

2017-2 (11) СОДЕРЖАНИЕ



стр. 3

Новости, обзоры

В.Н. Карбанов, teleslav@rambler.ru
Технологии 3D виртуальных студий в России

3

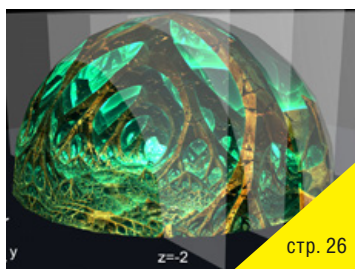


стр. 13

Доклады

А.В. Анциферова, aantsiferova@graphics.cs.msu.ru, Д.С. Ватолин, dmitriy@graphics.cs.msu.ru,
С.В. Звездаков, szvezdakov@graphics.cs.msu.ru
Исследование влияния геометрических, цветовых
и временных искажений стереоскопического видео на дискомфорт зрителей

8



стр. 26

Технологии

В.Н. Карбанов, teleslav@rambler.ru, С.В. Кувшинов, kuvshinovs58@mail.ru, К.В. Харин
Распределённая виртуальная студия трёхмерной визуализации
для сетевой структуры образовательных организаций

13

Г.И. Рожкова, gip@iitp.ru
Автостереограммы: особенности структуры,
условия успешного восприятия и практическое использование

18



стр. 36

Н.К. Трубочкина, ntrubochkina@hse.ru, Н.В. Кондратьев, kondr1216@mail.ru
Метод художественной фрактальной томографии для 3D видения

26

Страницы истории кино

Н. Майоров, henrymay@mail.ru
Короткий век широкого формата

36

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

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

Электронная версия www.elibrary.ru

Подписной индекс Роспечать: № 81923

Научно-технический журнал «Мир Техники Кино»
Выходит 4 раза в год
Издатель: ООО «ИПП «КУНА»
Учредители: Филиал «НИКФИ» АО «ТПО «КиноСтудия им. М. Горького», ООО «ИПП «КУНА»
Выпуск издания осуществлён при финансовой поддержке: 1. Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям, 2. ЧОУ ДПО «Высшая школа киноинженеров».

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
Перегудов А.Ф., к.т.н., ВГТРК, г. Санкт-Петербург, РФ
Березин О.С., «Невафильм», г. Санкт-Петербург, РФ
Барский И.Д., к.т.н., ВГИК, г. Москва, РФ
Одинокоев 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 № 142069.
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

2017-2 (11) CONTENT



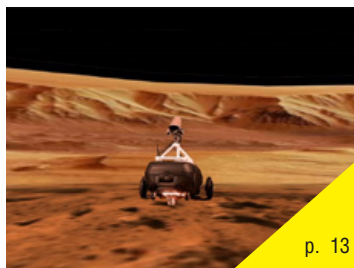
p. 3

News, review

V. Karbanov, teleslav@rambler.ru

Telemetrics Inc Camera Control Systems Virtual Studios Brainstorm3D

3



p. 13

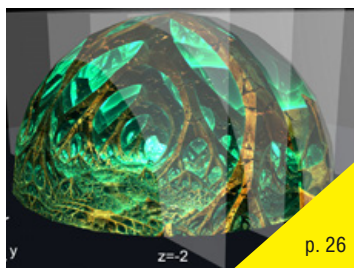
Reports

A. Antsiferova, aantsiferova@graphics.cs.msu.ru, D.Vatolin, dmitriy@graphics.cs.msu.ru,

S. Zvezdakov, szvezdakov@graphics.cs.msu.ru

The impact of geometric, color and temporal 3D-video distortions on viewers' level of discomfort

8



p. 26

Technology

V. Karbanov, teleslav@rambler.ru, S. Kuvshinov, kuvshinovs58@mail.ru, K. Kharin

Problems of development a distributed virtual studio for three-dimensional visualization of the network structure of educational institutions

13

G. Rozhkova, gip@iitp.ru

Autostereograms: structural features, conditions of successful perception and practical usage

18

N.K. Trubochkina, ntrubochkina@hse.ru, N.V. Kondratiev, kondr1216@mail.ru

Method of artistic fractal tomography for 3D vision

26



p. 36

Movie history

N. Maiorov, henrymay@mail.ru

A short century of wide format

36

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

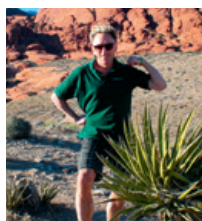
Members of the editorial board:
 Dst. Y. Ovechkis, Moscow Polytechnic University, RF
 Dst. prof. G. Tihomirova, SPbGUCIT, Sankt-Petersburg, RF
 Dst. prof. G. Vishnyakov, FSUE «VNIIOFI», Moscow, RF
 Dst. M. Sakvarelidze, VGIK, Moscow, RF
 Dst. prof. A. Vinokur, Moscow Polytechnic University, RF
 O. Berezin, Nevafilm, Sankt-Petersburg, RF
 Dst. prof. C. Odinokov, Bauman MSTU, Moscow, RF
 Ph.D. A. Peregudov, RTR, RF
 Ph.D. I. Barsky, VGIK, Moscow, RF
 Ph.D. O. Raev, VGIK, Moscow, RF
 Ph.D. A. Volkov, Ministry of Culture RF.

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

Printed in Russia.



ТЕХНОЛОГИИ 3D ВИРТУАЛЬНЫХ СТУДИЙ В РОССИИ



**Интервью с главным экспертом по технологиям
3D Виртуальных Студий в России
Вячеславом Карбановым**

Вячеслав Карбанов, teleslav@rambler.ru,
Manager for Russia and EE Telemetrics Inc Camera Control Systems
Virtual Studios Brainstorm 3D +7 (910) 444-91-83

NABSHOW ■ С 22.04.2017 по 27.04.2017
Where Content Comes to Life

в Лас-Вегасе, США проводилась главная ежегодная выставка съёмочных технологий и оборудования NAB2017 National Association of Broadcasters. На выставке и конференции центральное место занимал большой кластер северного выставочного холла N LVCC, специально выделенный под новейшие технологии производства контента в форматах VR, AR и 360. Безусловно, указанные форматы как самые перспективные уже сегодня вызывают повышенный интерес. С другой стороны, пока даже профессионалы путаются в этих технологиях. Что такое 3D Виртуальная Студия? Для чего нужна система трекинга камеры? Чем отличается контент VR от AR? Где и когда такие технологии будут широко использоваться? Что умеют делать самые продвинутые системы уже сегодня? На такие вопросы можно услышать самые разные и противоречивые ответы.

Давайте попробуем в них разобраться.

Что такое ВС (Виртуальные Студии)?

ВС – это технология, позволяющая снимать объекты и людей свободно перемещающимися в 3D пространстве камерами и в реальном времени, реалистично интегрировать их в сгенерированную компьютером среду. ВС может работать как для производства непосредственно

контента VR, так и в формате AR, когда виртуальный сет или 3D сцена заменяется видео с камер и дополняется 3D моделями и 3D графикой, либо в формате MR mixes reality.

Работа в форматах VR (виртуальная реальность) и AR (дополненная реальность) с ВС Infinity и роботизированным трекингом Telemetrics. Работа в форматах VR (виртуальная реальность) и AR (дополненная реальность) с ВС Infinity и роботизированным трекингом Telemetrics представлены на Фото 1 и 2. На фото 1 – ведущие в реальном времени снимаются в ВС, и программный выход передаётся в Интернет. Фото 2 демонстрирует графику дополненной реальности реального времени. На правом мониторе (фото 2) – реальное видео, на левом – видео, дополненное 3D графикой анимированного суперкара. Роботизированная камерная система TM Roboeye со встроенным трекингом на мониторах слева.

