительных изометрических искажений проективных изображений объектов, что следует учитывать при разработке оптических схем для макростереосъёмки.

1. Оптическая схема для макростереосъёмки

Стереосъёмка мелких объектов в увеличенном масштабе требует значительного уменьшения межосевого расстояния между ракурсами съёмки (базис стереосъёмки). В случае стереосъёмки двумя объективами на одну матрицу (принципиальная особенность системы «Стерео-70»), потребовалось бы конструирование объективов с малыми диаметрами линз для достижения необходимого малого базиса съёмки. Светосила таких объективов с достаточно большим фокусным расстоя-

нием была бы ничтожно мала. По этой причине вести макростереосъёмку предпочтительнее было бы через один объектив на два отдельных регистратора с использованием полупрозрачного зеркала, в соответствии с рисунком 1. Регистраторы расположены не параллельно, а под углом 90° по отношению друг к другу. В этом случае, как и в традиционных зеркальных ригах, возможно изменение базиса стереосъёмки вплоть до нуля (рис. 2).

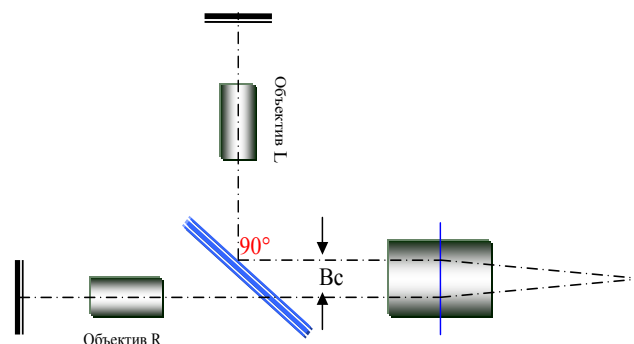


Рис. 1. Оптическая схема макростереосъёмки на два регистратора через полупрозрачное зеркало

Недостатком такого решения является малая дистанция расположения объекта от передней линзы объектива и ведение съёмки на конвергированных осях, что является причиной возникновения взаимных изометрических проективных искажений.

Для разработки оптической схемы для макростереосъёмки были сформулированы следующие требования:

- оптическая схема и характеристики оптических узлов должны обеспечить построение двух идентичных по фотографическому качеству изображений левого и правого ракурсов стереопары в режиме реального времени;
- макросъёмка должна вестись на параллельных осях с возможностью выставления оптической системы на дистанцию рампы (плоскость нулевых параллаксов);
- базис стереосъёмки должен изменяться в диапазоне величин $0 \div 20$ мм;
- дистанция от передней линзы до объекта должна быть достаточной для возможности подхода к объекту и его освещения сторонними источниками освещения;
- линейные размеры снимаемых объектов от 5 мм до 50 мм;
- элементы оптической схемы не должны препятствовать удобству наводки на резкость, установки относительных отверстий и базиса стереосъёмки.

Исходя из вышеперечисленных требований, была разработана принципиальная оптическая система для стереомакросъёмки на два отдельных регистратора, расположенных параллельно друг другу (рис. 2).

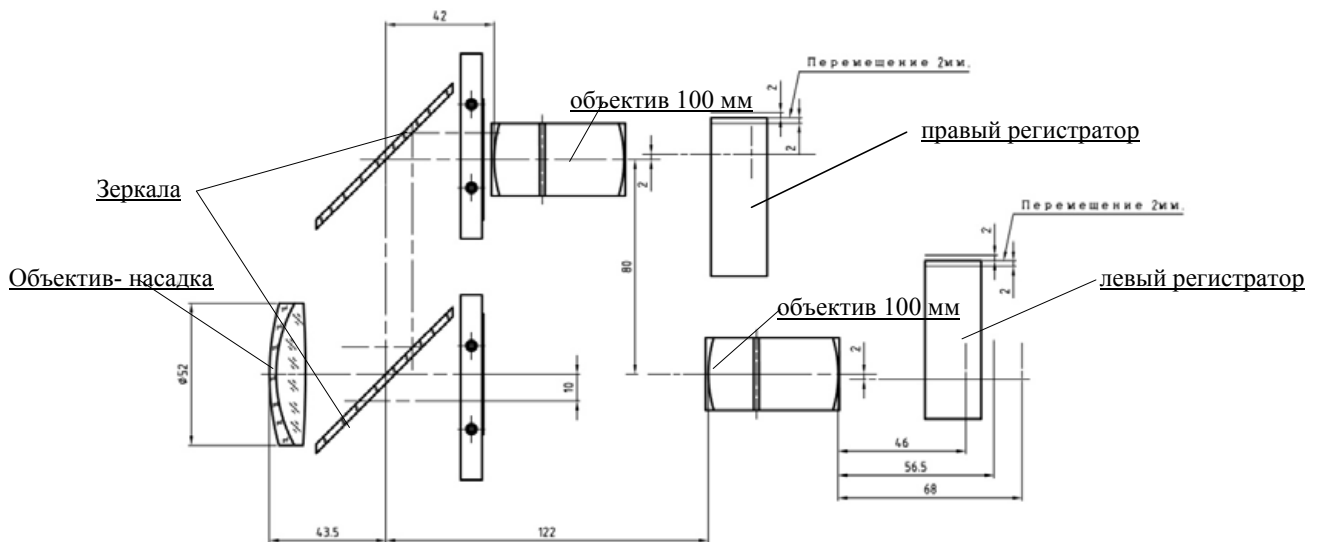


Рис. 2. Принципиальная оптическая система для стереомикросъёмки на два отдельных регистратора

В оптической схеме установки с расположением матриц в параллельных плоскостях используются два зеркала. Одно – полупрозрачное для расщепления луча. Другое – с внешним зеркальным покрытием и просветлением для поворота второго луча на 90°. Изображение левого ракурса формируется лучами, проходящими сквозь полупрозрачное зеркало, а изображение правого ракурса формируется лучами, отражёнными от обоих зеркал. Для компенсации разницы хода лучей правый регистратор сдвинут вперёд на расстояние, равное ходу лучей между зеркалами. Для формирования изображения на матрице перед регистраторами установлены оптические блоки фокусом 100 мм, разработанные для стереообъективов системы «Стерео-70».

Регистрация объекта с двух ракурсов ведётся через объектив-насадку, установленный в объективодержатель на передней стенке установки. Для получения изображений разных масштабов рассчитана линейка объектив-насадок с фокусными расстояниями 300 мм, 250 мм, 200 мм и 100 мм для съёмки объектов разных линейных размеров. Именно оптические насадки позволяют увеличивать дистанцию съёмки до объекта, столь необходимую при макросъёмке. Оптическая система аппарата построена так, что при изменении масштаба изображения задняя апертура основного объектива ($f=100$ мм) не меняется. Таким образом, светосила всей оптической системы остаётся постоянной и не зависит от изменения масштаба.

2. Конструктивные особенности киноустановки

В качестве цифровых регистраторов для записи изображений правого и левого ракурсов снимаемого объекта были отобраны две видеокамеры «GoPro Hero 4 Black Edition». Выбор этих камер обусловлен сравнительно высоким качеством матриц при их сравнительно малых размерах 6,4x3,6 мм для получения изображения в разрешении 1920x1080 и выше – до 4К, и малыми корпусными габаритами, что позволило сконструировать компактное

устройство для стереосъёмок. Однако производитель GoPro отключил в четвёртой модели опцию синхронизации камер. Это создало дополнительное неудобство и потребовало последующей ручной синхронизации левого и правого изображений в снятом материале. В дальнейшем при модернизации аппарата предполагается использовать модели Hero 3 или Hero 5, в которой вернули синхронизацию камер. Из камер были изъяты штатные объективы. Так как объективы камер имели просветление, срезающее длинноволновый участок спектра, то после их изъятия перед матрицами были установлены фильтры аналогичного действия.

Для устранения проникновения посторонних лучей оптические блоки находятся в специальных тубусах, сцепленных с регистраторами. Изменение базиса стереосъёмки достигается перемещением тубусов относительно друг друга (рис. 3).



Рис. 3. Киноустановка для макростереосъёмки, вид сверху

Выставление оптической системы на дистанцию рамп (до плоскости нулевых параллаксов) происходит путём встречного смещения оптических блоков относительно цифровых регистраторов в горизонтальном направле-

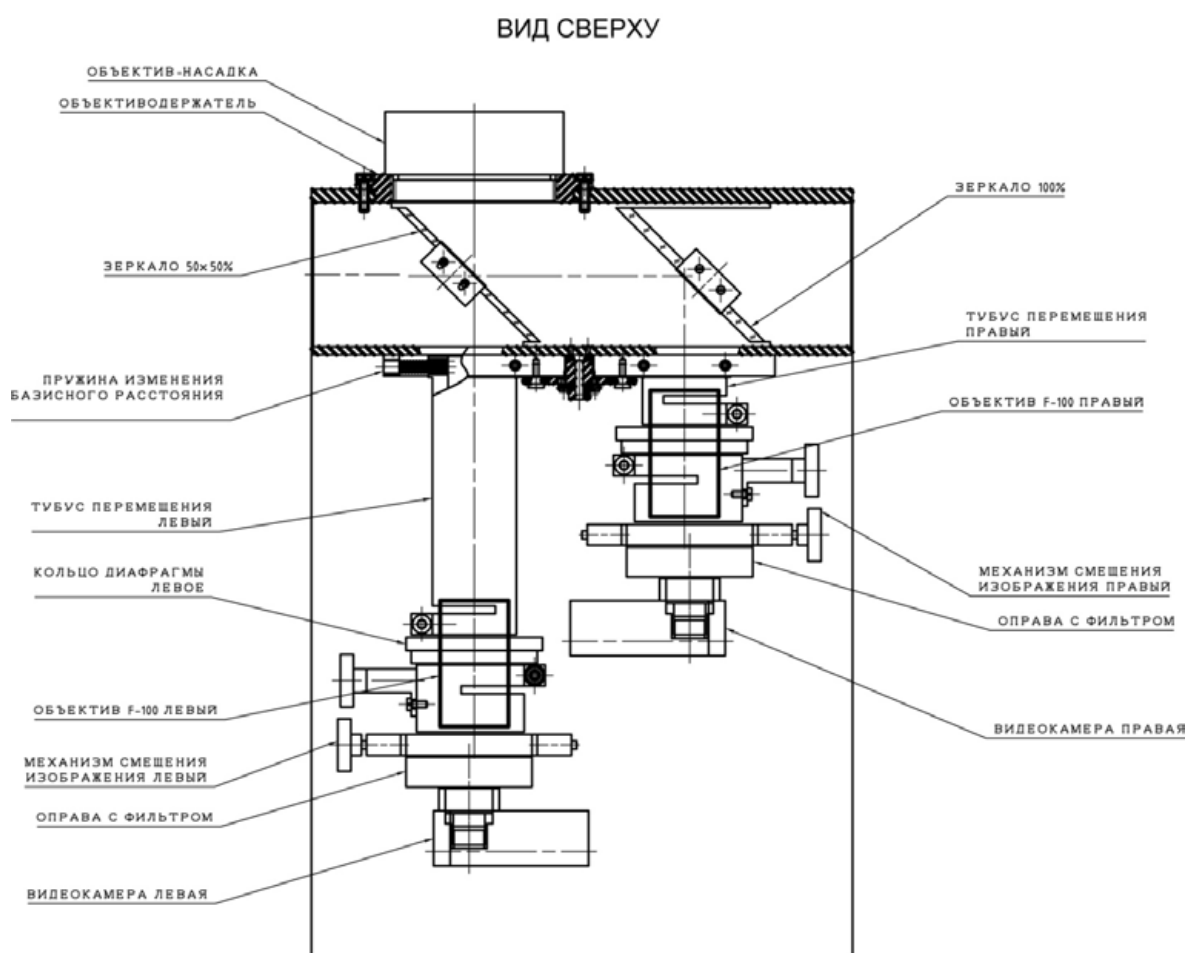


Рис. 4. Зеркала и тубусы перемещения (правый и левый) с возможностью сдвига в горизонтальном направлении

нии, поперечном к направлению съёмки. Каждый блок может перемещаться в пределах 2 мм.

При работе с объективом-насадкой оптические блоки сфокусированы на бесконечность. Возможна съёмка и без насадки. В этом случае оптические блоки перемещаются от регистраторов по направлению съёмки на дискретное расстояние, что позволяет формировать резкое изображение на матрице без объектива-насадки. Таких дискретных положений предусмотрено два. Съёмка без насадки позволяет соответственно располагать объект на дистанциях 0,5 м и 1 м. Фокусировка изображения объекта производится путём перемещения всей установки посредством кремальеры, на которой крепится аппарат.

Для одновременного отображения левого и правого изображений на одном мониторе рекомендуется использовать мультиплексоры «Blackmagic HD Link Display Port 3D» или «Aja Hi5-3D», которые конвертирует левый и правый видеосигналы, идущие от цифровых рекордеров, в единый сигнал, отображаемый на мониторе. Мультиплексор работает в трёх режимах и отображает:

- анаморфированную стереопару (anamorphic side by side);
- наложенные друг на друга изображения стереопары (режим микс);
- стереограмму в виде анаглифического изображения.

В этом случае выставление нулевого параллакса может проводиться без предварительно расположенного в кадре маркера. Достаточно добиться на мониторе слияния одноименных точек объекта, расположенных в плоскости рамп. Изображение анаморфированной стереопары может быть подано на монитор или smart TV, поддерживающие режим стереонаблюдения. Анаглифическое стереоизображение можно просматривать на любом стандартном мониторе в анаглифических очках.

Цифровые рекордеры выдают видеосигнал через HDMI порт, поэтому для подключения к мультиплексору Aja Hi5-3D через HDSI порт используется промежуточный конвертер «HDMI to HDSI».

3. Расчёт параметров для макроскопической стереосъёмки

При макростереосъёмке, как и при стереосъёмке в обычном масштабе, должны устанавливаться параметры, обеспечивающие комфортность восприятия стереоизображения в условиях кинозала. К этим параметрам относятся:

- фокусное расстояние съёмочной оптики,
- базис стереосъёмки,
- параллакс бесконечности,
- дистанция рамп,

- индекс гипертрофии,
- дальняя и ближняя дистанции до объектов в снимаемой сцене.

Фокусное расстояние оптики определяется сочетанием фокусных расстояний объектива-насадки и объектива, расположенного непосредственно перед цифровым регистратором. Для сочетаний фокусных расстояний компонентов оптической системы (пара основных объективов с каждым из четырёх объективов-насадок) действующие фокусные расстояния определены по формуле 1 и представлены в таблице 1.

$$f = \frac{f' f''}{f' + f'' - d} \quad (1)$$

где: f – действующее фокусное расстояние;
 f' – фокусное расстояние объектива;
 f'' – фокусное расстояние объектива-насадки;
 d – расстояние между передней главной плоскостью объектива и задней главной плоскостью объектива-насадки.

Масштаб съёмки определяется отношением размера объекта к размеру его изображения на матрице. В отли-

В оптике существует понятие «crop factor», которое используется при определении угла зрения объектива для матриц разных размеров относительно 35-мм формата кинокадра (16x24 мм). Так же и при расчёте масштаба съёмки, учитывая размер матрицы цифрового регистратора GoPro как 3,6x6,4 мм, можно определить, что данная установка рассчитана на съёмку объектов от 5 до 50 мм в диапазоне масштабов от 4:1–1:2, соответственно съёмке в 35-мм формате.

Базис стереосъёмки (межосевое расстояние между ракурсами стереосъёмки) является одним из основных параметров, определяющих величины горизонтальных параллаксов в стереопаре, который определяет степень рельефности объектов и пространственности стереоизображения. Выбирается оператором в зависимости от поставленной художественной задачи соблюдения необходимого диапазона комфортно воспринимаемого пространства и глубины резко изображаемого пространства.

Параллакс бесконечности – разность координат изображений бесконечно удалённой точки в стереопаре. *Исходный параллакс бесконечности*, формируемый в стереопаре в процессе съёмки, устанавливается, исходя из величины

параллакса бесконечности на среднестатистическом экране расчётной ширины 6,5 м. При расчётном среднем базисе зрения, равном 65 мм, данное условие выполняется, если величина исходного параллакса бесконечности составляет 1% ширины матрицы цифрового рекордера. В нашей системе с размерами матрицы рекордеров 6,4 x 3,6 мм исходный параллакс бесконечности принят равным 0,06 мм.