Какие они бывают и что умеют?

Прежде всего, как следует из определения выше, все ВС просто обязаны обеспечивать: 1 – свободное перемещение в 3D и 2 – работать в RT. Если система этого не умеет (например, работает только с перемещениями в плоскости, или не работает в режиме RT), то вам, определённо, предлагается не ВС. Некоторые продукты упорно выдаются в России за ВС, хотя таковыми вовсе не являются.



Фото 1. Москва. Виртуальная Студия Infinity в работе с VR



Фото 2. Лас Вегас. Трекинг система RoboEye в работе с AR

Давайте остановимся на некоторых главных функциях ВС, без которых система в настоящий момент рассматривалась бы как низко функциональная и не перспективная. ВС должна уметь работать с внешним трекингом камерных систем всех ведущих изготовителей.

Трекинговые системы обеспечивают высокочастотную передачу данных о положении в пространстве и ориентации камеры и объектива на графическую станцию, которые бывают механические, оптические, IR и другие. Трекинговые системы обеспечивают высокочастотную передачу данных о положении в пространстве и ориентации камеры и объектива на графическую станцию, бывают механические, оптические, IR и другие.

В проекте Telemetrics с GlobalTV в Канаде сразу 15 региональных студий были преобразованы в ВС, и в каждой из них использовались роботизированные системы Telemetrics со встроенным трекингом H Frame, поворотные, телескопические и трековые. Графические станции ВС находятся за тысячи миль от зелёных студий.

Следует понимать, что сами по себе роботизированные съёмочные комплексы не обязательно предполагают использование только с приложениями ВС. Они могут так же работать, например, в формате AR и снимать реальное видео, накладывая в реальном времени 3D рекламу и графику, или же работать независимо. Мы устанавливали ТВ системы для ООН, парламента США и Европейских стран, музеев, NASA, стадионов, концертных залов, конгресс-центров, кампусов, ТВ программ, студий. Только в рамках проекта с MLB Премьер Лигой Бейсбола США Telemetrics мы поставили 180 наших роботизированных систем и реализовали централизованный контроль всех 30 стадионов MLB из NJ.

Компактная рельсовая потолочная система Telemetrics TG4M с камерной системой RE и встроенной системой механического трекинга для приложений VR и AR (фото 4) удостоена всех самых престижных наград международных выставок NAB 2015, 2016 и 2017 в Лас Вегасе, и при наличии бюджета должна рассматриваться как самое эффективное трекинговое решение как по соотношению цены и качества, так и по обеспечению уникальных творческих возможностей съёмок в ВС (с трековой системой Teleglide вы сможете буквально выезжать в 3D сцены и передавать

эффект присутствия, и делать это плавно, с переменными планами и ускорениями). Из оптических систем трекинга выделяется Ncam, но она остаётся очень дорогой и применимой только в отдельных проектах. Про стоимость IR решений также говорить не приходится, стоимость ВС с IR трекингом может увеличиться в разы.

При ограниченных бюджетах ВС должна прекрасно работать и без внешнего трекинга в режиме интерполяции, обеспечивая реалистичное видео при работе только со статичной камерой или камерами. При этом виртуальные камеры ВК должны свободно перемещаться по 3D сцене. ВС должна также уметь интегрировать работу виртуальных и реальных камер. Как же решить такую сложную задачу, если снимаемыми статическими камерами объекты и люди остаются плоскими, и при движении соответствующих виртуальных камер это, безусловно, должно быть заметно? А как же тени от плоских объектов? Отражения?

Всё правильно, только в наших оригинальных патентованных технологиях TrackFree и 3D Presenter, используемых только в Infinity Set 3D, виртуальные и реальные камеры работают вместе, а снимаемые фиксированной камерой «плоские» объекты и люди в реальном времени пересчитываются в динамические 3D объекты. Соответственно, углы и планы визуализируются в правильной 3D перспективе, и видеоряды выглядят очень корректно и реалистично. На синтезируемые динамические тени и отражения тоже стоит взглянуть, от настоящих их отличить будет трудно. Другой уникальной функцией ВС Infinity (тоже оригинальный патент) является режим Freework. Снова рассмотрим типичную ситуацию, когда внешнего трекинга просто нет по бюджетным причинам. В отличие от стандартного режима позиционирования ведущего, на хромакее в определённое место виртуальной сцены с фиксированными координатами XY в режиме Freework Infinity Set 3D динамически пересчитывает координаты снимаемых ведущих, т.е. они выходят из плоскости хромакея и передвигаются по виртуальной сцене. В отличие от стандартного подхода, когда при движении вперёд и назад ведущий буквально виснет или погружается в пол, наши ведущие программы по TV всегда замечательно ходят именно по полу. Когда при стандартном подходе передний и задний планы всегда

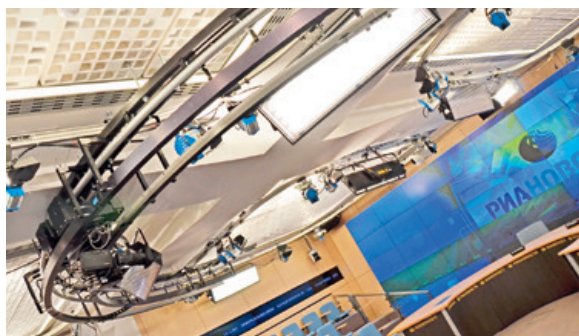


Фото 3. Роботизированная трековая система Telemetrics TG3 в Президентском зале Международного Мультимедийного Центра РИА Новости в Москве



Фото 4. Telemetrics TG4M с камерной системой RoboEye



Фото 5. Установка ВС Infinity

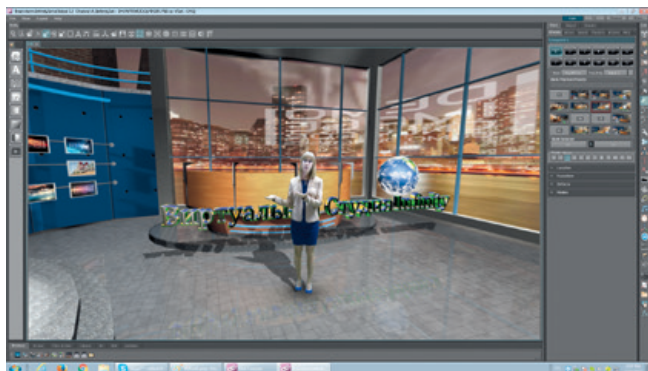


Фото 6. Технологии Infinity TrackFree, Freework и 3D Presenter непосредственно в действии

фиксированы независимо от движений ведущего, то в наших системах ведущий вполне может обойти 3D предмет, уйти за него или зайти в него (например, в бассейн с водой). Тогда все углы, перспективы, тени и отражения визуализируются в 3D очень корректно и натурально.

Ещё одной нашей уникальной функцией является Teletransporter, позволяющая в реальном времени переместить ведущего и 3D объекты добавленной реальности AR в снимаемые или уже отснятые видеоряды, в соответствующей перспективе и с тенями, применяемыми уже к новому месту нахождения (фото 8).

Чтобы не перегрузить читателей, давайте остановимся пока на описанных функциях. Только скажем ещё несколько слов о самом быстром в ТВ-индустрии движке Infinity, использовании открытой платформы HPz840 и самой быстрой на сегодняшний день графики Nvidia Quadro Pascal в сочетании с наиболее удобным и гибким пользовательским интерфейсом, во многом реализуемым функциями drag and drop, мультиформатными пополняемыми библиотеками 3D сетов, элементов и текстур, мощнейшим встроенном генераторе титров и логотипов Aston, функции трекинга рук ведущих, позволяющих им управлять эффектами в реальном времени, сильнейшем генераторе анимации, встроенном интерфейсе микшера с программой preview и 3D эффектами, и многоканальном встроенном хроматике с colour correction.

Получается, решения ВС, о которых вы говорите, не имеют аналогов и в известном смысле безальтернативны?

Совершенно верно, указанные выше функции не имеют аналогов и защищены патентами. Если вы планируете делать современный, оригинальный и востребованный сегодня и

завтра контент на технологиях ВС для самых разных приложений VR и AR, то обращайтесь к нам. Вы же посмотрели на Infinity Set3D непосредственно в работе в нашей демо-студии и уже представляете, как с использованием даже одной статической камеры актёры и объекты в реальном времени становятся объёмными. Виртуальные камеры свободно перемещаются по студии и снимают замечательное и реалистичное видео в движении самых разных планов с динамическими тенями, отражениями. Представьте себе теперь, что вам предложат всё сделать нереалистично, в неправильной перспективе, статично и плоско по «альтернативной» системе, так сказать, подешевле и попроще, согласитесь? При этом стоимость такой альтернативной системы будет отличаться только на проценты, в то время как контент вообще сравнивать будет неуместно. Думаю, ответ понятен.

Для каких приложений ВС используются сегодня и будут использоваться завтра?

Главным потребителем ВС пока ещё остаются ТВ и киноиндустрия. Однако, ситуация меняется. Уже сегодня технологии ВС стремительно завоёвывают самые



Фото 7. В проекте Telemetrics с GlobalTV в Канаде сразу 15 региональных студий были преобразованы в ВС

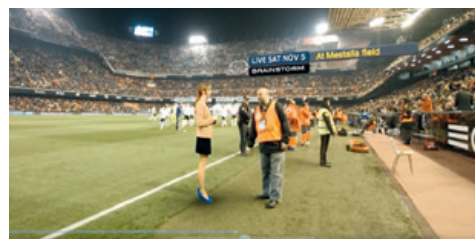


Фото 8. Ведущая с 3D логотипами клубов и графикой перемещена на футбольный стадион и общается с коллегой, находящимся на стадионе. Для решения такой задачи в реальном времени обязательно понадобится использование трекинговой системы

разные ниши, и прежде всего, сегмент образования в самом широком смысле. С одной стороны, по сути, ВС – *единственная современная технология, позволяющая в реальном времени и реалистично визуализировать и интегрировать ведущего, преподавателя или студента в мультимедийную компьютерную среду*. Мы верим в роль человека как учителя с его харизмой и даже субъективизмом и хотим, чтобы он не потерялся в цифровом пространстве. С другой стороны, по оценкам ведущих агентств, уже в ближайшее время порядка 85% информации будет передаваться в форматах видео HD, UHD, VR, AR, 360 и др. Нашим технологиям ВС уже сегодня доступно производство контента всех указанных форматов. Интересно и приятно, что именно в России мы очень активно и успешно сотрудничаем с образовательным сектором и на самых разных уровнях, от школ и университетов до Минобрнауки и Научной России.

На выставках «Салон Образования» 2016 и 2017 годов в сотрудничестве с Дирекцией ММСО и Минобрнауки и Научной России мы успешно экспериментируем и совместно демонстрируем работу комплекса «Мобильная Виртуальная Студия 3D HD/SC/HP/Nvidia/InfinitySuite». Для Образования: демонстрируемый комплекс позволил прямо на стенде развернуть 3D ВС и в реальном времени интегрировать VIP гостей ММСО, включая заместителя Министра В.Ш. Каганова, известных бизнесменов, телеведущих, снимаемых на зелёном фоне статическими камерами, в 3D сцены с объектами виртуальной и дополненной реальности, анимацией, графикой. Буквально в несколько кликов мы перенесли гостей в космический корабль, научную лабораторию, студию новостей и библиотеку. Также в реальном времени видео передавалось в Интернет – ставшая тра-

диционной встреча и беседа из 3D Виртуальной Студии ММСО с В.Ш. Кагановым (фото 9). Над выступающими размещён виртуальный экран. На этот экран (для наглядности) выводится на зелёном фоне реальное видео участников беседы. Действие снимается камерой на стенде. Участники беседы в реальном времени интегрируются в 3D сцены. Камера на ММСО2016 использовалась статическая и работала без оператора, была просто включена (перелёты и движения реализованы виртуальными камерами и интерполяционными алгоритмами системы в реальном времени). На встрече мы услышали высокую оценку зам. министра Минобрнауки и Научной России к нашим работам, также были сформулированы главные тренды по сотрудничеству.

Тесное сотрудничество по вашим новейшим технологиям 3D Виртуальных Студий, очевидно, на самом высоком уровне Минобрнауки и Научной России установлено. Расскажите о взаимодействии со школами и институтами, как они относятся к технологиям 3D ВС?

Институты, школы и технопарки, в особенности те, кто уже сейчас прекрасно понимает объективную необходимость интеграции преподавания и преподавателей с самыми современными 3D технологиями и не может позволить себе оказаться аутсайдерами, активно стремятся к сотрудничеству с нами. И в большей степени, пожалуй, даже школы.

Школьникам по духу наши 3D технологии намного ближе, понятнее, интереснее и важнее, так как для них это важнейшая часть их настоящего и будущего. Фото 10 иллюстрируют творческий проект школы № 548, в котором школьники были авторами оригинальной идеи

сценария, исполнителями всех ролей, также в работе использованы картины и 3D модели учеников школы. Работа была сделана в форматах 3D и стереовидео, и сразу же была отобрана на фестиваль ВГИК в номинации «экспериментальное 3D и стереокино». В ней



Фото 9. ВС Infinity 3D на Салонах Образования ММСО 2016 и ММСО 2017



Фото 10. Творческий проект 548 школы с использованием ВС Infinity



Фото 11. Юнармейцы тестируют ВС Infinity, парк «Патриот»

школьниками использовались техники, с которыми студенты вузов (в том числе, и кинематографических) и даже специалисты ведущих телеканалов работать пока не умеют. Мы помогли только с технологией 3D BC и немного с режиссурой.

Где и как можно посмотреть, как работают ваши технологии BC?

Посмотреть наши самые новые технологии непосредственно в работе, обсудить проекты и возможность сотрудничества удобнее всего в нашей демонстрационной виртуальной студии 3D Infinity Set в ЦТПО РГГУ. Место демо-студии выбрано совсем не случайно. ЦТПО РГГУ по существу является экспериментальной образовательной площадкой, на которой всесторонне тестируются самые перспективные и современные образовательные технологии. Проекты очень интересные и разные. В одном совместном международном научном проекте мы вместе с ЦТПО РГГУ и Станкином занимаемся вопросами использования BC для визуализации отработки вза-

и с анимированными 3D моделями, виртуальными экранами и декорациями. Участники встречи находятся вообще в разных частях Москвы и снимаются на статичные камеры, являясь гостями и хозяевами виртуальной студии одновременно. Фотографии 13 иллюстрируют фрагменты экспериментальных видеоуроков из BC по литературе («Во весь голос», Маяковский), истории (Восток), географии (Океан) и астрономии (Марс, вместо пола 3D модель реального кратера планеты).