Табл. 1. Оптические характеристики макростереосъёмочной киноустановки

№№	Режим съёмки	Действующее фокусное расстояние ($f'+f''$), мм	Дистанция наводки на резкость, мм	Глубина резкоизображаемого пространства при относительном отверстии объектива $f = 100$ мм 1:4,5, мм
a ₁	с насадкой $f''=100$ мм	140	290	1,3 (0,6±0,7)
a ₂	с насадкой $f''=200$ мм	120	340	5,2 (±2,6)
a ₃	с насадкой $f''=250$ мм	115	400	8,0 (±4,0)
a ₄	с насадкой $f''=300$ мм	110	450	12 (±6,0)
a ₅	$f'=100$ мм, первая позиция	100	1000	144 (66±78)
a ₆	$f'=100$ мм, вторая позиция	100	500	33 (14 ±19)

чие от фильмовых технологий, когда в профессиональном кинематографе преимущественно существовал единый размер кинокадра, в цифровых технологиях существует большой разброс в размерах матриц. Один и тот же объект, снятый на матрицы разных величин, будет иметь масштаб изображения в разных абсолютных числах. Например, изображение объекта шириной 1 мм, снятый на полную площадь кадра в случае с матрицей шириной 1 мм, будет иметь масштаб 1:1, а в случае с матрицей 10 мм – будет иметь масштаб 10:1. Поэтому более корректно было бы указывать не диапазон масштабов съёмки, в котором может проводиться макросъёмка, а диапазон размеров объекта, регистрируемых в полный размер кинокадра. Изучив параметры снимаемых объектов, интересных для стереосъёмки, мы ограничились диапазоном величин объектов по ширине от 5 до 50 мм.

Дистанция рампы – расстояние от передней главной плоскости оптической системы до плоскости рампы – виртуальной плоскости нулевых параллаксов, перпендикулярной направлению съёмки и разделяющей пространство снимаемой сцены на две зоны, одна из которых впоследствии будет восприниматься зрителем в заэкранной зоне, другая – в предэкранной. Изображения элементов объекта, находящихся в рампе, должны иметь на контрольном мониторе нулевой параллакс.

Дальняя и ближняя дистанции – расстояния от передней главной плоскости оптической системы до ближней и дальней границ снимаемой сцены. Они обозначают зону комфортно воспринимаемого пространства при стереокинопроекции.

Параметры стереосъёмки подбираются по интерактивной таблице, которой пользуются в отечественной системе «Стерео-70».

Определение положения рампы в композиционном пространстве в случае макростереосъёмки принципиально отличается от обычной стереосъёмки. Оператор ограничен выбором положения рампы при фиксированной дистанции наводки на резкость. Оператор может выставлять плоскость нулевых параллаксов в пределах диапазона глубины резкоизображаемого пространства и затем, подбирая базис съёмки, сверять, насколько диапазон допустимых величин параллаксов соотносится с глубиной резкоизображаемого пространства (ГРИП). Могут быть отдельные исключения из правил, когда рампа может располагаться за пределами дальней границы ГРИП, но даже в этом исключительном случае максимально близкая точка в статичной композиции кадра не должна иметь отрицательный параллакс более 1% от ширины изображения.

Заключение

В процессе работы исследованы возможности крупномасштабной стереокиносъёмки мелких объектов с фиксацией изображений стереопары на цифровом фоторегистраторе, проанализированы способы получения стереокиноизображения с малыми базисами стерео-

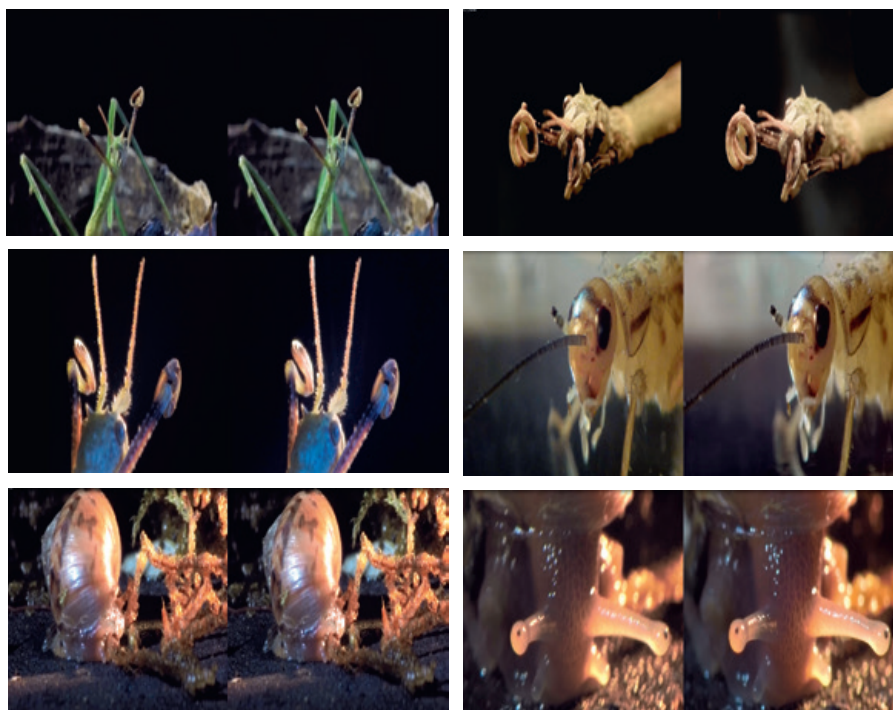


Рис. 5. Скриншоты из демонстрационного ролика

съёмки, в том числе, близкими к нулевому значению. Разработана конструкторская документация и создан действующий макет киноустановки цифровой макростереокиносъёмки с высоким разрешением. Разработана методика подбора параметров макростереосъёмки и обработки отснятого материала.

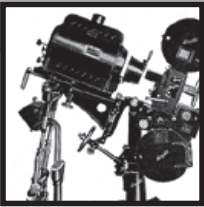
Технология предназначена, в первую очередь, для проведения киносъёмок при производстве научно-популярных стереофильмов. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшов Н.Н. Специальные киносъёмки. М.: ВГИК, 2015.
2. Иванов Б.Т. Стереокинотехника. М.: Искусство, 1956.
3. <http://www.screenplane.com/products/ultramacro3d/>
4. Macro attachment for the Fuji FinePix Real 3D W1 camera. <http://www.lhup.edu/~DSimanek/scraps/.%5C3d/stereo/3dgallery13.htm>
5. Новая камера GoPro Hero4 Black Edition. <http://4pda.ru/2014/11/11/184901/>
6. AJA Hi5-3D 3G/HD-SDI мультиплексор
7. https://www.aja.com/pdf/support/manuals_conv/AJA_manual_Hi5-3D.pdf
8. Болтянский А.Г. Расчёты параметров стереокино и фотосъёмки для проекции на экран / Техника кино и телевидения, № 5, 1957.
9. Рожков С.Н., Овсянникова Н.А. Стереоскопия в кино-, фото-, видеотехнике. Терминологический словарь. М.: Парадиз, 2003.
10. Мелкумов А.С. Стереоскопический кинематограф. М.: ВГИК, 2013.

REFERENCES

1. Kudryashev N.N. Special filming. M.: VGIK, 2015.
2. Ivanov B.T. Stereokinotechnika. M. Iskusstvo, 1956.
3. <http://www.screenplane.com/products/ultramacro3d/>
4. Macro attachment for the Fuji FinePix Real 3D W1 camera. <http://www.lhup.edu/~DSimanek/scraps/.%5C3d/stereo/3dgallery13.htm>
5. Novaia kamera GoPro Hero4 Black Edition. <http://4pda.ru/2014/11/11/184901/>
6. AJA Hi5-3D 3G/HD-SDI multiplexor
7. https://www.aja.com/pdf/support/manuals_conv/AJA_manual_Hi5-3D.pdf
8. Boltyanskii A.G. Calculations and stereoscopic photographing parameters for projection onto the screen / Film and television technique, number 5, 1957.
9. Rozhkov S.N., Ovsyannikova N.A. Stereoscopy in film, photo and video equipment. Terminological dictionary. M.: Paradise, 2003.
10. Melkumov A.S. Stereoscopic cinema. M.: VGIK, 2013.



Волноводно-оптические ПРОЕКЦИОННЫЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ



С.Б. Бирючинский, к.ф.-м.н., проф., sbiruchinsky@optica4d.com,
ООО «Оптико-механические системы», РФ

Аннотация

Рассмотрены некоторые волноводно-оптические схемы проекционного типа, применяемые в осветительных устройствах. Проведено сравнение некоторых потребительских характеристик осветителей, применяемых как в научно-исследовательской, так и в промышленной и медицинской отраслях. Приведены примеры оптических осветительных систем, применяемых для специальной кинематографии. Даны практические рекомендации по использованию осветительных систем различных типов.

Ключевые слова: объектив, абберации, оптическая система, проекция, оптимизация, преобразование изображения, осветитель.

■ Неотъемлемой частью киносъёмочного процесса является грамотное и рациональное построение архитектуры осветительной системы для корректного построения изображения объекта съёмки объективом камеры. Особый практический интерес представляет киносъёмка

WAVEGUIDE OPTIC PROJECTION LIGHTING SYSTEMS

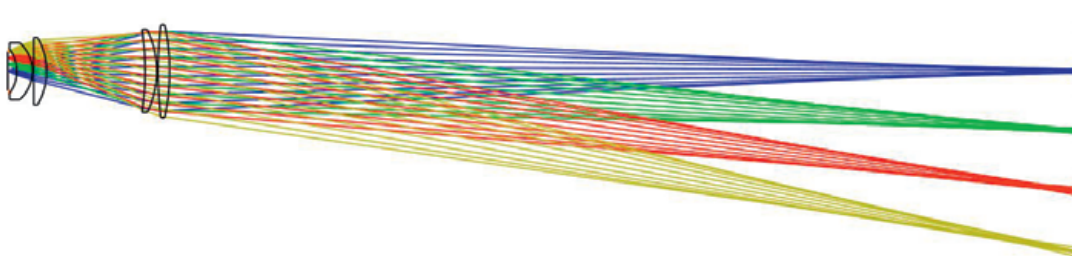
S. Biryuchinskiy, Ph.D, Prof., sbiruchinsky@optica4d.com,
Opto-mechanical Systems Limited, Russia

Abstract

Some waveguide-optical schemes of projective type applied in lighting devices are considered. Comparison of some consumer characteristics of the lighters applied both in research and in industrial and medical branches is carried out. Examples of the optical lighting systems applied to special cinematography are given. Practical recommendations about use of lighting systems of various types are given.

Keywords: lens, aberrations, optical system, projection, optimization, image transform, lighting.

быстро протекающих процессов с прикладной и научно-исследовательской целью. В некоторых случаях требуется совместить задачи подсветки участка для киносъёмки с задачей радиационного нагрева. При этом, с целью улучшения информативности полученных изображений,



Layout

Design by S.B. Biryuchinskiy
19.12.2016
Total Axial Length: 824,99975 mm

Рис. 1. Оптическая схема проекционного четырёхлинзового объектива с передачей изображения от волноводного элемента
Fig. 1. The optical scheme of a projective four-lens objective with waveguide element image transfer

часто требуется создание осветительной системы с изменяемыми спектральными характеристиками, причём дополнительным требованием является отсутствие рассеивающих элементов на пути излучения от источника к объекту. Не меньшей значимостью является также обеспечение равномерности освещённости облучаемого объекта одновременно с постоянством спектрального состава излучения в разных областях.

Существуют различные способы оптимизации подобных проекционных объективов, в том числе разработанные автором данной статьи [1–4].

На рис. 1 показана оптическая схема проекционного четырёхлинзового объектива с передачей изображения от волноводного элемента в виде усечённой четырёхгранной пирамиды [2]. В данной системе осуществляется точная передача изображения от выходного торца призматического волноводного элемента к объекту. Размер освещаемой области 200х200 мм, дистанция до ближайшей оптической поверхности 700 мм. В качестве источника света применялся RGBW-СД серии «СВМ-360» (производство Luminus Devices Inc). Данный диод содержит 4 кристалла, смонтированных в теплопроводном корпусе, и датчик температуры. Потребляемая мощность составляет около 100 Вт. Размеры окна светодиода 7х9 мм. Введение волноводного элемента специальной конфигурации позволяет создать область с равномерным освещением для каждого элемента светодиода одновременно с уменьшением полного угла расходимости излучения (необходимо для повышения эффективности всей системы в целом).

Ход лучей в волноводном элементе показан на рис. 2. Размеры выходного окна волноводного элемента 20х20 мм. Максимальный диаметр линз не превышает 72 мм. Особенностью данной схемы является коррекция распределения света по углу на выходе волноводного элемента с целью уменьшения диаметров

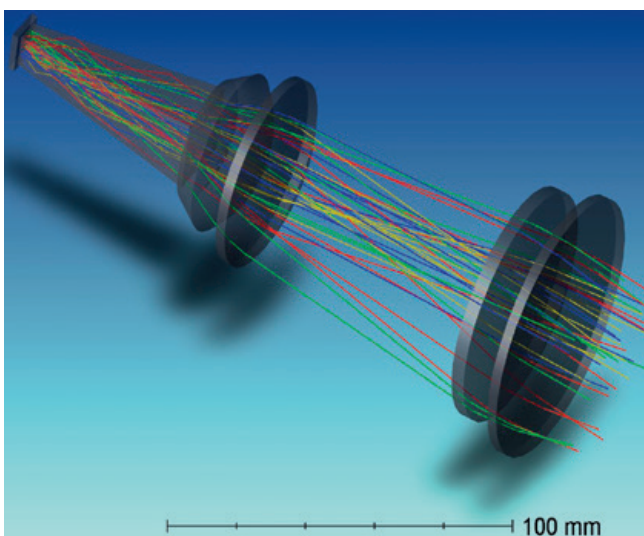


Рис. 2. Ход лучей в волноводном элементе и объективе рис. 1
Fig. 2. The ray distribution in the waveguide element and a lens of Fig. 1

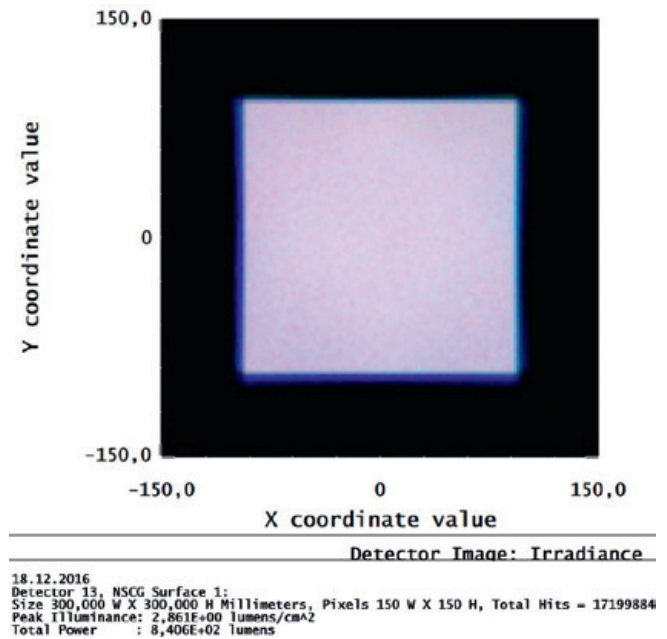


Рис. 3. Распределение освещённости на облучаемой поверхности, создаваемое системой рис. 1
Fig. 3. Distribution of illumination on the irradiated surface created by system of fig. 1

линз и, соответственно, габаритов системы. Распределение освещённости на облучаемой поверхности показано на рис. 3.

Неравномерность освещённости по полю не превышает 5%, что совершенно незаметно для наблюдателя. Следует также отметить высокую цветовую однородность освещаемого поля, что необходимо для многих прикладных задач.

На рис. 4 показан упрощённый вариант осветительной системы с волноводным элементом, аналогичным рис. 1.

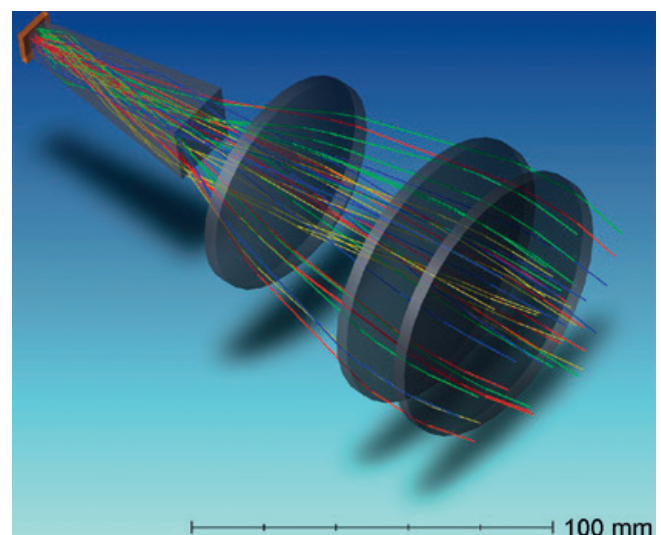
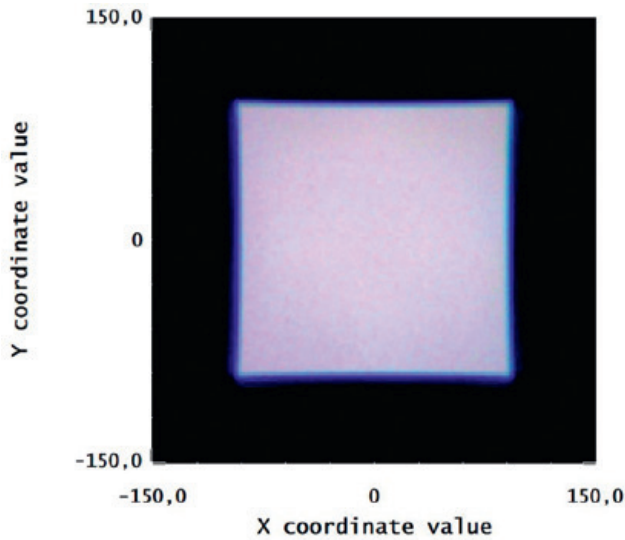


Рис. 4. Оптическая схема и ход лучей в проекционном трёхлинзовом объективе с передачей изображения от волноводного элемента
Fig. 4. The optical scheme of a projective three-lens objective with waveguide element image transfer



Detector Image: Irradiance

18.12.2016
 Detector 12, NSCG Surface 1:
 Size 300,000 W X 300,000 H Millimeters, Pixels 150 W X 150 H, Total Hits = 16874664
 Peak Illuminance: 3,041E+00 lumens/cm²
 Total Power : 8,249E+02 lumens

Рис. 5. Распределение освещённости на облучаемой поверхности, создаваемое системой рис. 3

Fig. 5. Distribution of illumination on the irradiated surface created by system of fig. 3

Проекционный объектив состоит из трёх линз [2]. Создаваемое осветителем распределение освещённости показано на рис. 5.