Приехать к нам и обсудить задачу или проект достаточно просто, нужно только позвонить и согласовать дату и время.

Ну, и вопрос про главную выставку ТВ и кинотехнологий в Лас Вегасе NAB 2017, с которой вы только вернулись, буквально несколько слов, что было для вас самым интересным?

Про самые новые технологии и главные тренды BC мы уже рассказали. Наши роботизированные комплексы и системы контроля уже третий год подряд завоёвывают в Лас Вегасе награду Best of Show NAB (на фото 14 слева), и можно с уверенностью сказать, что с учётом ранее завоёванных Pick Hit, Excellence Awards и Edison Awards и др. титулов, мы удостоены большинства главных наград. Однако всегда есть куда стремиться, технологии не стоят на месте. Из интересных проектов, о которых узнал на NAB, хотелось бы отметить уникальную работу над фильмом “Le Musk”

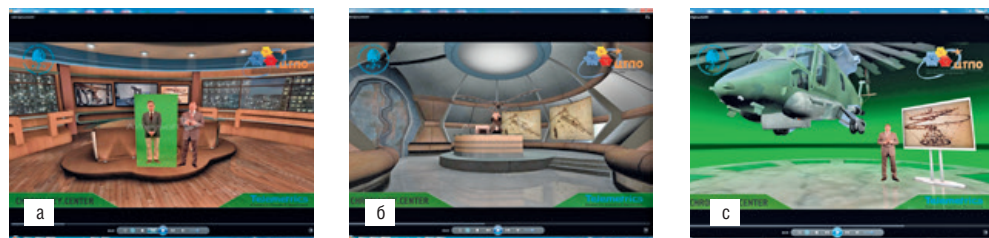


Фото 12. Фрагменты видеоурока в формате 3D и стереовидео по изобретениям Леонардо да Винчи

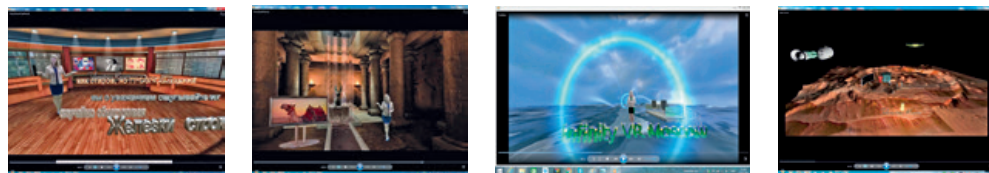


Фото 13. Фрагменты экспериментальных видеоуроков из BC по литературе, истории, географии и астрономии

имодействия удалённых робототехнических устройств. В тесном сотрудничестве мы создаём экспериментальные форматы образования, участвуем в конференциях и выставках, научных и творческих проектах, проводим мастер-классы.

На фото 12 несколько фрагментов нашего видеоурока в формате 3D и стереовидео по изобретениям Леонардо да Винчи. В этом уроке ведущие, находясь в разных студиях, в реальном времени встречаются в общей виртуальной 3D студии и совместно ведут урок в реальном времени (фото А), взаимодействуют друг с другом и анимированными 3D объектами (фото В и С, рукокрыл Леонардо и вертолёт). Клип снят в реальном времени, помимо графической станции использовались только две статичные камеры, работающие без операторов, и зелёный фон. При этом виртуальные камеры свободно перемещаются по 3D сценам, ведущие рассказывают об изобретении Леонардо и взаимодействуют друг с другом

в формате VR (world’s first Virtual Reality Multisensory episodic feature film). Фильм снимает индийский кинокомпозитор, певец и музыкальный продюсер AR Rahman (на фото 14 справа), автор саундтрека «Миллионер из трущоб», лауреат премии «Золотой Глобус» и дважды лауреат премии «Оскар». Всегда интересно общаться с творческими людьми, которые не останавливаются на достигнутом! ■

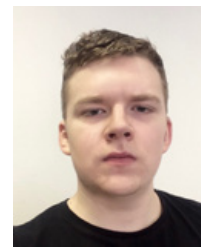


Фото 14. NAB 2017 в Лас Вегасе. Best of Show и встреча с AR Rahman, лауреатом премии «Золотой Глобус» и дважды лауреатом премии «Оскар»



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ, ЦВЕТОВЫХ И ВРЕМЕННЫХ ИСКАЖЕНИЙ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ВИДЕО на дискомфорт зрителей

(Доклад на IX Международной научно-практической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях», 17, 18 апреля 2017 года, ВГИК, Москва, РФ)



А.В. Анциферова, aantsiferova@graphics.cs.msu.ru, студентка, Д.С. Ватолин, dmitriy@graphics.cs.msu.ru, к.ф.-м.н., С.В. Звездаков, szvezdakov@graphics.cs.msu.ru, студент, МГУ им. М.В. Ломоносова, РФ

Аннотация

В настоящее время большое количество фильмов производится в стереоскопическом формате. Несмотря на развитие технологии стереосъёмки, даже в высокобюджетных фильмах встречаются искажения, которые вызывают головную боль и дискомфорт у зрителей во время просмотра. Существующие методы автоматического контроля качества стереофильмов способны обнаружить такие искажения, однако оценка дискомфорта, будучи сложной задачей, вызывает трудности. Данная работа посвящена исследованию влияния геометрических, цветовых и временных несоответствий между ракурсами стереофильма на уровень дискомфорта зрителя. В серии экспериментов было проведено анкетирование 302 человек по результатам просмотра фрагментов художественных стереофильмов с искусственно добавленными дозированными искажениями. Анкета состояла из вопросов о степени визуального дискомфорта, причиняемого каждым из продемонстрированных фрагментов, а также о поле и возрасте участника. Анализ полученных данных выявил зависимость между интенсивностью движения в сцене и степенью дискомфорта, причиняемой фрагментами с временным несоответствием.

Ключевые слова: стереоскопическое видео, 3D-видео, контроль качества, усталость, дискомфорт.

Работа поддержана грантами УМНИК, РФФИ № 15-01-08632а и выполнена с использованием оборудования, приобретённого за счёт средств Программы развития МГУ.

THE IMPACT OF GEOMETRIC, COLOR AND TEMPORAL 3D-VIDEO DISTORTIONS ON VIEWERS' LEVEL OF DISCOMFORT

A. Antsiferova, aantsiferova@graphics.cs.msu.ru, D. Vatolin, dmitriy@graphics.cs.msu.ru, S. Zvezdakov, szvezdakov@graphics.cs.msu.ru, Lomonosov Moscow State University, Russia

Abstract

Nowadays a large number of movies are produced in stereoscopic format. Despite stereo technology improvement, stereoscopic artifacts that cause headache and discomfort in viewers can still be found even in high-budget films. Existing automatic quality control algorithms are able to detect such distortions, however, they do not take into account a viewer's subjective perception of different artifacts. In this research the influence of geometric, color and temporal discrepancies in the stereo pair on a viewer's discomfort is explored. A series of experiments with passive stereo cinema technology was conducted. 60 video sequences from stereoscopic movies with artificially added distortions were demonstrated to the audience. 302 subjects took part in the experiments. During the analysis of the obtained data, the dependencies between the degree of spectators' discomfort and the intensity of distortions were revealed.

Keywords: stereoscopic video, 3D-video, quality assessment, subjective video quality, fatigue, discomfort.

■ Введение

Несмотря на популярность стереокино, зрители часто испытывают дискомфорт при просмотре стереофильмов. Авторы [5] исследовали реакцию зрителей на просмотр стереофильмов: после сеансов в кинотеатрах было опрошено 854 зрителя. В результате исследования были выделены группы симптомов, вызванных просмотром тестовых стереофильмов. Среди них самыми частыми были напряжение глаз, нечёткость зрения и жжение в глазах. Одной из основных причин плохого самочувствия зрителей является наличие искажений в стереопаре. Например, такие несоответствия, как поворот одной из камер относительно оптической оси или вертикальный сдвиг одной из камер относительно другой при съёмке, не встречаются в жизни и приводят к необходимости анализа невозможной ситуации. Даже высокобюджетные фильмы, такие, как «Хранитель времени» и «Пираты Карибского моря: На странных берегах», содержат сцены с геометрическими и цветовыми несоответствиями между ракурсами [4]. Самый надёжный способ избежать появления таких несоответствий – контролировать качество стереоскопического контента на этапе его производства. В настоящее время существуют алгоритмы, способные обнаружить различные несоответствия в стереопаре [3], однако зная о наличии какого-либо несоответствия, нельзя точно сказать, насколько болезненным оно будет для зрителя, при этом исправление стоит денег и занимает время. Различные типы несоответствий, а также их интенсивность по-разному влияют на уровень дискомфорта [7]. Поэтому при оценке качества стереофильма на этапе производства важно учитывать его субъективное восприятие и, в первую очередь, исправлять самые болезненные искажения. Конечной целью работы является разработка автоматического метода предсказания визуального дискомфорта с помощью данных технического качества стереофильма. Очевидно, что такой метод не может быть построен без обширного набора данных о влиянии различных искажений на визуальный дискомфорт зрителей. В этой статье описывается серия экспериментов по получению таких данных, а также результаты их анализа.

Исследования в данной области

Задача оценки степени дискомфорта стереоскопических изображений и видео по их параметрам рассматривается в литературе, однако лишь в небольшом количестве работ эксперименты были посвящены анализу искажений в стереопаре, характерных для съёмки стереофильмов. Например, в работе [2] рассматривается влияние геометрических несоответствий в стереопаре на уровень дискомфорта, но эксперименты проводились только с использованием стереоизображений. В работе [1] рассматривается 22 типа искажений, в том числе, геометрические и цветовые. Однако авторы не исследовали временное несоответствие между ракурсами (сдвиг во времени одного из ракурсов стереофильма относительно другого), а характер добавленных в эксперименте

геометрических искажений редко встречается при съёмке реальных стереофильмов.

В работе [6] нами был предложен метод оценки степени дискомфорта зрителя, основанный на данных электроэнцефалограммы, полученных во время просмотра стереофильма, содержащего различные искажения. Преимуществом использования данной технологии является объективность полученных данных, а также их высокое разрешение по времени, которое позволяет давать оценку дискомфорта каждому кадру стереофильма, но её недостаток заключается в сложности проведения экспериментов и интерпретации результатов. Для улучшения предложенного способа в данной работе внимание уделяется привлечению большого количества участников, что позволит получить достоверную оценку дискомфорта для «среднего» зрителя, а также привлечь к участию в эксперименте лиц с высокой чувствительностью к несоответствиям в стерео.

Описание экспериментов

Для получения информации о восприятии зрителями различных артефактов стереофильмов были проведены эксперименты, в которых участникам предлагалось оценивать уровень дискомфорта во время просмотра подготовленного стереоскопического видео. Подготовленное видео было аналогично описанному в [6]. Оно состояло из 60 30-секундных видеофрагментов, взятых из художественных стереофильмов «Сталинград», «47 ронинов», «Прометей», «Хоббит: Нежданное путешествие». Были выбраны сцены с различной динамикой движения, глубиной и яркостью (рис. 1).

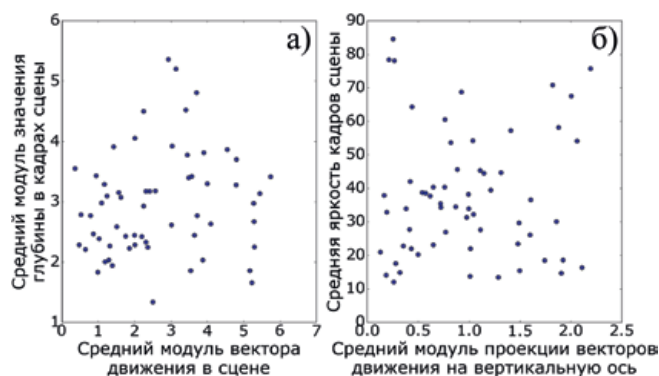


Рис. 1. Временные и пространственные параметры выбранных для экспериментов фрагментов стереофильмов:
 а) средний вектор движения против средней величины диспаратности в кадрах сцены;
 б) средний вектор вертикального движения против яркости кадров сцены

Видеофрагменты были модифицированы путём добавления одного из четырёх типов несоответствий: поворот одного из ракурсов относительно другого, несоответствие масштаба ракурсов, цветовое несоответствие и временно́е несоответствие между ракурсами. 20 видеофрагментов содержали два различных искажения. Ка-

ждое искажение присутствовало с одним из пяти уровней интенсивности от 0 до 4, где 0 – отсутствие искажения, 4 – сильное искажение. Интенсивность каждого искажения варьировалась в соответствии с распределением значений этого искажения в художественных фильмах, но во всех случаях имела достаточную величину для того, чтобы её можно было заметить при просмотре 30-секундных видеофрагментов. На рис. 2 приведены гистограммы зависимости количества кадров в 60 полнометражных стереофильмах от величины несоответствия между ракурсами в этом кадре для геометрических искажений. Красные линии отмечают 80, 95 и 99 процентиля данных (по статистике в 60 фильмах соответствующий процент кадров имеют меньшую величину искажения).

Общая длительность тестового стереофильма составила 39 минут. Во время его просмотра участникам необходимо было отвечать на вопросы об уровне дискомфорта после каждого видеофрагмента. Для уменьшения влияния просмотра предыдущих видеофрагментов на среднюю оценку последующих для части участников был продемонстрирован тот же стереофильм, но с обратным порядком видеофрагментов.

Эксперимент проводился в аудитории, оборудованной двумя профессиональными проекторами Digital Projection Titan 1080p-700 с линейной поляризацией, разрешение каждого проектора 1920x1080, экран с серебряным покрытием диагональю 9 м. На рис. 3 изображена фотография участников во время одного из экспериментов.

Результаты

В экспериментах приняли участие 302 человека, из них 68 участников – дважды, посмотрев стереофильм и с прямым, и с обратным порядком видеофрагментов. Таким образом, всего было получено 370 ответов. В основном, в эксперименте приняли участие студенты факультета ВМК МГУ, среди которых 30% женского пола (возраст респондентов от 18 до 42, средний возраст 20 лет). 31% участников отметили, что в кинотеатрах предпочитают не смотреть стереофильмы, 59% смотрят и 3D и 2D фильмы, и лишь 10% ответили, что предпочитают смотреть 3D-версии фильмов.