Сравнение рис. 5 и рис. 3 позволяет сделать вывод о степени влияния количества линз на качество полученного светового пятна. В данном случае заметно присутствие дисторсии, которая приводит к некоторому спаду освещённости на краю изображения. Уровень хроматизма, вносимого объективами как с тремя, так и с четырьмя линзами, является незначительным для данной задачи и его влияние прослеживается только на краю освещаемой области. То же относится и к остальным aberrациям. Абберационное пятно рассеяния для трёхлинзовой схемы составляет 9 мм (для четырёхлинзовой 5 мм). По сравнению с четырёхлинзовым вариантом трёхлинзовая схема проекционного объектива имеет несколько больший диаметр, около 80 мм и короче примерно на 20 мм.

Применение вышеописанных осветителей позволяет создать освещённость на рабочем участке киносъёмки до 30000 лк с широким диапазоном изменения цветовой температуры (в основном диапазоне 2800K–10000K, возможность работы с монохроматическим светом). Следует также отметить возможность модуляции излучения для достижения заданного эффекта при киносъёмке быстропротекающих процессов.

Во многих случаях требуется создание осветительной системы с волоконной доставкой излучения. Как правило, применяются многомодовые оптические волокна с одной сердцевиной диаметром до 1 мм. В качестве источника излучения здесь могут выступать лазеры раз-

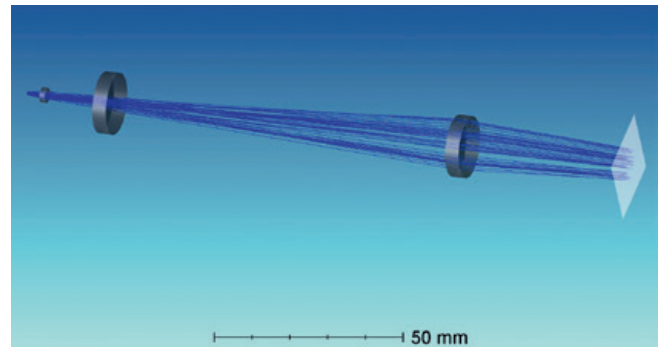


Рис. 6. Оптическая схема проекционного трёхлинзового объектива с переменным увеличением и передачей изображения от торца оптического волокна в сочетании с регулировкой профиля светового пятна

Fig. 6. The optical scheme of a projective three-lens objective with zoom and image transfer from an end face of optical fiber in combination with adjustment of a light spot profile

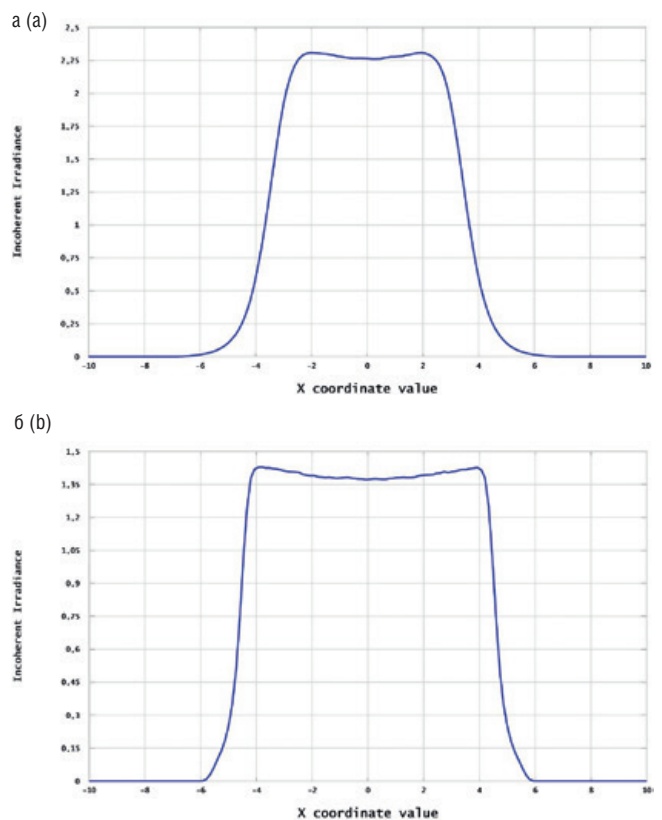


Рис. 7. Пример расчёта распределения освещённости на поверхности облучаемого объекта для системы рис. 6: (а) диаметр пятна с равномерным освещением 8.4 мм, (б) диаметр пятна с равномерным освещением 4.2 мм

Fig. 7. Example of illumination distribution calculation to surfaces of the irradiated object for system of fig. 6: (a) diameter of a spot with uniform lighting 8.4 mm, (b) diameter of a spot with uniform lighting 4.2 mm

личных типов, в том числе, их комбинации. Применение для целей подсветки одномодовых волокон ограничено рядом специальных задач, в том числе, малоразмерной эндоскопией.

На рис. 6 в качестве примера показана созданная автором перестраиваемая оптическая схема проекции изображения торца волокна на поверхность объекта съёмки. В данном случае на облучаемой поверхности создаётся область с относительно равномерным распределением освещённости в центре и его плавным спадом к краю (рис. 7а). Перемещая компонент оптической системы, происходит изменение площади равномерно освещённого участка при неизменном диаметре всего светового пятна (рис. 7б).

Данная система работоспособна в широком диапазоне длин волн (от 500 до 1500 нм) и применяется для исследования и киносъёмки некоторых быстропротекающих процессов, в том числе, в рассеивающих средах.

Автором разработаны и изготовлены также универсальные оптические системы передачи изображения от торца оптического волокна с переменным увеличением. В качестве примера на рис. 8 показан четырёхлинзовый панкратический проекционный объектив. Диапазон смены увеличений составляет $2\times\pm 30\times$, что при применении волокна с диаметром сердцевины 1 мм позволяет получить диаметры световых пятен от 2 до 30 мм. Длина системы составляет около 200 мм. Профили поперечного сечения распределения освещённости для некоторых пятен показаны на рис. 9 а, б. Следует отметить высокую точность передачи изображения торца волокна во всём диапазоне перестройки увеличений. Возможность наличия растровой оптики в системе (рис. 8) позволяет мо-

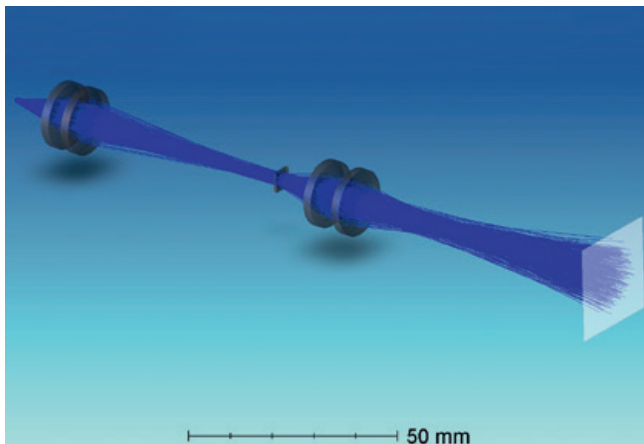


Рис. 8. Оптическая схема проекционного четырёхлинзового объектива с переменным увеличением и точной передачей изображения от торца оптического волокна на облучаемую поверхность

Fig. 8. The optical scheme of a projective four-lens objective with zoom and exact transfer of the image from an end face of optical fiber on the irradiated surface

дулировать пространственное распределение формируемого светового пятна. Данная система работоспособна в диапазоне от 400 до 1500 нм (возможно также использование нескольких длин волн одновременно), что позволяет эффективно использовать многие коммерческие источники света для различных задач.

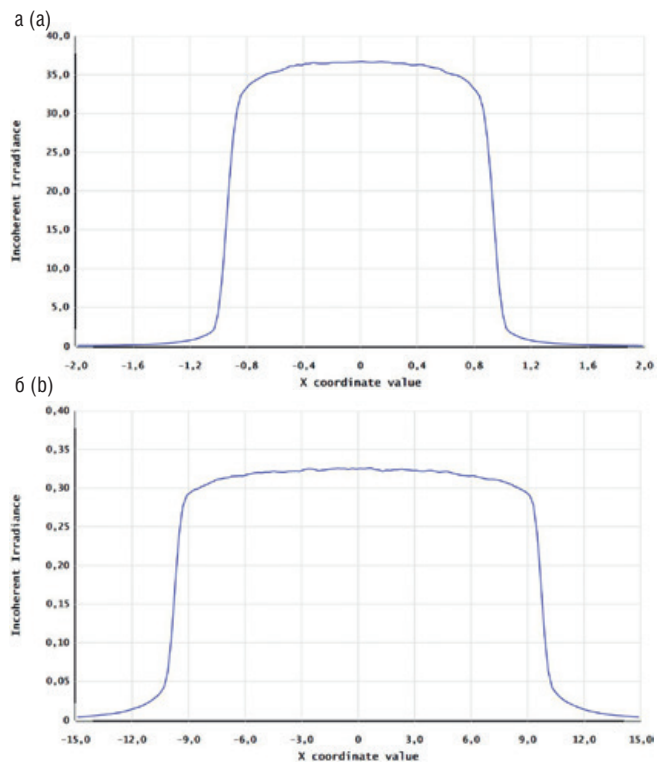


Рис. 9. Пример расчёта распределения освещённости на поверхности облучаемого объекта для системы рис. 6: (а) диаметр пятна 2 мм, (б) диаметр пятна 20 мм

Fig. 9. Example of illumination distribution calculation to surfaces of the irradiated object for system of fig. 6: (a) diameter of a spot 2 mm, (b) diameter of a spot 20 mm

Существуют задачи, в которых требуется освещение предмета с заданным распределением освещённости в пространстве. Например, при работе с рассеивающими средами часто требуется источник света с кольцевым или близким к нему световым распределением. Подобное требуется также для бестеневой 3D микрокиносъёмки. Для одной из таких задач была разрабо-

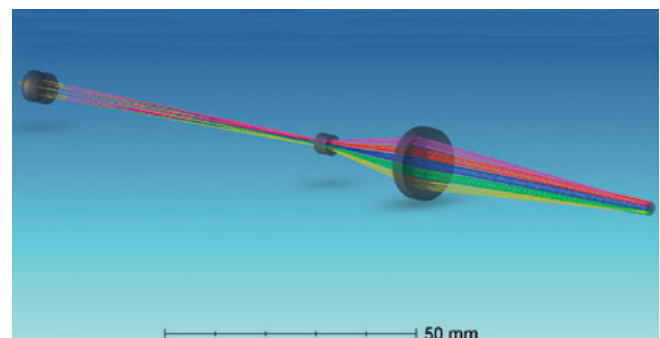


Рис. 10. Оптическая схема проекционного четырёхлинзового объектива с передачей изображения от торца оптического волокна и квазиколевым распределением освещённости на облучаемой поверхности

Fig. 10. The optical scheme of a projective four-lens objective with image transfer from an end face of optical fiber and quasi-ring illumination distribution on the irradiated surface

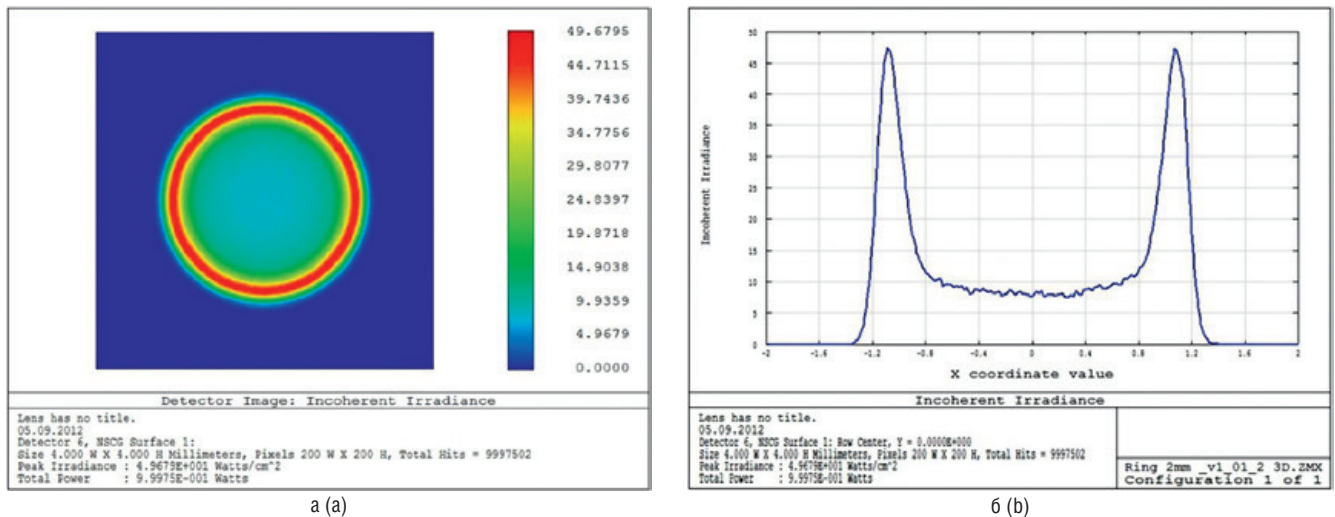


Рис. 11. Пример расчёта распределения освещённости на поверхности облучаемого объекта для системы рис. 10: (а) распределение освещённости по площади, (б) распределение освещённости вдоль оси ox

Fig. 11. Example of illumination distribution calculation to surfaces of the irradiated object for system of fig. 10: (a) distribution of illumination on the area, (b) distribution of illumination along ox axis

тана оптическая схема проекции торца волокна с перераспределением света от центра к краю, создавая таким образом кольцевое освещение без резких перепадов освещённости (что характерно в случае применения конических линз).

Ход лучей в такой системе показан на рис. 10. Система состоит из четырёх линз и при длине 115 мм проецирует торец волокна диаметром 110 мкм.

Распределение освещённости на объекте показано на рис. 11 а, б. Диаметр кольцевого участка светового пятна составляет около 2.2 мм и может быть легко редуцирован в несколько раз дополнительной оптикой. Существует также возможность плавного изменения соотношения

между минимальным и максимальным значением освещённости светового пятна. В системе отсутствуют значимые световые потери, и она пригодна для работы с мощными источниками излучения.

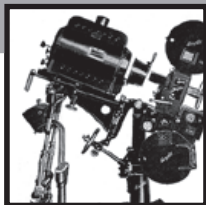
В данной работе приведены лишь некоторые примеры волноводно-оптических осветительных систем проекционного типа, созданные автором. Общим для всех систем является их высокая световая эффективность и оптимальность с точки зрения как теории аббераций, так и себестоимости производства изделия. Применение данных систем не ограничивается только целями киносъёмки, они широко применяются как в биомедицине, так и в различных установках радиационного нагрева. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Milton Laikin, "Lens Design", Fourth Edition, CRC Press 2006.
2. Аладов А.В., Бирючинский С.Б., Закгейм А.Л., Мизеров М.Н. Светодиодное осветительное устройство // Патент РФ RU 100180 U1, 22.06.2010.
3. Бирючинский С.Б. Моделирование и оптимизация архитектуры оптических систем для современного кинематографа // Мир Техники Кино. – 2015 – 3(9). – С. 8–12.
4. Lujie Chen, Viswanath Bavigadda, Theodoros Kofidis, and Robert D. Howe, "Fiber Optic Projection-Imaging System for Shape Measurement in Confined Space," The Scientific World Journal, vol. 2014, Article ID 206569, 10 pages, 2014. doi:10.1155/2014/206569.