В табл. 1 приведено количество ответов участников о наличии симптомов. Можно заметить, что вдвое меньше участников имели нормальное самочувствие после просмотра тестового видео, заметный процент участников отметили появление головной боли и усталось глаз. Участ-

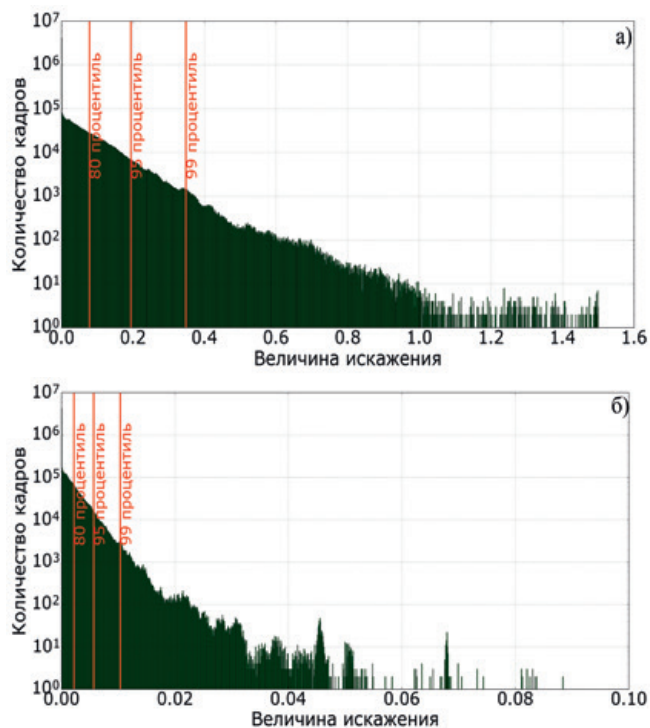


Рис. 2. Графики зависимости величины артефакта от количества кадров с данной величиной артефакта в 60 снятых полнометражных стереофильмах: а) поворот одного из ракурсов относительно другого, по оси x – величина поворота в градусах, по оси y – количество кадров (логарифмическая шкала); б) несоответствие ракурсов по масштабе, по оси x – доля увеличения одного из ракурсов относительно другого, по оси y – количество кадров (логарифмическая шкала)



Рис. 3. Процесс проведения эксперимента (яркость фотографии искусственно повышена)

Табл. 1. Количество участников, которые испытывали указанные симптомы до и после эксперимента

	Нормальное самочувствие	Сонливость	Усталость	Головная боль	Боль глаз	Другое
До просмотра	203 (70%)	70 (24%)	51 (18%)	8 (3%)	11 (4%)	8 (3%)
После просмотра	114 (40%)	74 (26%)	112 (39%)	45 (16%)	94 (33%)	17 (6%)

ники также имели возможность указать другой симптом, как тошнота, головокружение, усиление имевшихся до просмотра симптомов и др.

На рис.4 показано распределение среднего уровня дискомфорта участников за всё время эксперимента. На графике видно, что лишь небольшая часть людей ставила высокие и низкие оценки уровню дискомфорта, остальные участники в среднем оценивали уровень дискомфорта от 1 до 1,5. Привлечение большой аудитории способствовало получению данных о дискомфорте от просмотра искажений стереоскопического видео зрителями, восприимчивыми к таким несоответствиям из-за особенностей бинокулярного зрения.

Для каждой сцены k вычислены доверительные интервалы ck ($\alpha = 0,05$):

$$P-ck \leq z_{ki} - z_k N_i = 1 - N z_{ki} - z_k N \leq ck = 1 - \alpha,$$

где z_{ki} – ответ i -го участника на сцене k , z_k – средний дискомфорт среди всех участников на сцене k , N – количество участников. Полученные доверительные интервалы отображены на рис. 5, где каждый столбец соответствует среднему уровню дискомфорта в данной сцене. Сцены, отмеченные красным цветом, были наиболее болезненны

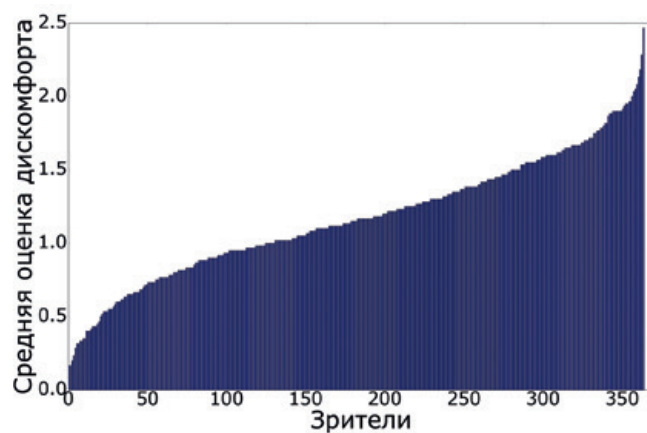


Рис. 4. Отсортированная средняя оценка дискомфорта участников эксперимента (ось x – зритель, ось y – дискомфорт)

для зрителей, зелёный цвет столбцов соответствует низкому уровню дискомфорта при просмотре. Наиболее болезненными были видеофрагменты с добавленным временным несоответствием между ракурсами, а также сцены, в которые было добавлено два различных искажения.

В табл. 2 указаны средние оценки дискомфорта зрителей в сценах с различными несоответствиями между ракурсами стереофильма. В верхней части таблицы представлены численные величины исследуемых несоответствий, в нижней части таблицы – средний уровень дискомфорта участников при просмотре сцен с данным искажением. Наибольший дискомфорт был отмечен в сценах с временным сдвигом между ракурсами. Сопоставимый дискомфорт зрители испытывали при сценах с геометрическими искажениями, однако при больших значениях несоответствия масштаба ракурсов уровень дискомфорта не увеличивался. Мы это объясняем достижением величины искажения, при которой большие значения несоответствия не отличимы зрителями. Для некоторых искажений при увеличении силы искажения уровень дискомфорта изменяется не монотонно. Такой эффект обусловлен наличием других факторов, повлиявших на ответ респондента, таких, как параметры сцены, накопленная усталость, положение относительно экрана и индивидуальные особенности. Таким образом, разработка модели требует дальнейших исследований их влияния на визуальный дискомфорт.

Таблица содержит информацию о процентиле интенсивности искажений, добавленных к видеофрагментам. В данном случае, например, 95 перцентиль означает, что 5% кадров полнометражных художественных стереофильмов содержат искажения с большей величиной несоответствия, и зритель при просмотре испытает такой же или худший дискомфорт.

Заключение

При проведении серии экспериментов получены данные субъективной оценки дискомфорта зрителей, вызываемого просмотром стереоскопических фильмов с

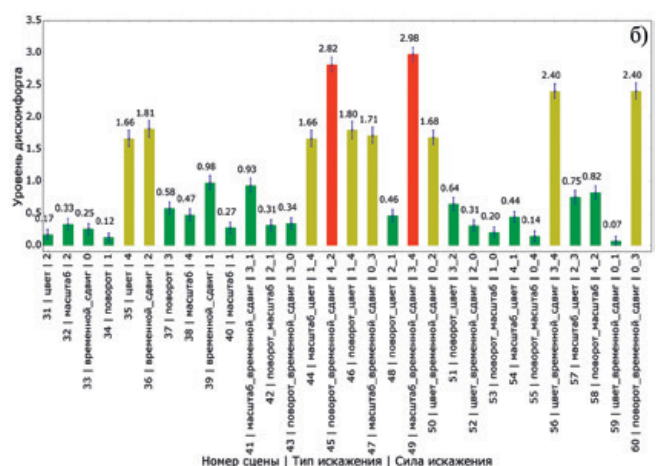
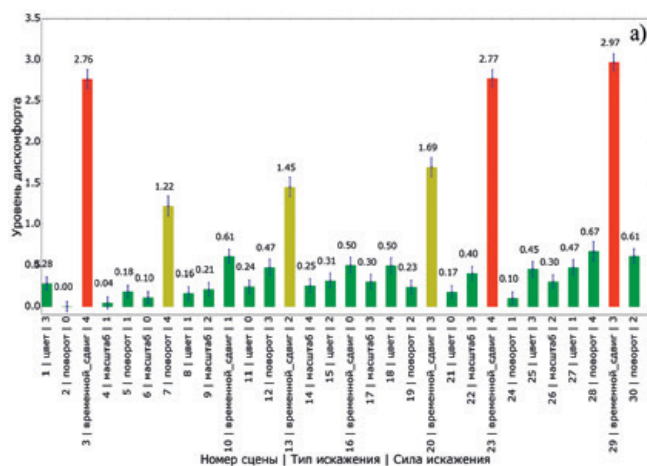