REFERENCES

1. Milton Laikin, "Lens Design", Fourth Edition, CRC Press 2006.
2. Aladov A.V., Biryuchinskiy S.B., Zakgeym A.L., Mizerov M.N. LED lighting device / Patent of Russian Federation RU 100180 U1, 22.06.2010.
3. Biryuchinskiy S. Modeling and optimization of optical systems architecture for a modern cinema / World of Technique of Cinema. – 2015 – 3(9). – pp. 8–12.
4. Lujie Chen, Viswanath Bavigadda, Theodoros Kofidis, and Robert D. Howe, "Fiber Optic Projection-Imaging System for Shape Measurement in Confined Space," The Scientific World Journal, vol. 2014, Article ID 206569, 10 pages, 2014. doi:10.1155/2014/206569.



Особенности восприятия, способы демонстрации и современные ТЕХНОЛОГИИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ОБЪЁМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ



Д.Г. Чекалин, chekalinnikfi@mail.ru, заведующий лабораторией кинопроекции и новых видов зрелищ, филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут» АО «ТПО Киностудия им. М. Горького», РФ

Аннотация

В статье рассматривается процесс формирования и особенности восприятия человеком трёхмерного объёмного изображения. Проведено описание основных технических принципов воспроизведения, методов и современных технологий демонстрации объёмных и псевдо-объёмных изображений, предложена их классификация. Проанализированы технологические ограничения и возможности практического применения различных видов систем воспроизведения трёхмерного изображения.

Ключевые слова: объёмное изображение, стереоскопия, голография, стереоскопический кинематограф, дисплей объёмного изображения, виртуальная реальность, цифровая голограмма, воксел, хогел, нейро-компьютерный интерфейс, пространственное восприятие.

FEATURES OF PERCEPTION, METHODS OF DEMONSTRATION AND MODERN TECHNOLOGIES OF THREE-DIMENSIONAL IMAGES REPRODUCTION

D. Chekalin, chekalinnikfi@mail.ru, Head of Laboratory of film projection and new types of shows. Cinema and Photo Research Institute JSC "Gorky Film Studio", Russia

Abstract

The article considers the process of formation and features of perception of the three-dimensional volume image by human-beings. Description of basic technical principles of reproduction, methods and modern technologies of demonstration of volume and pseudo-volume images is given, their classification is suggested. Technological limitations and possibilities of practical application of different types of three-dimensional images reproduction systems are analyzed.

Keywords: *three-dimensional image, stereoscopy, holography, 3D cinema, volumetric display, virtual reality (VR), digital hologram, voxel, hogel, brain-computer interface (BCI), depth perception.*

■ Введение

Технологии и устройства для возможности создания и воспроизведения объёмных изображений насчитывают более чем полуторавековую историю развития. За столь длительный период было разработано огромное количество различных способов решения этой задачи, а диапазон технических средств содержит как простые

технологии, основанные на применении полупрозрачных зеркал, так и новейшие разработки в области голографии, компьютерного моделирования и нейрохирургии. Объёмная визуализация в настоящий момент имеет достаточно широкий спектр применения: промышленное и архитектурно-строительное проектирование, виртуальное макетирование трёхмерных объектов и процессов,

тренажёростроение, отображение информации и изображения в научных исследованиях и медицине, в индустрии развлечений, в массмедиа и т. д.

Работами по созданию устройств и технологий воспроизведения объёмного изображения занимаются как научные лаборатории и крупные корпорации, так и небольшие творческие коллективы. В исследования вовлечены материальные и интеллектуальные ресурсы. В результате этого за последние 15–20 лет создано много действующих устройств и систем, основанных на различных физических и технологических принципах. В некоторых случаях используются и развиваются уже известные технические решения, выполненные на современной базе и дополненные новыми технологиями. В других случаях предлагаются совершенно новые оригинальные идеи и создаются уникальные разработки. Часть разработок доведена до стадии серийного производства, многие работы находятся на стадии экспериментальных образцов или лабораторных стендов и моделей.

В силу быстрого и несогласованного развития направления и большого количества различных используемых технологий на данный момент не сложилось общепринятой классификации, а также отсутствует и общепринятая терминология. Это в значительной мере усложняет процесс обмена технической информацией и правильного её восприятия и интерпретации даже в кругу специалистов, не говоря уже о научно-популярной литературе и источниках массмедиа информации. В данной статье рассматриваются современные системы демонстрации объёмных движущихся изображений и проводится их классификация в соответствии со способом создания объёмного изображения и применяемыми технологиями. Более подробно будут рассматриваться совсем новые и малоизвестные технологии, а классические, хорошо известные и массово применяющиеся разновидности (например, стереоскопическое кино, автостереоскопические и параллакс-панорамограммные системы и т.п.) подробно описываться не будут.

Восприятие объёмного изображения

Способность воспринимать окружающий нас мир объёмным не является врождённой. Эта способность вырабатывается для успешного и безопасного существования и взаимодействия с окружающей средой. С момента рождения формируется механизм восприятия объёмного изображения, в дальнейшем происходит его обучение и адаптация в соответствии с имеющимися физическими, физиологическими и психическими возможностями с целью более точного воспроизведения образа реального мира.

Глаза человека регистрируют на сетчатках два плоских изображения, и, фактически, окружающий мир глазами мы «видим» плоским. Объёмный образ синтезируется головным мозгом в результате анализа и обработки полученной информации от зрительной системы с помощью психофизических алгоритмов, выработанных на

основе перцептивного опыта и учитывающих множество различных факторов. Возможности мозга по созданию объёмной виртуальной модели внешнего мира позволяют успешно выполнять эту задачу даже совсем без внешней информации от зрительной системы, примером чему служат наши сны. Ведутся многочисленные исследования механизмов зрительного восприятия, однако эта работа ещё далека от завершения [1]. Тем не менее, несмотря на всю сложность вопроса, можно выделить основные факторы, определяющие восприятие объёмного изображения и влияющие на формирование его мысленного образа:

- бинокулярный параллакс, позволяющий по различию между изображениями на сетчатках левого и правого глаз реконструировать взаимное расположение предметов наблюдаемой сцены по глубине;
- физиологический фактор, позволяющий по напряжению мышц глазодвигательной системы, управляющих фокусировкой (аккомодация) и взаимным углом поворота глаз (конвергенция), получать информацию об удалённости предмета;
- статические монокулярные факторы пространственного зрения (перспективные искажения, взаимное перекрытие объектов, угловые размеры известных наблюдателю объектов, светотени и т.д.);
- динамический (или временной) параллакс, возникающий при движении наблюдаемых объектов и/или наблюдателя;
- субъективный фактор предшествующего перцептивного опыта и натренированности наблюдателя;
- индивидуальные физиологические особенности и свойства наблюдателя, включающие возможности зрительного аппарата, персональные анатомические особенности структуры, строения и функционирования головного мозга и его «вычислительные» способности.

Все эти факторы определённым образом связаны между собой. Эта связь определяется естественными физическими и геометрическими законами, а также психофизическими алгоритмами нашего восприятия. Поэтому демонстрация объёмных изображений и их создание должно осуществляться с обязательным учётом этих факторов и их возможных взаимосвязей.

При восприятии объёмного изображения реального мира можно составить следующую причинно-следственную последовательность, ведущую к формированию в нашем сознании объёмного образа окружающего мира:

1) объекты реального мира отражают (и/или рассеивают, излучают) падающее на них световое излучение в видимом оптическом диапазоне;



2) отражённое (переотражённое, излучённое, трансформированное в случае светопропускания) объектами световое излучение распространяется во все стороны и образует пространственное волновое световое

поле, которое характеризуется целым рядом физических параметров (амплитуда, фаза, спектральный состав, поляризация, изменение во времени);



3) часть светового поля, достигая наших глаз, фиксируется в виде двух диспаратных изображений. Одновременно с этим от мышц глазодвигательной системы формируются дополнительные данные о фокусировке и направлении взгляда (аккомодация и конвергенция). Кроме этого, человек не является пассивным наблюдателем – глаза осуществляют саккадические движения (с помощью саккад происходит изменение точки фиксации взора, благодаря чему осуществляется рассматривание зрительного объекта), а некоторые смещения положения головы позволяют дополнительно оглядывать объект наблюдения;



4) предварительная обработка и кодировка нейронами сетчатки и передача по зрительному нерву в отделы головного мозга информации с изображением и дополнительной сопутствующей информации от глазных мышц;



5) анализ полученной информации и построение осознаваемого мысленного объёмного образа наблюдаемого реального объекта (сцены) на основе: внешней объективной зрительной информации, психофизиологических механизмов восприятия, субъективного индивидуального предшествующего перцептивного опыта человека.

Мы не имеем возможности воспринимать реальные объекты окружающего нас мира непосредственно, мы видим не сами объекты, а только отражённое (и/или излучённое) этими объектами световое излучение. Можно сказать, что на практике мы видим не реальный мир, а только его световой слепок, на основании которого наш мозг должен реконструировать и воссоздать мысленную модель реального мира. Этот факт можно использовать для создания и демонстрации объёмных изображений, имитирующих или создающих иллюзию реальных объектов.

Виды и способы создания объёмного изображения

В предыдущем разделе приведена причинно-следственная последовательность от реального объекта до формирования в нашем сознании его объёмного виртуального образа. На каждом этапе этой цепи сигнал от реального объекта можно подменить искусственно созданным изображением.

Таким образом, в соответствии с физическими принципами и способами воздействия на зрителя на каждом из этапов, мы можем провести классификацию видов создания объёмного изображения.

Первым звеном цепочки является реальный объёмный объект, который можем заменить либо проекцией его изображения, либо его объёмной имитацией.

Вторым звеном причинно-следственной последовательности является отражённое реальным объектом световое поле, которое можно заменить волновым полем голограммы реального объекта.

Третьим звеном цепочки является пара диспаратных изображений реального объекта на сетчатке глаз. Созданное искусственно стереоскопическое изображение даст такой же эффект.

Четвёртым элементом нашей цепочки является электрический сигнал от нейронов сетчатки в головной мозг, для имитации этого сигнала нужно физически подключиться к нейронам сетчатки или нейронам головного мозга и сгенерировать необходимый информационный сигнал.

На пятом этапе происходит построение мысленного, объёмного образа реального объекта. Для имитации этого процесса нужно комплексное воздействие на головной мозг.

В результате такого подхода к классификации получился следующий перечень видов (по причине существенных различий двух возможных способов формирования изображения: на первом этапе, они разделены на два разных раздела и способ, когда для «плоского» изображения создаётся иллюзия его объёмности, выделен в самостоятельный раздел «*Псевдообъёмные*»):

- 1) *Псевдообъёмные*
- 2) *Объёмные изображения с воксельной структурой*
- 3) *Голографические*
- 4) *Стереоскопические*
- 5) *Подключение к нервной системе*
- 6) *Воздействие на структуры мозга модулированным излучением.*

Для создания дополнительного эффекта объёмности в некоторых разработках возможно применение следующих технологий: трекинг (автоматическое определение положения наблюдателя и его перемещений с последующим пересчётом и изменением наблюдаемого положения и ракурса изображения); интерактивность изображения и возможность его взаимодействия с наблюдателем; движение объекта наблюдения с изменением параллакса (динамический параллакс); использование различных оптических иллюзий.

1. Псевдообъёмные

К псевдообъёмным относятся способы воспроизведения плоского изображения, в которых создаётся дополнительный эффект объёмности и ощущение пространственности изображения усиливается с помощью специально подготовленного или обработанного демонстрируемого контента и необычного экрана. При этом зритель наблюдает именно *плоское изображение*, и оба глаза одновременно видят *один и тот же ракурс*. Это достаточно широкий и разнообразный вид, включающий целый спектр различных технологий и методов демон-

страции, использующих психофизические особенности и возможности нашего восприятия для создания иллюзии объёмности, основанных на следующих психологических факторах и технических приёмах:

- статические монокулярные факторы пространственного зрения;
- динамический (временной) параллакс;
- размещение плоских изображений с помощью прозрачных, или скрытых экранов в реальном физическом пространстве с реальными объёмными предметами (элементами сценического пространства или интерьера), за счёт чего мы воспринимаем их тоже как объёмные;
- проекция на рельефные или динамические виды экранов;
- системы слежения (трекинг) за перемещением наблюдателя с соответствующим изменением ракурса наблюдаемого им (плоского) изображения, что даёт возможность «оглядывать» изображение;
- динамическое изменение ракурса наблюдаемого плоского изображения в соответствии с изменением точки наблюдения зрителя при автоматическом контроле (трекинге) взаимного расположения глаз наблюдателя и наблюдаемого изображения, что даёт возможность «оглядывать» изображение;
- использование объёмной структуры экранов, на которые выводится несколько «плоских» ракурсов изображения.

Эффект «объёмности» изображения усиливается при одновременном использовании комбинации нескольких факторов. Значительное дополнительное усиление эффекта возникает при возможности интерактивного взаимодействия с наблюдаемым изображением.

1.1. Плоское изображение на прозрачном или необычном рельефном экране

Наиболее простым способом создания иллюзии объёмности является демонстрация изображения на прозрачном экране. Для этого подходит не всякое изображение, оно должно быть специально подготовлено и ориентировано на максимальное использование механизмов монокулярных факторов пространственного зрения и динамического параллакса. Также в изображении не должно быть сплошного светлого фона, чтобы создавалось ощущение «висящего в воздухе» изображения. Для такого вида изображения применяют проекцию на полупрозрачные сетчатые материалы (рис. 1) или специальные высокотехнологичные прозрачные плёночные экраны, которые обладают способностью рассеивать только те лучи, которые проецируются проектором на поверхность плёнки под определённым фиксированным углом, оставаясь полностью прозрачными для световых пучков со всех остальных направлений (рис. 2); для этих же целей могут использоваться и фронтально подсвечиваемые прозрачные жидкокристаллические видеопанели [2; 3].



Рис. 1. Проекция на прозрачную сетку Peroni в театральной постановке (театр Regio di Parma, «Осуждение Фауста»)
Fig. 1. Projections on transparent mesh Peroni in theatrical performance (theatre Regio di Parma, «The damnation of Faust»)



Рис. 2. Проекция на прозрачную голографическую плёнку производства Shenzhen SMX Display Technology Co., Ltd
Fig. 2. Projection on transparent holographic film production Shenzhen SMX Display Technology Co., Ltd

Дополнительную рельефность и пластичность изображению придают экраны, образованные струями воды или дыма за счёт динамики и нестабильности шевелящихся струй. Водяные экраны создаются сплошным потоком тонких водяных струй, выходящих под давлением через отверстия, изображение на воду проецируется «на просвет» (рис. 3). Достоинством водяных экранов является возможность использования для их устройства естественных водоёмов, большой диапазон размеров и форм экранных поверхностей, включая криволинейные и полусферические [4]. При использовании внутри помещений существуют похожие «сухие» туманные экраны (fog screen). Туманные экраны создаются ламинарными потоками воздуха, внутрь которого вво-



Рис. 3. Проекция на водяной экран 15 м высотой и 40 м шириной в световом шоу «Odaiba water illumination» на набережной Токио в 2010 году
Fig. 3. The show «Odaiba water illumination» is projected on to a huge water screen, 15 m high and 40 meters across, created by a fountain set along Tokyo beach in 2010

дятся частички тумана или дыма. На сформированный таким образом экран проецируется изображение с любой из сторон. Экран плоский и тонкий, его прозрачность может регулироваться [5; 6; 7]. Поток дыма или тумана в разных моделях может подаваться как сверху вниз (рис. 4), так и наоборот. В некоторых системах изображение полностью проницаемо для физических объектов и оснащено встроенной системой мультитач [8], позволяющей управлять изображением в воздухе руками с помощью жестов без использования специальных маркеров и иных приспособлений (рис. 5).



Рис. 4. Туманный экран FogScreen® финской фирмы Fogio Inc.
Fig. 4. Fog screen of the Finnish company Fogio Inc.



Рис. 5. Интерактивный дисплей российской разработки Displair с туманным экраном

Fig. 5. Russian design of interactive display Displair with a fog screen



изображение в пространстве за ним, и таким образом экран для зрителя «растворяется», а изображение «парит» в воздухе. В случае применения технологии «скрытого» экрана, возможно физически помещать реальные объекты в пространство изображения, совместив, таким образом, вместе реальные и проецируемые объекты. Такие установки часто становятся причиной появления в прессе сенсационных заявлений о создании голографических подвижных изображений, хотя к голографии это не имеет никакого отношения, а демонстрируемые изображения совершенно обычные и плоские.

Технология скрытого экрана начала применяться ещё в 19 веке и получила по имени английского профессора Джона Генри Пеппера, успешно применявшего её в театре для создания изображений призраков, название Pepper's Ghost. В 20 веке не была забыта и применялась, в частности, в США и СССР, а с появлением мощных и компактных проекторов в конце 20 века снова стала популярна.

Английская фирма Musion® Systems Ltd запатентовала своё техническое решение [9; 10] с применением видеопроектора и производит оборудование для использования на концертных площадках (рис. 6). Применение этой технологии позволяет «появляться на сцене» анимационным персонажам, ведущий может общаться со своим клоном, реальные люди могут взаимодействовать с виртуальными, а предметы и декорации могут появляться и исчезать (рис. 7).

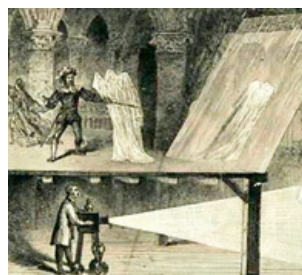


Рис. 6. Сценическая установка 19 века и современный вариант фирмы Musion® Systems Ltd

Fig. 6. The scenic setting of the 19th century and the modern version created by the company's Musion® Systems Ltd

Существенным недостатком водяных и туманных экранов является не очень хорошая резкость изображения и плохая устойчивость к внешним воздушным потокам и ветру.

1.2. Плоское изображение на «скрытом» экране

Большое распространение получили системы с незаметным «скрытым» экраном. Экран с изображением (проекционный или самоизлучающий) монтируется скрыто от зрителя вне поля зрения. Под углом к нему устанавливается прозрачный экран из специального материала, зеркально отражающий в сторону зрителя изображение от обычного экрана. При таком способе демонстрации зритель видит отражённое прозрачным экраном

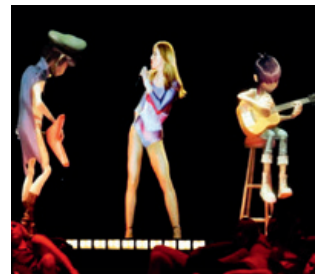


Рис. 7. Примеры применения «скрытого» экрана Musion® и интерактивного взаимодействия человека и проекционного образа на сцене

Fig. 7. Examples of application of the “hidden” screen Musion® and interactive communication of a human and projected image on the stage

В исследовательской лаборатории Microsoft в Кембридже (Великобритания) разработано устройство Holodesk [11]. По сути, это интерактивный «скрытый» экран. Holodesk состоит из дисплея с наклонно установленным под ним полупрозрачным зеркалом, отражающим изображение в сторону наблюдателя, рабочего пространства под зеркалом и чёрного фона за ним. Для обеспечения интерактивного режима установлена камера Kinect, снимающая руки или любые иные реальные предметы, помещаемые в рабочую зону. Позади полупрозрачного зеркала размещена веб-камера, которая постоянно отслеживает положение головы и глаз пользователя, а специальное программное обеспечение управляет положением виртуальных объектов, корректирует их положение и углы таким образом, что пользователь постоянно может видеть качественное неискажённое изображение. В режиме реального времени система строит 3D компьютерную модель всех реальных объектов, находящихся в рабочей зоне, находит границы их поверхностей и аккуратно совмещает с моделями виртуальных предметов, с учётом условия запрета на взаимное проникновение предметов друг в друга и с соблюдением законов физики.

Таким образом, устройство позволяет осуществлять реалистичные взаимодействия с виртуальными объектами, непосредственно касаясь их руками, а также воздействуя на них другими реальными объектами. К примеру, можно передвигать виртуальные объекты, жонглировать нарисованными шариками, положить виртуальный шарик на реальную книгу и заставить его скатиться и т.д. (рис. 8). Изображение в данном устройстве плоское, эффект объёма обеспечивается монокулярными факторами и системой динамического контроля за положением глаз, позволяющей непрерывно отрисовывать все элементы изображения с нужных правильных ракурсов. На рис. 8 показана система Holodesk, которая является экспериментальным прототипом, и пока не планируется его тиражирование.

1.3. Несколько ракурсов на объёмной системе экранов

В 2006 году датский изобретатель Петер Симонсен продемонстрировал видеосистему «Cheoptics 360» в виде большой перевернутой пирамиды с четырьмя гранями,



Рис. 8. Система Holodesk
Fig. 8. The Holodesk system

изготовленную из прозрачного материала (рис. 9). В системе использован принцип скрытого экрана. Внизу под гранями пирамиды горизонтально установлены 4 экрана, которые не видны зрителям. Изображения этих экранов отражаются гранями и воспроизводят движущийся объект, снятый с 4 сторон. В результате зрители могут наблюдать изображение, висящее в воздухе внутри пирамиды. В поле зрения наблюдателя не попадают две грани пирамиды сразу, и два глаза одновременно видят один и тот же ракурс, поэтому нельзя увидеть стереоскопическое изображение. Однако пирамиду можно обходить вокруг и видеть смену ракурса изображения, что в сочетании с динамическим параллаксом и локализацией изображения в пустом пространстве выглядит очень эффектно [12, 13].



Рис. 9. Примеры системы «голографическая пирамида»
Fig. 9. Examples of application of the system «Holographic pyramid»

Различные устройства, построенные по такому принципу, получили общее название – «голографическая пирамида», хотя, конечно, они не имеют ничего общего с голографией или с объёмным изображением. Однако эффективность изображения и относительная простота изготовления стали причиной появления огромного количества вариаций различных конструкций, как по размеру, так и назначению (рис. 10). Самые большие (около 10 метров) применяются на выставках, а самые маленькие предназначены как дополнение к индивидуальным смартфонам и планшетам.

1.4. Интерактивные системы с отслеживанием положения наблюдателя и динамическим изменением ракурса наблюдаемого плоского изображения

Дополнительных возможностей по созданию иллюзии объёмности объекта можно добиться с помощью при-

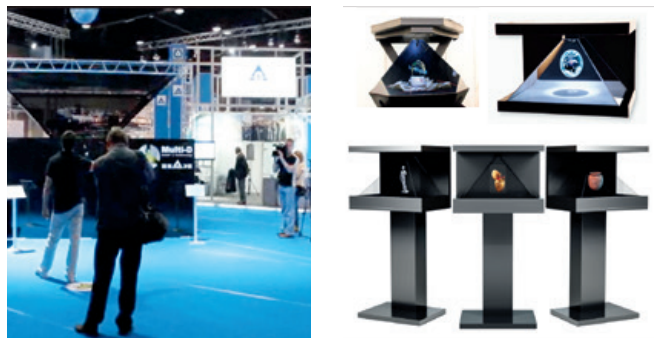


Рис. 10. Разные виды «голографических пирамид»
Fig. 10. Different types of «holographic pyramids»

менения законов геометрии и перспективы. Этот приём известен в изобразительном искусстве с 16 века как перспективная анаморфоза и является иллюзией с фиксированной точкой обзора. В перспективной (оптической) разновидности анаморфозы используется искажение перспективы изображения, а его восстановление возможно только при рассматривании под определённым углом или с определённой точки. Начиная с 90-ых годов прошлого века, наиболее известным направлением является 3D Street Art [14; 15]. Технология изображения в этом художественном направлении предполагает нанесение с использованием специальной техники геометрического искажения рисунков на дороги, тротуары и другие поверхности. Благодаря особенностям при-

наблюдения. Современные электронные технологии делают такой подход вполне реализуемым.

В канадском университете Британской Колумбии (University of British Columbia/НСТ Lab) в лаборатории технологий коммуникации разработано устройство и создан прототип переносного дисплея rCubee, относящийся к приборам класса «виртуальной реальности в аквариуме» (Fish Tank Virtual Reality – FTVR) [16]. Это не первое устройство такого рода, но, пожалуй, наиболее интересное и совершенное на текущий момент. Устройство представляет собой небольшого размера куб, на поверхности граней которого размещены 5 плоских ЖК видеопанелей (шестая грань куба является подставкой и на ней видеозеркало не предусмотрено). Куб подключён

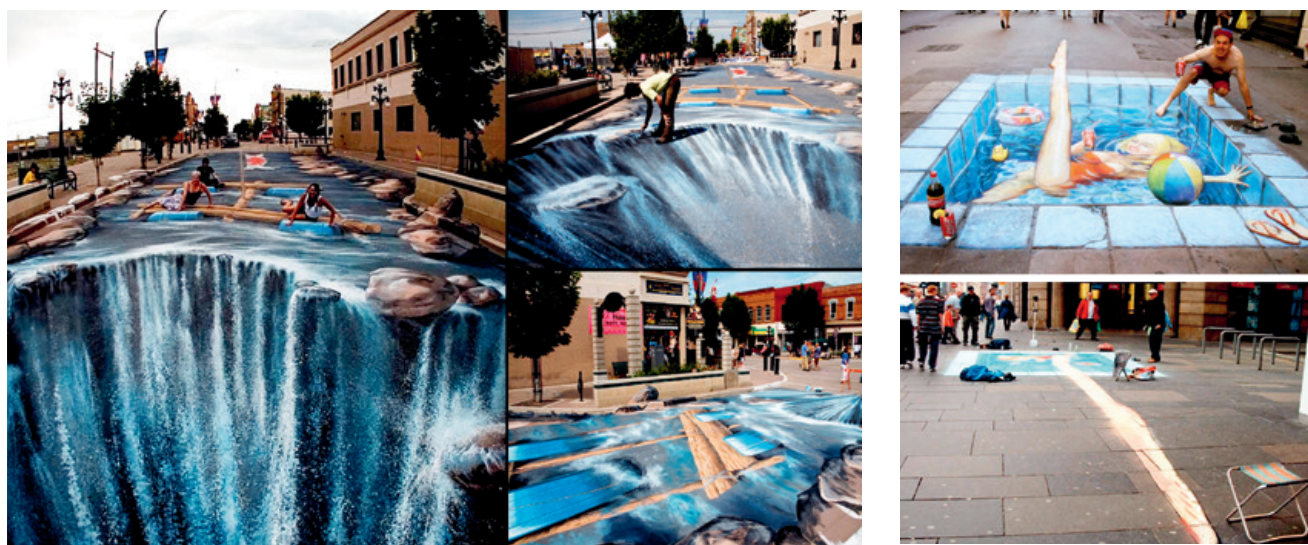


Рис. 11. Работы в жанре 3D Street Art британского художника Джулиана Бивера «Бассейн» и водопад немецкого художника Эдгара Мюллера, изображения даны как с правильной точки наблюдения, так и с «неправильного» угла

Fig. 11. Works of the British artist Julian Beever “Swimming Pool” and waterfall of the German artist Edgar Mueller in a genre 3D Street Art, images are given both from a correct view point and from a “wrong” corner

меняемой техники нанесения изображения, картины, рассматриваемые под определённым углом, кажутся объёмными и реалистичными. Со всех остальных точек зрения изображения выглядят сильно гипертрофированными или превращаются в малопонятный набор линий и пятен (рис. 11). Рисунки, выполненные по этой технологии, можно наносить на любые поверхности и даже совмещать с реальными объёмными объектами, в том числе и архитектурными (рис. 12). Основным недостатком такого рода изображений является возможность их полноценного наблюдения только с одной точки, но этот недостаток можно преодолеть, если иметь возможность отслеживать положение наблюдателя относительно изображения, и всякий раз при его перемещении перерисовывать изображение в соответствии с новой точкой

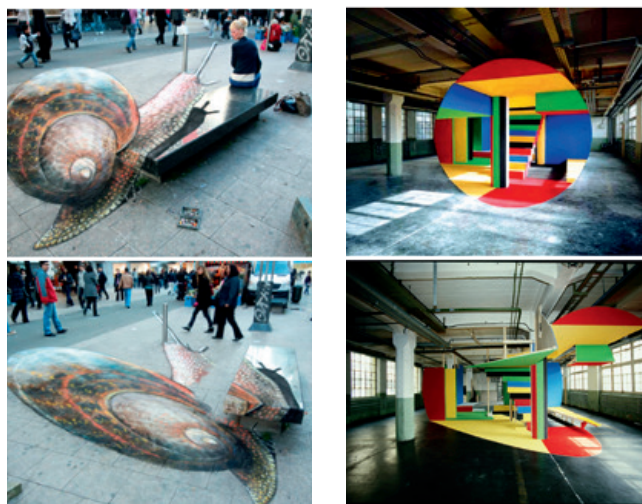


Рис. 12. Работа художника Джулиана Бивера, в которой плоское изображение рисунка улитки искусно совмещено с реальной объёмной скамейкой, и работа французского художника Жоржа Руссе в объёмном пространстве

Fig. 12. The work of the artist Julian Beever, which is a flat drawing of a snail skillfully combined with real volumetric bench and the work of French artist Georges Rouse in volumetric space

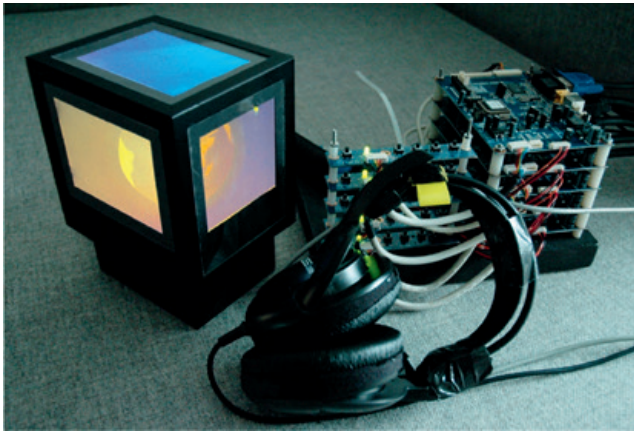
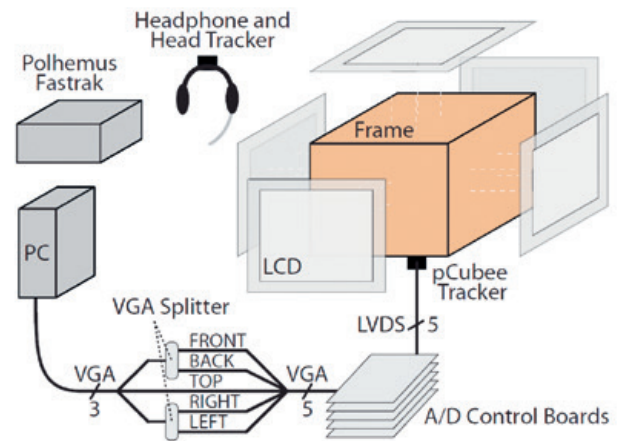


Рис. 13. Состав и схема комплекса pCubee

Fig. 13. The composition and the scheme of pCubee complex



к устройству высокоточного трекинга по шести степеням свободы Polhemus Fastrak, выполняющему одновременный контроль за положением куба и головы пользователя в специальных наушниках с трекером в реальном режиме времени, и компьютеру, генерирующему изображения для пяти видеопанелей куба (рис. 13). Компьютер на основании данных трекера определяет направление взгляда пользователя на видеозэкраны граней куба, по специальному алгоритму рассчитывает положение виртуального объекта внутри пространства куба и, учитывая ракурс наблюдения, строит изображения (проекцию) этого объекта на экранах с соответствующими оптическими искажениями, создавая тем самым иллюзию объёмности пространства и объектов внутри куба (рис. 14). Пользователь может наблюдать изображение внутри куба как бы сквозь окна видеозэкранов, и на каждом из них перспектива изображения сформирована таким образом, что пользователь будет видеть полноценное пространственное изображение. Специальная компьютерная программа постоянно отслеживает положение головы и мгновенно-

но изменяет на всех пяти экранах ракурс изображения, обеспечивая его корректность и соответствие углу наблюдения. Куб предполагает возможность оглядывания изображения с разных сторон, взаимодействие с виртуальными объектами внутри куба методом механического перемещения корпуса устройства, а также на объекты можно воздействовать специальным стилусом. Специальная программа выполняет весь комплекс необходимых вычислений и обеспечивает возможность взаимодействия виртуальных объектов между собой и с пользователем в созданном трёхмерном мире внутри куба. Например можно, наклоняя кубик в разные стороны, катать виртуальный шарик по лабиринту или играть им с помощью стилуса. Фигурки виртуальных коров будут смещаться при наклоне куба, или даже падать при сильном наклоне или резком движении и т.д. в соответствии с заложенным сценарием и набором установленных и действующих в виртуальном пространстве физических законов (рис. 15). В устройстве демонстрируются только плоские не стереоскопические изображения, однако создаётся ка-

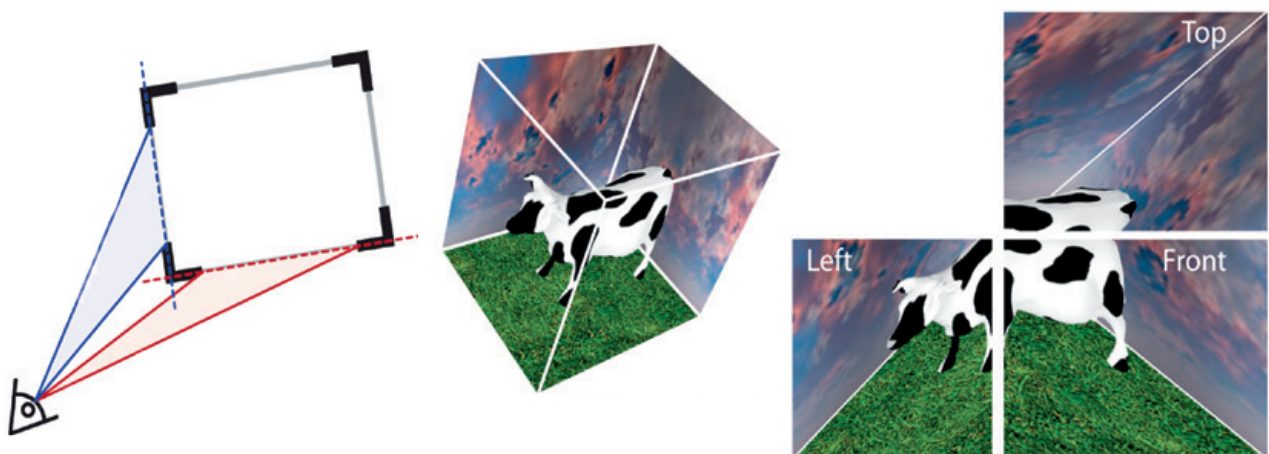


Рис. 14. Изображение куба со стороны наблюдателя и развёртка верхнего, переднего и левого изображений виртуального объекта с внесёнными геометрическими искажениями в соответствии с ракурсом наблюдения

Fig. 14. Image of the pCubee from the observer's side and the top, front and left projections of the virtual object with geometrical distortions added in accordance to the observer's perspective



Рис. 15. Примеры и способы работы pCubee: а) перекачивание шарика по лабиринту; б) динамичное взаимодействие с моделями коров при механическом встряхивании куба; в) направленное воздействие 3D стилусом

Fig. 15. Examples and methods of pCubee functioning: a) a ball rolling through the maze; б) dynamic interaction with models of cows by mechanical shaking of the cube; в) action directed by the 3D stylus

чественная иллюзия объёмности изображения внутри куба совокупности монокулярных факторов пространственного зрения, динамического параллакса и эффекта динамически подстраиваемой (на основе трекинга положения наблюдателя) анаморфозы изображения. К существенным недостаткам данного устройства следует отнести возможность его использования только одним пользователем и ограничение по размеру.