Рис. 5. По оси x расположены сцены с различными несоответствиями в стереопаре, высота столбцов по оси y соответствует среднему уровню дискомфорта зрителей при просмотре данной сцены

Табл. 2. Величины искажений для исследуемых несоответствий в стереопаре и средняя оценка дискомфорта участников эксперимента на сценах с соответствующими искажениями

Величины искажений для исследуемых несоответствий в стереопаре				
Тип искажения\Сила искажения	1	2	3	4
Цветовое несоответствие (MSU-3DColor-2011)	15	40	110	160
Процентиль величины	82,06	95	99,15	99,55
Поворот одного из ракурсов	0,3°	0,6°	0,9°	1,2°
Процентиль величины	98,38	99,85	99,98	99,99
Несоответствие масштаба ракурсов	100,5%	100,8%	101%	101,3%
Процентиль величины	93,34	97,87	98,87	99,55
Временной сдвиг между ракурсами	0,1 кадра	0,3 кадра	0,5 кадра	0,6 кадра
Процентиль величины	97,61	99,38	99,69	99,75
Суммарная оценка дискомфорта участников на сценах с несоответствиями				
Тип искажения\Сила искажения	1	2	3	4
Цветовое несоответствие	0,65±0,03	0,58±0,03	0,7±0,03	1,42±0,05
Поворот одного из ракурсов	0,47±0,01	0,75±0,03	0,86±0,03	1,28±0,04
Несоответствие масштаба ракурсов	0,49±0,03	0,61±0,02	0,69±0,03	0,7±0,03
Временной сдвиг между ракурсами	1,13±0,04	1,97±0,04	2,67±0,05	3,1±0,04

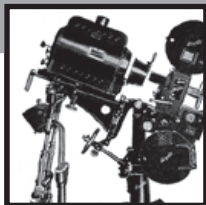
содержанием геометрических, цветовых и временных несоответствий между ракурсами. В результате проведённого анализа выявлены зависимости между степенью дискомфорта зрителей и интенсивностью искажения. Временное несоответствие между ракурсами вызывает наибольший дискомфорт у зрителей, если сравнить между собой искажения с величинами, которые с одинаковой частотой встречаются в фильмах. С помощью полученных данных была проведена оценка дискомфорта 60 снятых стереофильмов. В ходе экспериментов, помимо описанных данных о дискомфорте, были получены данные о поле и возрасте зрителей, их положении относительно экрана во время просмотра, которые также могут влиять на восприятие стереоскопического видео. Анализ этих данных является предметом дальнейшего исследования. В продолжение работы планируется:

- классифицировать участников по степени восприимчивости к каждому искажению,
- определить вид накопления дискомфорта при просмотре сцен с неравномерным наличием искажения,
- провести аналогичные эксперименты с другими типами искажений,
- расширить оценку болезненности фильма с учётом процента зрителей, восприимчивых к разным искажениям,
- провести анализ снятых стереофильмов и дать оценку их болезненности для зрителя.

Авторы выражают огромную благодарность Рожковой Галине Ивановне, доктору биологических наук, специалисту в области бинокулярного зрения, за ценные консультации по методике проведения экспериментов и интерпретации результатов. ■

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Dumić E. et al. 3D video subjective quality: a new database and grade comparison study /Multimedia tools and applications. – 2016. – pp. 1–23.
2. Khaustova D. et al. An objective method for 3D quality prediction using visual annoyance and acceptability level /SPIE/ IS&T Electronic Imaging. – International Society for Optics and Photonics, 2015. – С. 93910P-93910P-17.
3. Voronov A. et al. Methodology for stereoscopic motion-picture quality assessment /IS&T/SPIE Electronic Imaging. – International Society for Optics and Photonics, 2013. – pp. 864810-864810-14.
4. VQMT3D Project: Report 9 on 3D-video Quality Analysis. 2015. URL: <http://www.compression.ru/video/vqmt3d/report9/>
5. Zeri F., Livi S. Visual discomfort while watching stereoscopic three-dimensional movies at the cinema /Ophthalmic and Physiological Optics. – 2015. – V. 35. – №. 3. – pp. 271–282.
6. Анциферова А.В., Ватолин Д.С. Автоматический метод оценки степени усталости от просмотра 3D-видео / VIII Международная научно-практическая конференция "Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других отраслях". Москва. 25–26 апреля. 2016.: Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2016. С. 106–122.
7. Рожкова Г.И. Теоретическая оценка дефектности стереокадров и реальный зрительный дискомфорт / VIII Международная научно-практическая конференция "Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других отраслях". Москва. 25–26 апреля. 2016.: Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2016. С. 85–98.



РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ СТУДИЯ ТРЁХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

для сетевой структуры образовательных организаций



■ В.Н. Карбанов, teleslav@rambler.ru, С.В. Кувшинов, к.т.н., kuvshinovs58@mail.ru, МГТУ «СТАНКИН», К.В. Харин, РГГУ, Москва, РФ ■

Аннотация

Обсуждаются проблемы создания виртуальной студии трёхмерной визуализации для сетевой структуры школ, центров технологической поддержки образования и университетов с развитой системой филиалов. Рассматриваются подходы к построению распределённой системы реального времени, с помощью которой происходит съёмка образовательных программ, мероприятий в виртуальной трёхмерной среде, в том числе, в стереорежиме.

Ключевые слова: виртуальная 3D студия, распределённая студия.

■ Информационные, коммуникационные, аудиовизуальные и интерактивные технологии становятся фундаментом, основой для построения структуры новой образовательной среды, организации учебно-исследовательского пространства нового типа – сети «цифровых» учебных заведений. В результате этого вполне реально осуществление перехода с репродуктивного типа обуче-

PROBLEMS OF DEVELOPMENT A DISTRIBUTED VIRTUAL STUDIO FOR THREE-DIMENSIONAL VISUALIZATION OF THE NETWORK STRUCTURE OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS

V. Karbanov, teleslav@rambler.ru, S. Kuvshinov, kuvshinovs58@mail.ru, Ph.D., MG TU «STANKIN», K. Kharin, RGGU, Moscow, Russia

Abstract

The problems of creating a virtual studio for three-dimensional visualization of the network structure of schools, centers of technology support for education and universities with a developed system of the branches. The system includes a real-time virtual studio, with the help of which the survey of educational programs, activities in stereo three-dimensional environment.

Keywords: 3D virtual studio, distributed studio.

ния на креативный. В настоящее время всё более и более актуальной становится задача создания сети учебных заведений, школ, учебных творческих центров и т.д., целиком и полностью построенных в рамках новой парадигмы образования на базе новейших высоких технологий, которые в этом случае начинают играть одну из самых главных, ключевых ролей.