Устройства, создающие псевдообъёмные изображения, имеют большое количество разновидностей и получили широкое и разнообразное применение. Это определяется как относительной простотой технической реализации, так и высокой степенью зрелищности при правильном их использовании. Однако, иллюзия объёмности изображения достигается исключительно за счёт эксплуатации психофизических способностей нашего восприятия и способности мозга к построению пространственной картины на основе вторичных факторов и остаётся лишь иллюзией – возможности тако-

го вида изображений ограничены. Получаемое нашим восприятием псевдообъёмное изображение является искусственно созданным, и если при этом были нарушены определённые закономерности, обеспечивающие его соответствие реальному объёмному аналогу по основным физическим и геометрическим параметрам (что вполне вероятно, например, при компьютерном построении виртуальных объектов), то может возникнуть когнитивный диссонанс, в случае поступления противоречивой информации от других механизмов, отвечающих за пространственное зрение и восприятие (например, отсутствие бинокулярного параллакса или несоответствие сигналов от глазодвигательной системы), этот диссонанс будет дополнительно усиливаться. Получаемое нашим восприятием псевдообъёмное изображение является искусственно созданным, и если при этом были нарушены определённые закономерности, обеспечивающие его соответствие реальному объёмному аналогу по основным физическим и геометрическим

параметрам (что вполне вероятно, например, при компьютерном построении виртуальных объектов), то может возникнуть когнитивный диссонанс. Эти факторы могут влиять на комфорт восприятия, утомляемость, а,

возможно, и на здоровье зрителя, что необходимо учитывать при построении и применении устройств, основанных на оптических иллюзиях.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие. СПб.: Питер, 2003. 928 с.
2. Peroni S.p.A. [Электронный ресурс]. URL: https://www.peroni.com/lang_UR/scheda.php?id=52906. (дата обращения: 10.12.2016).
3. Shenzhen SMX Display Technology Co., Ltd. [Электронный ресурс]. URL: <http://russian.hologram3ddisplay.com/quality-3849644-transparent-holographic-rear-projection-film-on-glass-3d-holographic-film>. (дата обращения: 10.12.2016).
4. Sugihara Y., Tachi S. Water Dome – An Augmented Environment. Proc. of the Information Visualization Conference, London, July 2000, pp. 548–553. DOI: 10.1109/IV.2000.859811.
5. DiVerdi S., Rakkolainen I., H Ilerer T., Olwal A. A Novel Walk-through 3D Display. Proceedings of SPIE 2006 Electronic Imaging, Vol. 6055 (Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIII), San Jose, CA, January 15–18, 2006, pp. 428–437.
6. FogScreen Inc. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fogscreen.com>. <http://ukfogscreen.com/gallery/> (дата обращения: 10.12.2016)
7. Palovuori K., Rakkolainen I., FogScreen. U.S. patent 6, 819, 487 B2. November 16, 2004.
8. Романцов В. Русский гаджет: Максим Каманин. // Бизнес-журнал. 2012. №2 (191). URL: <https://web.archive.org/web/20120622002450/http://www.business-magazine.ru/ideas/tech/pub342855> (дата обращения: 10.12.2016).
9. Musion Das Hologram Ltd. [Электронный ресурс]. URL: <http://musion.com/> (дата обращения: 10.12.2016)
10. Uwe Maass, Device for displaying moving images in the background of a stage. U.S. patent5865519 (A). 1999-02-02
11. Hilliges O., Kim D., Izadi S., Weiss M., Wilson A. HoloDesk: Direct 3D interactions with a situated see-through display; Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; Austin, TX, USA. 5–10 May 2012; pp. 2421–2430. DOI:10.1145/2207676.2208405 .
12. CPP Studios GmbH. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vizoo.com/flash/> (дата обращения: 10.12.2016)
13. Болотов К. Объемные призраки в пирамиде видны со всех сторон. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.membrana.ru/particle/1829> (дата обращения: 10.12.2016)
14. Julian Beever. [Электронный ресурс]. URL: http://www.julianbeever.net/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=1. (дата обращения: 10.12.2016)
15. Edgar Mueller. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metanamorph.com/index.php?site=projects> (дата обращения: 10.12.2016)
16. Stavness I., Lam B., Fels S. pCube: A Perspective-Corrected Handheld Cubic Display, CHI '10 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1381–1390. DOI:10.1145/1753326.1753535.

REFERENCES

1. Schiffman H.R. Sensation and Perception. An Integrated Approach. John Wiley and Sons, Inc., 2001 (Russian translation).
2. Peroni S.p.A., https://www.peroni.com/lang_UR/scheda.php?id=52906. (10.12.2016).
3. Shenzhen SMX Display Technology Co., Ltd., <http://russian.hologram3ddisplay.com/quality-3849644-transparent-holographic-rear-projection-film-on-glass-3d-holographic-film>. (10.12.2016).
4. Sugihara Y. and Tachi S. Water Dome – An Augmented Environment. Proc. of the Information Visualization Conference, London, July 2000, pp. 548–553. DOI: 10.1109/IV.2000.859811.
5. DiVerdi S., Rakkolainen I., H Ilerer T., Olwal A. A Novel Walk-through 3D Display. Proceedings of SPIE 2006 Electronic Imaging, Vol. 6055 (Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XIII), San Jose, CA, January 15–18, 2006, pp. 428–437.
6. FogScreen Inc., <http://www.fogscreen.com>. <http://ukfogscreen.com/gallery/>. (10.12.2016)
7. Palovuori K., Rakkolainen I., FogScreen. U.S. patent 6, 819, 487 B2. November 16, 2004.
8. Romantsov V. The Russkiy gadget: Maxim Kamanin. Business-magazine. Archived from the original on 2012-06-22., <https://web.archive.org/web/20120622002450/http://www.business-magazine.ru/ideas/tech/pub342855>. (10.12.2016)
9. Musion Das Hologram Ltd., <http://musion.com/>. (10.12.2016)
10. Uwe Maass, Device for displaying moving images in the background of a stage. U.S. patent5865519 (A). 1999-02-02
11. Hilliges O., Kim D., Izadi S., Weiss M., Wilson A. HoloDesk: Direct 3D interactions with a situated see-through display; Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; Austin, TX, USA. 5–10 May 2012; pp. 2421–2430. DOI:10.1145/2207676.2208405 .
12. CPP Studios GmbH. <http://www.vizoo.com/flash/>. (10.12.2016)
13. Bolotov K. <http://www.membrana.ru/particle/1829>. (10.12.2016)
14. Julian Beever. http://www.julianbeever.net/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=1. (10.12.2016)
15. Edgar Mueller. <http://www.metanamorph.com/index.php?site=projects>. (10.12.2016)
16. Stavness I., Lam B., Fels S. pCube: A Perspective-Corrected Handheld Cubic Display, CHI '10 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1381–1390. DOI:10.1145/1753326.1753535.



ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ кинооператора Игоря Гринякина в картине «ВИКИНГ»



М. Онипенко, onimix@mail.ru, кандидат искусствоведения, кинооператор, член СК, ВГИК им. С.А. Герасимова, РФ

Аннотация

Статья посвящена работе кинооператора Игоря Гринякина при создании фильма «Викинг».

Ключевые слова: компьютерная графика, художественный кинематограф, фильм «Викинг», технология киносъёмки.

FINE SOLUTION OF CAMERAMAN IGOR GRINYAKIN IN THE MOVIE "VIKING"

M. Onipenko, onimix@mail.ru, cameraman, VGIK, Russia

Abstract

The article is devoted to the work of cameraman Igor Grinyakin when creating the film "Viking".

Keywords: computer graphics, artistic cinema, film "Viking", technology of shooting.



Творческая встреча в Союзе кинематографистов России 1.02.2017. Фотография Н. Семёнова



Кинооператор И. Гринякин (фото Александра Попова)

■ В Гильдии кинооператоров Союза кинематографистов России возрождается замечательная традиция творческих встреч с операторами, когда собираются друзья и коллеги, чтобы поговорить об изобразительном решении фильма.

После показа картины «Викинг» (режиссёр Андрей Кравчук) в Доме Кино на Васильевской улице в Москве состоялась интересная встреча с оператором фильма

Игорем Гринякиным («Адмирал», «Территория», «Высоцкий. Спасибо, что живой»), который подробно рассказал о своих творческих поисках и их технической реализации в этом фильме. За одним столом собрались известные отечественные кинооператоры: В. Климов, С. Мачильский, Ю. Невский, А. Антипенко и др., а также начинающие операторы и студенты творческих ВУЗов. Встречу вёл президент гильдии кинооператоров И. Клебанов.

В начале беседы И. Гринякин рассказал, что основной съёмочный период составил 92 смены, как это и планировалось. Снять в такие сроки масштабную постановку удалось благодаря грамотной подготовке, когда почти вся группа была прикреплена к картине за полгода. А авторы сценария А. Рубанов и В. Смирнов, режиссёр А. Кравчук, продюсеры А. Максимов и К. Эрнст, а также художник С. Алибеков, который делал творческие концепты, – все они готовились к картине на протяжении практически семи лет.

Для российского кинематографа это крупнейший проект по истории Древней Руси за последние несколько десятилетий. В его создании был задействован большой коллектив художников под руководством С. Агина, в который входили: С. Алибеков, О. Колодько, А. Ковалёв, Т. Шагиахмедов и др. За время подготовки были нарисованы подробные эскизы декораций, а к наиболее сложным объектам, таким как княжеский двор в Киеве, рыбацкая деревня около Киева, фрагмент города Корсунь с собором и др., были сделаны хорошо проработанные макеты.

Для удобства работы и большей технологичности съёмки, все сцены были раскадрованы, а наиболее масштабные эпизоды с применением большой

массовки, каскадёрских трюков и пиротехники, были заранее визуализированы при помощи компьютерной графики.

Несмотря на основательную подготовку, авторы фильма были сильно ограничены по времени съёмок, особенно при постановке массовых сцен, поскольку из двенадцатичасовой смены большая часть времени уходила на одевание массовки, грим, каскадёрские и пиротехнические приготовления, а на сами съёмки оставалось всего три-четыре часа. Поэтому у режиссёра и оператора практически не было возможности делать дубли и что-то сильно переделывать по ходу съёмки.

У И. Гринякина была большая операторская смета, которая позволяла ему заказывать практически любую технику и привлекать специалистов высокого уровня. Но, несмотря на большие возможности, оператору всё время приходилось оптимизировать съёмочный процесс в связи с нехваткой съёмочного времени. Полученное при такой гонке качество изображения с большим количеством сложных сцен говорит о прекрасной подготовительной работе и профессионализме создателей фильма.

Картина была снята, в основном, на цифровые камеры Arri Alexa XT и анаморфотную оптику ЛОМО и схожую с ней

Макет княжеского дома из декорационного комплекса города Киев.



ЧСМ

Авторы макета: Л. Смирнова (архитектурная разработка), А. Ковалёв и Т. Шагиахмедов (изготовление)



Панорамный эскиз декорационного комплекса «Город Киев». Автор рисунка А. Ковалёв



Панорамный снимок построенного декорационного комплекса «Город Киев». Фото А. Ковалёва

оптику Hawk. При воздушных съёмках с квадрокоптера применялась более лёгкая камера Red Epic с дискретной оптикой Ultra Prime. Сцены в Италии (в фильме в храме города Корсунь) были сняты на оптику Master Prime. Выбор камеры Alexa XT был связан с тем, что она позволяет эффективно использовать анаморфотные объективы, поскольку оснащена матрицей с соотношением сторон 4:3 (2880 x 2160), что даёт возможность использовать полную площадь сенсора в отличие от камер с матрицей 16:9. Производители камеры Alexa XT указывают, что при работе с анаморфотной оптикой она очень близка к плёночному формату Super 35-мм. А матрица 4:3 идеально подходит для классического широкоэкранного формата CinemaScope, который в зависимости от разновидности системы может давать кадры с соотношением сторон от 2:1 до 2.55:1. Своё желание работать с анаморфотной оптикой оператор объяснил тем, что ему хотелось добиться широкоэкранного изображения, причём сделать это оптическим путём (анаморфированием), а не просто частичным использованием площади сенсора.

Картина снималась многокамерным способом, вплоть до семи камер на одной съёмочной площадке, всего площадок было две (по Голливудскому образцу), на первой снимались актёрские сцены, на второй трюковые с пиротехниками и каскадёрами. Режиссёром на второй площадке был И. Лебедев, оператором М. Жуков. Съёмочные группы работали рядом, что позволяло оптимизировать комплект техники, например, можно было обмениваться объективами или передавать камеры на ту или другую площадку в зависимости от потребности. По словам И. Гринякина, большее количество камер было уже бессмысленно использовать, поскольку в историческом кино практически невозможно снимать на 360 градусов. Хотя относительно недавно был интересный пример, когда режиссёр Ридли Скотт и оператор Джон Мэтисон в масштабной исторической картине «Робин Гуд» (2010) пытались использовать большое количество камер, которые работали практически во все стороны при съёмке сражений. Для этого они маскировали камеры, а участников операторской группы переодевали в исторические костюмы и запускали прямо в кадр.



Установка верхнего света. В белой рубашке в центре оператор-постановщик И. Гринякин, рядом с ним в чёрной майке бригадир осветителей А. Чугреев



Режиссёр-постановщик А. Кравчук с исполнительницей роли Рогнеды А. Бортич

И. Гринякин рассказал, что для усиления динамики в кадре он использовал не совсем обычный способ. Оператор ставил на камеру длиннофокусную оптику, вплоть до 250 мм, хотя обычно для схожих задач применяется широкоугольная оптика. При этом он выстраивал глубинную мизансцену, чтобы в кадре было ощущение насыщенности действия, и всё поле зрения было заполнено движущимися элементами. Благодаря своим оптическим свойствам, длиннофокусная оптика сжимала дистанцию между планами и позволяла получить плотные по действию кадры. Для получения дополнительной динамики Игорь ставил длиннофокусные объективы на приспособления для съёмок в движении (Russian Arm, телескопический кран) или размещал камеру на квадроцикле, моторной лодке и т.д., или снимал с рук. Этот способ оказался достаточно продуктивным, поскольку, помимо динамики на экране, позволил использовать значительно меньшее количество массовки, так как длиннофокусная оптика даже на дальнем плане имеет достаточно узкий угол поля зрения.

Достаточно необычен подход оператора к освещению в интерьерах. Он стремился к тому, чтобы снимать на закрытых диафрагмах (от 11 до 16), для чего вынужден был использовать большое количество света, даже при высокой чувствительности камеры в 800 ISO. И. Гринякин рассказал, что добивался таких диафрагм, во-первых, для проработки фактуры пламени в светах. Чтобы зритель видел на экране более естественный огонь от костров и



факелов, поскольку они были основными источниками света в ту эпоху и часто находились в кадре. В решении этой задачи оператору также помогла камера Arri Alexa XT, которая имеет хороший динамический диапазон в светах. Во-вторых, оператор хотел иметь изображение с большой глубиной резкости, чтобы детально показать качественные декорации и костюмы. Он стремился к тому, чтобы зритель мог по своему желанию рассмотреть практически любой уголок кадра, а не только те фрагменты, где есть небольшая полоска резкости.



Пример использования сразу нескольких рам

При больших диафрагмах в интерьерах оператору требовались очень мощные приборы в качестве основного рисующего света, как правило, это были 18 Квт НМЛ. Например, в сцене изнасилования Рогнеды (С. Бортич) таких приборов было задействовано шесть, и они работали с большой высоты практически вертикально вниз, создавая сильные потоки холодного света.

Работая на больших диафрагмах, оператор терял световые рефлексы от огня, поэтому изображение начинало выглядеть не совсем естественно. Если в помещении ночью горит факел, то он является основным источником освещения, а если извне приходит какой-то более яркий свет, то у зрителя возникает смутное ощущение неправды. Но в данной картине этот световой «обман» сделан достаточно корректно, и большинство зрителей совершенно не замечают его. Понимая эти недостатки, оператор старался максимально компенсировать отблески живого огня при помощи газовых горелок, которые размещались максимально близко к границам кадра. Например, в ночной сцене, где княжна Ирина (С. Ходченкова) читает молитвы над убитым Ярополком (А. Устюгов) и приходит князь Владимир (Д. Козловский). Здесь совмещается холодный свет от луны, который воссоздаётся при помощи верхних НМЛ приборов, с тёплым светом от факелов, который поддерживался газовыми горелками и приборами с лампами накаливания. По словам бригадира осветителей Алексея Чугреева, при освещении подобных ночных сцен, в которых много огня от факелов, на приборы НМЛ ставились различные разновидности фильтра Amber (что в переводе с английского означает

янтарь, янтарный оттенок), чтобы немного уменьшить разницу по цветовой температуре между тёплыми и холодными источниками света.

При подготовке к съёмкам картины режиссёр и оператор мечтали снимать кино практически документальным способом, благо им позволяли это делать прекрасные декорации и костюмы. Авторы мечтали погрузиться в эпоху и практически сопровождать своих героев повсюду при помощи живой ручной камеры. Конечно, для масштабного блокбастера, рассчитанного на массово-



Использование рам в солнечную погоду на просвет для снижения светового контраста

го зрителя, это были несколько утопичные пожелания, поскольку такой проект требует большей зрелищности. Поэтому оператор повсеместно использовал сложную технику, например, телескопический кран с трёхосной стабилизированной головой, который позволял делать очень сложные движения, а режиссёру выстраивать необычные мизансцены. Часто использовался квадрокоптер, который давал возможность увидеть красивые верхние кадры в батальных сценах. Эта сложная техника имеет мало общего с документальной стилистикой, которая в основном базируется на эффекте субъективного восприятия с высоты человеческого роста. Но кое-что от начальных устремлений к документальному подходу осталось. Так, при съёмке дневных сцен на натуре, оператор практически не использовал электрическую подсветку, чтобы не нарушать естественную световую среду. И. Гринякин для придания выразительности портретам и достижения дополнительного объёма на лицах, перераспределял естественные световые потоки от неба при помощи огромных рам с чёрной тканью, площадью до 300 м² (самая большая рама была 40x80 фт = 12x24 м = 288 м²). Рамы собирались из алюминиевого силового профиля из секций длиной по 4 м и вывешивались при помощи подъёмных автокранов. Для дополнительной страховки они растягивались альпинистскими тросами, которые в отличие от стальных тросов, демпфировали резкие порывы ветра и были менее опасными для участников съёмок. В основном, использовались альпинистские тросы диаметром 9 мм, которые для усиления иногда складывались в несколько раз.

Такие значительные усилия были затрачены для того, чтобы добиться в пасмурный день дополнительного объёма в кадре путём обрезания одной части рассеянного света от неба. В ясный день рамы работали на просвет, разбивая резкий свет солнца. Иногда на рамы «натягивался хромакей» для получения материала под компьютерную графику, и они ставились максимально вертикально, насколько позволял ветер.

Картина снималась в Крыму, для которого характерны сильные ветры на открытой местности. По словам бригадира осветителей А. Чугреева, практически каждый день после обеда ветер усиливался до 15 м/с, и ему с С. Борисовым (key grip) приходилось почти для каждой сцены придумывать дополнительные способы крепления и страховки рам. Основная сложность в установке этих конструкций заключалась в следующем: во-первых, нужно было очень точно понимать направление съёмки, чтобы кран или краны и растяжки не попали в кадр. Во-вторых, нужно было знать движение солнца и распределение яркостей неба, в-третьих, нужно было постараться учесть направление ветра и его порывы, чтобы рамы не сорвало. Поэтому работа с рамами требовала большой точности от операторской группы. А. Чугреев сказал, что работать на фильме «Викинг» было интересно, поскольку задачи перед операторской группой ставились амбициозные, И. Гринякин применял много техники и света, природа постоянно подкидывала какие-то сюрпризы. Поэтому практически в каждой новой сцене приходилось придумывать какие-то новые решения.

Иногда для перераспределения яркостей оператор применял чёрный и белый дым, который красиво разбивал солнечный свет, убирал часть заполняющего света от неба и создавал дополнительную световую динамику, которая усиливала сцены боя. Прекрасный тому пример сцена, где Владимир (Д. Козловский) со своей дружиной сталкивает корабли с холма. В этой сцене авторы фильма имитировали эффект дождя, который добавил атмосферы и достоверности за счёт настоящей фактуры воды, грязи, мокрых лиц и одежды и т.д. Для воссоздания дождя использовалось сразу несколько мощных пожарных машин, которые могли нагнетать большое давление и покрывать значительные площади. В дополнение использовались дождевые установки (специальные стойки высотой около шести метров, которые способны распылять значительный объём воды вокруг себя в радиусе нескольких метров). Для усиления достоверности эффекта дождя оператор грамотно использовал возможности белого дыма, который он пускал по фону, чтобы «разбелить» дальний план и, тем самым, создать иллюзию тональной глубины дождя. Сочетание дыма, дождя, солнечного света, пробивающегося через эту среду, с рапидными кадрами боя дало очень живописное изображение.

Финальная цветокоррекция фильма «Викинг» проводилась в компании Colorkitchen колористом А. Меснянкиным. Вся работа была сделана достаточно в

сжатые сроки и, в целом, с основным материалом не было особых проблем. Оператор-постановщик работал совместно с колористом всего 25 часов, что мало для такого фильма, в котором присутствуют масштабные сцены, снимавшиеся по нескольку дней и в разное световое состояние, с динамичным монтажом и большим количеством кадров, да ещё и с разных камер. Основные сложности были с компьютерной графикой, когда некоторые планы приходилось возвращать на дора-



Осветитель А. Челосян доставляет прибор на плоту к месту съёмки

ботку. Это происходило из-за того, что один кадр могли делать несколько человек по частям отдельно друг от друга, и эти части по цвету могли отличаться, либо уже сведённые в один кадр, плохо корректировались по цвету, и т.п. Поэтому кадры с компьютерной графикой приходилось довольно скрупулёзно подгонять под общую цветовую концепцию.

Говоря об изобразительной стороне фильма, Игорь Гринякин не раз подчёркивал, что успех его работы напрямую связан с прекрасным трудом большого коллектива людей: художников, придумавших и построивших декорации; художницы по костюмам Е. Шапкайц, которая разработала и изготовила большое количество аутентичных костюмов; художницы по гриму Т. Вавиловой, которая со своими ассистентами преобразила современных актёров, и, конечно, операторской группы, которая приложила колоссальные усилия по реализации его замыслов.

К самой картине «Викинг» можно относиться по-разному, она вызывает ряд споров, которые, в основном, касаются драматургии, игры актёров и исторической достоверности. Но в большинстве своём критики и зрители сходятся во мнении, что художественно-изобразительная часть выполнена на высоком уровне и является серьёзным достижением для отечественного кинематографа.

Автор выражает свою благодарность за помощь в написании статьи и предоставленные материалы Игорю Гринякину, Никите Семёнову, Алексею Чугрееву и Александру Ковалёву. ■



ПАРАДОКСЫ 35/19



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

Аннотация

В статье описывается, как выбирался формат стереофильмов и как сегодня сохранившиеся киноленты восстанавливаются.

Ключевые слова: стереофильм, стереокадр, сканер, перфорация.

PARADOXES 35/19

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

Abstract

This article describes how to select the format of stereo and today preserved films restored.

Keywords: stereo film, stereo frame, scanner, perforation.

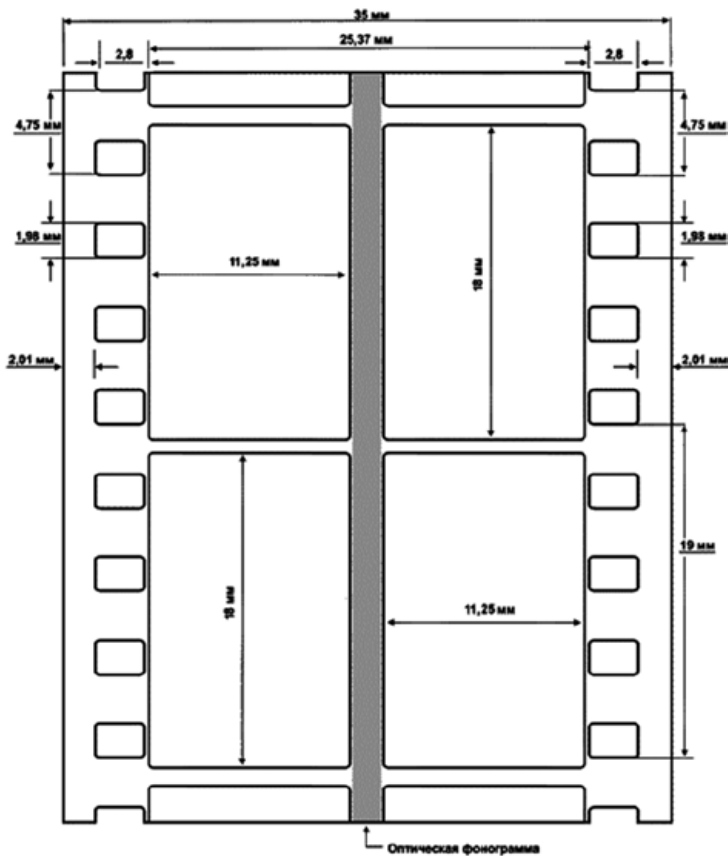
■ Фантастический зрительский успех стереоскопического фильма «Концерт», демонстрировавшегося впервые в мире по безочковому методу Семёна Павловича Иванова в московском кинотеатре «Москва» с 4 февраля 1941 года, в июне прервала Великая Отечественная война. Вероломное нападение фашистов на нашу страну порушило многие интересные начинания во всех областях мирной жизни. На время пришлось забыть о многих из них, остановить реализацию грандиозных проектов. Это в полной мере относится и к стереоскопическому киночуду. Война сорвала выпуск на экран нового стереофильма «Неистовый рыболов», открытие в Ленинграде второго в СССР стереокинотеатра и отложила на годы создание в крупных городах страны целой сети таких кинотеатров. Остановила реализацию, но не смогла надолго остановить изобретательскую мысль.

Уже в 1942 году лауреат Сталинской премии С.П. Иванов и его соратники возобновили работы по дальнейшему развитию и совершенствованию отечественной системы безочкового стереокино. Начались работы по созданию более качественного и принципиально нового светосильного линзо-растрового экрана, опытный образец которого был построен уже в 1944 году.

Одновременно велись поиски нового формата кадра стереопары. Вертикальный кадр в первой системе С.П. Иванова был не обычен и не привычен зрителям. Был не удобен для построения композиции кадра и мизансцены. Режиссёр первого стереофильма «Концерт» Александр Николаевич Андриевский и оператор-постановщик этого фильма Дмитрий Васильевич Суренский мастерски справились с нетрадиционным для кино портретным форматом. Ни к одному кадру в их первой работе нельзя предъявить претензию по композиции. Но это совсем не означало, что так должно продолжаться вечно. В годы войны начались поиски нового формата, создание новой системы отечественного стереокино.

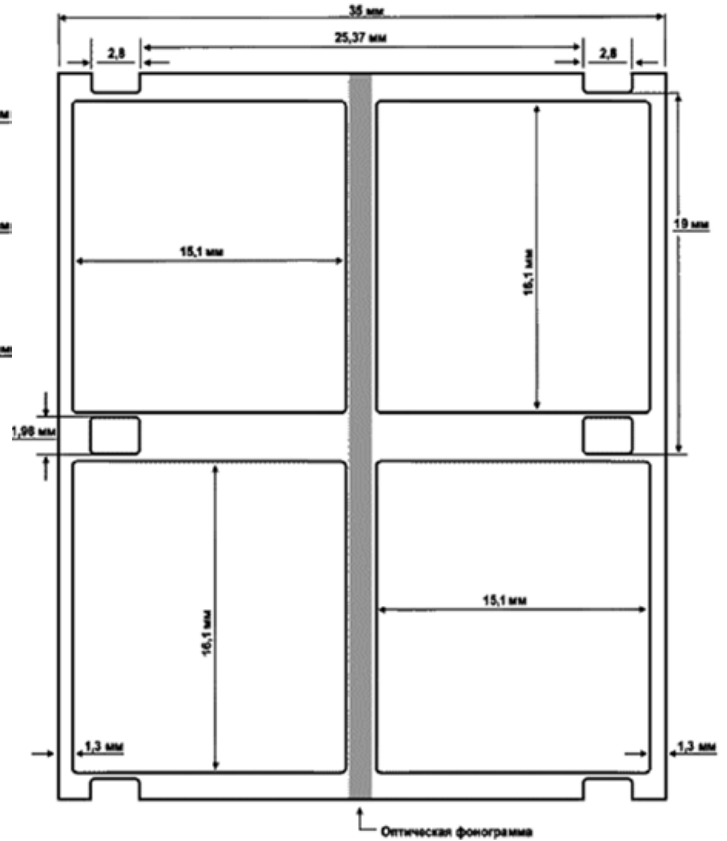
Парадокс первый. Хотели как лучше...

В 1944 году Семён Павлович Иванов предложил изменить формат кадра на 35-мм киноплёнке, не меняя её размер: «В поисках более высокого качества и более совершенной формы кинокадра, который бы удовлетворял запросам кинорежиссёров и операторов, привыкших снимать кинодействие на ленте в ширину, мои помощники – инженер Борис Иванов и оператор Дмитрий Суренский – внедрились предложенный мной новый



Основные размеры 35-мм киноплёнки
в системе «Стерео-35/11x18»

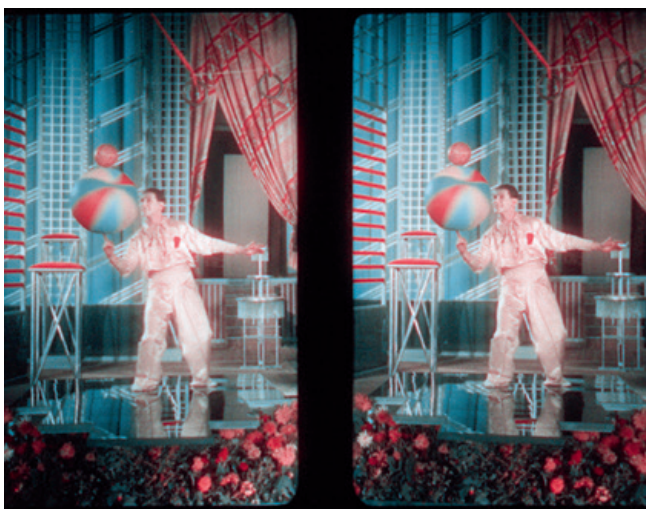
принцип перфорирования киноленты. Международный стандарт ленты имел восемь отверстий, расположенных с правого и левого краёв каждого кинокадра, а мы делаем только два отверстия и располагаем их между кадрами. Это дало возможность иметь каждый из двух кадриков стереопары размером 15.5x16.5 мм, т.е. пропорции «живого квадрата», популярного в архитектуре. Таким образом, было получено увеличение по-



Основные размеры 35-мм киноплёнки
в системе «Стерео-35/19»

лезной площади плёнки, предназначенной для снимков, в полтора раза, не меняя её прежних размеров (длины и ширины). Всё это облегчает работу режиссёра и оператора и позволяет в случае необходимости иметь любую форму кадра за счёт самой минимальной потери полезной площади. В этом смысле квадратный кадр является универсальным и открывает новые творческие возможности» (С.П. Иванов. Смена №21–22, 1946 г.).

Борис Тимофеевич Иванов определил основные преимущества при удалении трёх перфораций. Он обратил внимание на тот факт, что четыре перфорации, которые приходится на каждую сторону кадра и сразу все никогда не используются, даже если грейферный механизм имеет по четыре зуба с каждой стороны. Он предположил, что если оставить только одну перфорацию с каждой стороны, то работа механизма от этого несколько не ухудшится, а может быть, даже улучшится. Он отметил: «Надо учесть, что каждый раз грейфер будет тянуть за одну и ту же перфорацию, а также (пожалуй, самое главное), что при организации только по одной паре перфораций на каждый кадр, мы тем самым делаем общей базу ориентировки кадра для всех аппаратов (кинорисующего, копировального, проекционного и др.), участвующих в обработке плёнки, начиная от момента съёмки до проекции. Наконец, при таком количестве перфораций отпадает необходимость предусматривать в проекционных аппаратах специальные приспособления для кадри-



Пример построения композиции вертикального кадра.
Стереопара по системе «Стерео-35/11x18» из фильма «Концерт»
(1940)

ровки. Кадр всегда будет ориентирован на одну и ту же перфорацию».

Идея была принята, и дело закипело. Результатом стало создание новой системы съёмки и демонстрации стереоскопических фильмов, получившей название «Сtereo-35/19». И это всё в завершающие годы Великой Отечественной войны было практически реализовано.

Для проекции стереофильмов на 35-мм плёнке с шагом перфорации 19 мм был переоборудован кинопроектор КПТ-1. Чтобы уменьшить, а по возможности исключить трение и возникновение царапин на изображении, расположенном на части киноплёнки, где ранее располагались три перфорации, прижим плёнки в фильмовом канале осуществлялся бархатом по всей площади обеих поверхностей плёнки, за исключением площади экспозиционного окошечка, имеющего сквозное отверстие размером 18х32 мм. По боковым краям окошечка были сделаны выступы (в уровень с поверхностью ворса бархата) с зазором 0,3 мм для наилучшего выравнивания неплоскостности плёнки в случае её коробления.

Поскольку звуковая оптическая фонограмма, как и в первой системе С.П. Иванова, располагалась посередине кадра, звуковой блок кинопроектора также переоборудовался в новое положение. Для печати копий в новом формате соответствующим образом изменялся лентопротяжный тракт копировального аппарата. В киносъёмочном аппарате также была проведена необходимая замена лентопротяжной системы. На Шосткинском химзаводе (ШХЗ №3), более известном как «Свема», начался выпуск 35-мм чёрно-белых негативной и позитивной киноплёнок с нестандартной перфорацией.

В 1945 году по новой системе был снят первый экспериментальный хроникально-документальный стереофильм «Парад молодости» о первом послевоенном физкультурном параде в Москве 12 августа 1945 года. На следующий год был стереофильм «Первомайский парад». И наконец, 20 февраля 1947 года в новом московском кинотеатре «Стереokino» началась регулярная демонстрация первого советского игрового полнометражного стереоскопического чёрно-белого фильма «Робинзон Крузо». Вслед за «Робинзоном» на экран вышла первая стереоскопическая кинокомедия «Машина 22-12», снятая также по системе «Сtereo-35/19» С.П. Иванова.

Всё было бы хорошо, если не было бы плохо. В теории всё вроде бы правильно, а на практике – всё наоборот. Новая система продержалась только до 1948 года. Съёмка и демонстрация фильмов данного вида не выдержала испытания на практике проката. Плёнка быстро изнашивалась. Копия фильма выдерживала только 30 сеансов. Рваная копия – это полбеда. Но царапанная копия и стереokino – вещи не совместимые. Желание улучшить фотографическое качество изображения, не достижимое на нашей плёнке в те годы, привело к использованию для съёмки по системе «Сtereo-35/19» плёнки импортной. Для этой цели закупалась неперфо-

рированная 35-мм негативная киноплёнка Kodak и перфорировалась под формат «Сtereo-35/19». Всё было бы хорошо, но по базовому краю, куда заходило изображение стереопары, фирма ставила логотип, футажные номера и прочие надписи. Таким образом, даже на новенькой копии справа и слева мелькали инородные изображения, ухудшая качество восприятия стереоэффекта и утомляя глаза зрителей. По этой системе кинотеатр проработал недолгое время, и затем данная система была заменена другой, с использованием 35-мм плёнки с обычным шагом перфорации и стандартным размещением фонограммы «Сtereo-35/10х10». Таким образом, хотели как лучше, а получилось – как всегда, и даже ещё хуже.

Пройдёт совсем мало времени, и станет практически невозможным, даже в НИКФИ, посмотреть фильмы по системе «Сtereo-35/19», о системе забудут все, кроме создателя С.П. Иванова.

Парадокс второй. На те же грабли...

Семён Павлович Иванов, несмотря на практически выявленные и доказанные в короткий период эксплуатации недостатки, сетовал на переход с системы «Сtereo-35/19» на систему «Сtereo-35/10х10», выражая своё недовольство даже на страницах «Правды» – главной газеты страны.

Менее чем через двадцать лет, видимо, благодаря упорству и пробивным способностям С.П. Иванова, 11 января 1965 г. за № 8 вышел приказ Председателя Государственного комитета Совета Министров СССР по кинематографии о съёмке экспериментальных стереоскопических фильмов на киноплёнках шириной 70-мм и 35-мм и оборудовании в городе Москве специального кинотеатра. На НИКФИ было возложено научно-техническое руководство всеми разработками специального оборудования и аппаратуры для съёмки стереоскопического фильма на 70-мм плёнке, вне зависимости от того, в каких организациях эти работы будут выполняться, а также методическое руководство съёмкой фильма. На НИКФИ было возложено также испытание и приёмка стереоаппаратуры, изготовленной для оборудования кинотеатра, и проведение сравнительных испытаний обеих систем на 70-мм и 35-мм плёнках по сопоставимым техническим показателям. Для проведения этих работ Управление кинофикации Мосгорисполкома выделило малый зал строящегося большого двухзального кинотеатра на проспекте Калинина – зал для стереоскопической кинопроекции как по безочковой системе, так и по поляроидной системе стереokino.

Основные исходные требования для проектирования кинотеатра со стереопоказом на проспекте им. Калинина, разработанные специалистами Научно-исследовательского кинофотоинститута, предусматривали кинопоказ следующих видов кинофильмов:

– стереоскопических, по безочковому методу на 70-мм плёнке,

- стереоскопических, по безочковому методу на 35-мм плёнке с шагом перфорации 19 мм,
- стереоскопических, по поляроидному методу на 70-мм плёнке.

В проведении работ принимали участие: А. Болтянский, С. Иванов, Л. Акимакина, Н. Овсянникова, Д. Ханукаев, М. Иванов, В. Канаев, Н. Крысенко, М. Люлковский, В. Державин, А. Блохин и другие. В Отчёте НИКФИ «Разработка и исследование стереопроекционной аппаратуры на 70-мм и 35-мм плёнке с 19 мм шагом перфораций» отмечалось, что все работы, связанные с разработкой стереоаппаратуры для 70-мм плёнки, включая специальные стереоскопические насадки кинопроектора, проводились без затруднений и выполнялись соответствующими организациями в согласованные сроки; а все работы, связанные с разработкой стереоаппаратуры для 35-мм плёнки с шагом перфорации 19 мм, про-

Несмотря на большие трудности, все работы, возложенные на НИКФИ по данным системам, были выполнены в положенные сроки.

Кинотеатр был открыт для зрителей 1 мая 1968 года. К открытию стереоскопического зала в кинотеатре «Октябрь» были сняты три полнометражных игровых стереофильма: по системе «Сtereo-35/19» на 35-мм плёнке с шагом перфорации 19 мм – «Человек в зелёной перчатке» (режиссёр Н. Экк); по системе «Сtereo-70» на 70-мм плёнке – «Нет и да» и «Таинственный монах» (режиссёр А. Кольцатый).

Как замечено выше, возрождение системы «Сtereo-35/19» было сопряжено с огромными трудностями, но это было началом её конца. Из Отчёта НИКФИ: «С 1 мая по 1 октября 1968 г. в кинотеатре «Октябрь» через день демонстрировались на растровый экран два стереофильма – «Человек в зелёной перчатке» и «Нет и



Позитивная копия по системе «Сtereo-35/19»

Пример захода на изображение стереопары по системе «Сtereo-35/19» служебных надписей: справа 35-мм плёнка, слева – увеличенный фрагмент со служебной надписью

водились с огромными трудностями, которые заключались в том, что приходилось заниматься по существу разработкой и изготовлением совершенно новых узлов проекторов.

Кроме того, для обработки 35-мм плёнки с шагом перфорации 19 мм была представлена модернизация провялочной машины на киностудии «Союзмультфильм». Также весьма трудоёмкой и сложной оказалась работа по записи фотографической фонограммы. Испытания проектора и 35-мм плёнки с шагом перфорации 19 мм проводились на киностудии им. М. Горького и в НИКФИ.

да». За указанное время стереофильм «Человек в зелёной перчатке» прошёл 450 сеансов, стереофильм «Нет и да» – 450 сеансов /.../. Стереофильмы на 70-мм плёнке демонстрировались в соответствии с инструкцией по установлению технического состояния фильмокопии, т.е. каждая копия проходила по триста сеансов. Первая копия стереофильма на 35-мм плёнке с шагом перфорации 19-мм после 105 киносеансов пришла в полную негодность (глубокая надсечка, частые разрывы перфорации, большое количество склеек, полоски, царапины по эмульсии и гляncу). На основании вышеизложенного ко-

миссия из представителей Главкинопроката, НИКФИ и кинотеатра «Октябрь» рекомендовала установить срок службы фильмокопии, имеющей шаг перфорации 19 мм, не более 100 сеансов (по существующим нормам копия на 35-мм ацетатной плёнке проходит через проектор 480 раз)».

Приговор был однозначным: «стереопроекция на 70-мм плёнке имеет неоспоримые преимущества перед проекцией на 35-мм плёнке с шагом перфорации 19 мм».

Увы! Получилось как всегда – второй раз наступили на те же грабли...

Это был финал системы «Сtereo-35/19» и начало порождённых ею проблем.

Парадокс третий. Они ушли, чтобы вернуться

Выше было сказано, что в 40-годы по системе «Сtereo-35/19» были сняты четыре фильма. Два пропали бесследно. «Робинзона Крузо» успели перевести в стереоформат «Сtereo-35/10x10», «Машину 22-12» – в формат «Сtereo-35 кадр над кадром». С приходом цифровых технологий эти 35-мм плёнки легко можно отсканировать, отреставрировать и перевести в современный цифровой формат DCP, что и было сделано, например, с «Робинзоном Крузо» в 2012 году. Ждёт своей очереди и «Машина 22-12».

А вот как быть с «Человеком в зелёной перчатке»? Этот прекрасный фильм о героическом артисте цирка так и остался в формате «Сtereo-35/19» – недоступен ни для проекции, ни для сканирования из-за своего нестандартного перфорирования. А несколько лет назад нашёлся небольшой ролик, снятый по этой же системе, видимо, во время экспериментальных работ в 1965 году. И, казалось бы, мало ли было снято пробных роликов. Но этот ролик уникальный. Это первая в мире стереоскопическая съёмка фигурного катания, и не просто катания, а выступления фигуристов на Чемпионате Европы 1965 года, проходившего с 11 по



Срезки из экспериментального ролика съёмки выступления фигуристов на Чемпионате Европы 1965 года

15 февраля 1965 года в московском Дворце спорта Центрального стадиона им. В.И. Ленина. Но именно этот маленький пробный ролик – всего 175 метров длиной, оказался счастливым первопроходцем восстановления фильмов, снятых по системе «Сtereo-35/19».

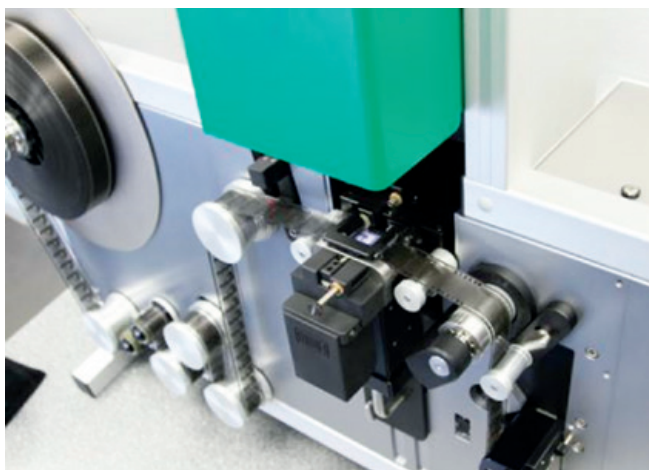
Пятилетние поиски способа отсканировать эту киноплёнку успешно завершились в канун 2017 года, а вернее, 27 декабря года 2016. Именно в этот день трудом Генерального директора компании «Фильмфабрика» Николая Потемина, непосредственно его руками, благодаря его упорству и настойчивости победить время и технические трудности, были, наконец, отсканированы эти 175 метров.

Думаю, что читателям будет интересно узнать из первых уст, как удалось выполнить эту работу. Предоставляю слово Николаю Потемину: «Весь процесс по скани-

рованию 35-мм стереофильма от первых попыток до финального сканирования занял в общей сложности около 16 месяцев. В течение этого времени мы решали ряд проблем, связанных с нестандартным шагом перфорации, а также нестандартным расположением и размером кадров стереофильма. Важно отметить то обстоятельство, что на сегодняшний день не существует 35-мм фильм-сканеров с возможностью сканирования таких нестандартных киноплёнок, как этот экспериментальный стереофильм, снятый по системе «Стерео-35/19».

Первая попытка сканирования была проведена ещё в августе 2015 года. Для сканирования киноплёнки 35-мм был использован фильм-сканер Vario HDR немецкой

на кадр. Стереофильм был снят на киноплёнку с нестандартным шагом перфорации – одна перфорация на кадр. Опции сканирования одной перфорации на кадр не предусмотрено программным обеспечением сканера. При попытках сканирования в режимах 2, 3 или 4 перфорации на кадр не было кадровой синхронизации. Естественно, нам нужна была программная опция сканирования киноплёнки с одной перфорацией на кадр. Мы отсканировали на планшетном слайд-сканере несколько кадров стереофильма с захватом отверстий перфорации и отправили запрос производителю сканера с приложенным сканом с просьбой внести изменения в программное обеспечение для возможности сканирования киноплёнок с одной пер-



Фильм-сканер Vario HDR немецкой компании MWA



Сканы правой и левой половины исходного материала

мецкой компании MWA. Сканер изначально создавался и со временем совершенствовался для работы именно с архивными киноматериалами. Vario HDR не имеет зубчатых барабанов для транспортировки плёнки, а для детектирования кадров используется лазерная система, считывающая отверстия перфорации киноплёнки. В программном обеспечении сканера заложена возможность сканирования киноплёнки с 2, 3 или 4 перфорациями

форацией на кадр. Клаус Белрос из технической поддержки MWA ответил «.. каждый раз, когда я думаю, что уже видел все существующие форматы киноплёнок, даже 8 и 9,5 мм с оптическим звуком, всегда найдётся какая-нибудь одна, которую я никогда не видел ранее...». Как сообщил Клаус, нет проблемы с обновлением программного обеспечения для возможности сканирования таких киноплёнок, но прежде чем включать такую опцию в

официальное программное обеспечение, они хотели бы получить эту киноплёнку от нас для тестирования новой опции. Отправить стереофильм в Германию мы не смогли, так как он находится на хранении в государственном архиве РФ и существуют сложности с оформлением вывоза плёнки за границу. По прошествии нескольких месяцев, совместно с технической поддержкой MWA, мы самостоятельно внесли изменения в программное обеспечение сканера, и у нас появилась возможность сканирования киноплёнки с одной перфорацией на кадр.

Следующей проблемой стал нестандартный размер и расположение кадров стереофильма. Апертура гейта

которую мы получили после его расширения. Пришлось немного сдвинуть источник света, чтобы избавиться от тени. И вот к декабрю 2016 года всё было готово к сканированию стереофильма с нестандартным шагом перфорации, а также нестандартным расположением и размером кадров. Сканирование прошло успешно, и мы решили поставленную задачу, хотя решение проблем и заняло достаточно много времени».

Парадокс третий. Последний?

Николай Потемин 27 декабря 2016 года сделал неценимый подарок всем любителям кино. И специали-



Стереопары после предварительной цветокоррекции

сканера позволяла сканировать изображение обычного кадра киноплёнки целиком, а также и перфорацию. Но изображение кадров стереофильма далеко выходило за перфорацию и при сканировании немного обрезалось по краям апертурой гейта сканера. Перед нами встала задача расширить апертуру гейта, т.е. кадрового окна сканера. Мы провели модернизацию гейта и расширили кадровое окно так, чтобы кадры стереофильма с нестандартным расположением и размером были отсканированы целиком.

После решения этой проблемы появилась другая – с левой стороны кадра стереопары возникла небольшая полоса тени в том месте, где было расширено кадровое окно. Это связано с тем, что положение источника света сканера изначально не рассчитано на ту апертуру гейта,

и зрителям. Успешное сканирование экспериментального ролика, снятого по системе «Стерео-35/19», открыло путь к возвращению на экран «Человека в зелёной перчатке», оригиналов стереофильмов «Робинзон Крузо» и «Машина 22-12». Остаётся только руководству Госфильмофонда принять решение о восстановлении фильмов, а технические проблемы сканирования Компания ФИЛЬМФАБРИКА, руководимая Николаем Потеминным, возьмёт на себя и, несомненно, успешно справится.

Теперь не будет больше Парадоксов 35/19. Они, фильмы, вернутся на экран. Вернутся, чтобы остаться навсегда. Если этого возвращения не произойдёт, то самым большим парадоксом может стать факт, когда кто-то, имея возможность, не захотел ею воспользоваться... ■