Основной целью создания сети цифровых учебных заведений становится разработка принципиально нового системного формата оснащения и оформления учебных комплексов, способных решать перспективные пилотные педагогические задачи европейского масштаба. Основными критериями такого сетевого системного проекта являются следующие. *Открытость* – система цифровых учебных заведений (ЦУЗ) должна стать открытой площадкой для всех заинтересованных в обучении молодых людей на новой педагогическо-технологической платформе. Информация об образовательном процессе становится *on-line* доступной через Интернет. ЦУЗ смогут обеспечивать «приём» педагогов из других учебных заведений, внедряющих новые инновационные модели образования. *Компетентность* – создание новой образовательной среды цифровых учебных заведений будет проводиться при участии ведущих специалистов *Hi-tech* отрасли, компаний всемирно известных брендов. Инсталляция образовательного контента – с привлечением крупнейших производителей программных продуктов, ориентированных на образование. Учебно-методическое обеспечение работы такого комплекса должно быть проведено на основе работы консультационного комитета, образованного из уже практикующих педагогов цифровых учебных заведений. *Инновационность* – применяемые программно-аппаратные решения, интегрированные в системные комплексы, предназначенные для решения исключительно образовательных задач, будут новы и исключительны не только для России, но и для образовательных учреждений Европы. Предполагается, что цифровое пространство России станет по праву европейской экспериментальной площадкой (данное утверждение основывается на экспертных оценках специалистов крупнейших компаний интеграторов, предлагающих свои инновационные проекты). *Мобильность* – проект обеспечивает возможность гибкой настройки оборудования и программного комплекса при корректировке образовательных задач, что позволит переносить учебный процесс за пределы традиционного учебного пространства. *Интерактивность* – всё оборудование и внутреннее устройство комплекса цифровых учебных заведений должно вовлечь учащихся, учителей, родителей, общественность в сетевое пространство, пространство коллективного взаимодействия. У каждого участника образовательного процесса предполагается наличие «электронного паспорта» – своего места в информационной системе цифровых учебных заведений. Основой такой «паспортизации» могут стать уже внедрённые во многих учебных заведениях системы «электронного журнала», вытесняющие традиционные бумажные документы. *Креативность* – цифровое пространство будет способствовать творческой деятельности, развитию креативного мышления, умению нестандартно мыслить, прививать системную культуру. Проектная деятельность должна получить новый социальный импульс для развития в учебном процессе. *Гуманитарность* – новейшие технологии, образовательные инструменты нацелены в

первую очередь на воспитание нравственной личности, социально ответственных молодых людей, способных с применением новейших гипермедиа инструментов принимать участие в построении нового российского демократического общества [1].

Цифровое образовательное «кольцо» учебных заведений даст принципиально новые возможности:

- перейти от обучения в классах к обучению в любом месте и в любое время;
- заменить регулятивные занятия индивидуальными;
- превратить учащихся из потребителей электронных ресурсов в создателей новых учебных медиа-порталов;
- сделать каждое цифровое учебное заведение элементом единого национального образовательного портала;
- широко использовать электронный документооборот вместо технологии мела и бумаги.

Вполне определённно, комплекс цифровых учебных заведений следует рассматривать как совершенно новое явление для российского и европейского образования. Тем более, что те или иные отдельные новейшие технологии уже практикуются в отдельных образовательных учреждениях страны. Не секрет, что современные дети быстрее начинают разбираться в технических устройствах, но именно учитель является ключевым звеном в образовательном процессе. Если у него нет личной заинтересованности и увлечённости своим делом, то по большому счёту не важно, на каком оборудовании учатся школьники. Однако, сегодняшние технологии – это уже не только инструмент, но и новая среда существования человека.

Информационно-технологическая структура цифрового учебного заведения – это функциональные составляющие, ориентированные на повышение эффективности обучения и воспитания учащихся за счёт:

- проведения образовательного процесса на основе широкого использования современных информационных, аудиовизуальных, интерактивных, коммуникационных технологий, повышающих привлекательность получения образования в целом;

- достижения прозрачности и удобства управления цифровым учебным заведением путём создания соответствующей информационной среды и отчётности для принятия решений;

- снижения расходов за счёт повышения скорости и качества выполнения административно-управленческих операций путём их автоматизации;

- уменьшения стоимости владения высокотехнологичным оборудованием и системами;

- интеграции операций и информационных потоков, обеспечивающей достоверность используемых данных;

- повышения гибкости учебного и воспитательного процессов;

- повышения эффективности использования доступных ресурсов (в качестве ресурсов могут выступать совершенно различные объекты: это и аудитории для ведения различного рода занятий, и оборудование для проведения презентаций, и сотрудники, учителя школы);

- подчинения IT-инициатив инициативам и направлениям развития образования в целом;
- стандартизации и документирования основных процессов жизненного цикла и использования систем, обеспечивающих работу цифровых учебных заведений [2].

Одним из ключевых средств медийных коммуникаций сети цифровых учебных заведений может стать распределённая виртуальная студия трёхмерного отображения, основной задачей которой является визуальная интеграция творческих активностей учащихся. Это своеобразная медийная площадка, объединяющая цифровые учебные заведения.

В связи с постоянной путаницей в терминологии, зачастую вызванной намеренной подменой понятий со стороны некоторых производителей и ненамеренной со стороны пользователей, уместно определиться с терминологией [3]. Виртуальной студией в классическом понимании, или виртуальной студией с трекингом, принято считать комплекс аппаратного и программного обеспечения, позволяющий в реальном времени интегрировать снимаемые при движении реальной камеры объекты в трёхмерную (искусственно созданную человеком) компьютерную среду (сет). При этом результирующее видео виртуальной камеры должно визуализироваться в реальном времени синхронно, в той же перспективе. То есть при изменении угла съёмки реального объекта соответственно меняется угол обзора виртуальной студии. Таким образом, в каждый момент времени виртуальная сцена должна отслеживать соответствующее местонахождение реальной камеры по всем осям её движения (X, Y, Z) и во всех режимах (панорамирование, наклон, приближение, удаление, масштабирование). При соблюдении этих условий видео получается полноценным и качественным. Степень реализма виртуальной студии определяется непосредственно её характеристиками и возможностями, а также используемыми графической и аппаратной платформами.

Поставленная задача создания распределённой сети виртуальных студий трёхмерной визуализации должна решаться на базе самых перспективных и современных технологий и решений. Система должна иметь самый быстрый рендер, уже сегодня работать с форматами стереовидео, HD, UHD, AR, VR, AR, 360, быть модульной, иметь открытую и легко наращиваемую архитектуру с возможностью работы на различных уровнях (в том числе, с внешним трекингом и с виртуальными камерами), иметь возможность импортировать ведущих в снимаемые и отснятые видеоряды. Для интеграции и работы не использующих трекинг звеньев распределённой сети система должна обеспечивать реалистичное видео и без внешнего трекинга в режиме интерполяции при работе только со статическими камерами. При этом виртуальные и реальные камеры должны свободно перемещаться по 3D сцене. Система должна иметь встроенные 3D генераторы текстов и моделей, анимации, многоканальные устройства chromakey и цвета коррекции, иметь пополняемые мультимедийные библиотеки 3D сцен, моделей, элементов, текстур и эффектов. имеет ошибки.

Применительно к решению задачи для сетевой структуры образовательных организаций задача имеет также характерные особенности. Так как широкая аудитория пользователей Распределённой Виртуальной Студии это, прежде всего, школьники, студенты и преподаватели (то есть не эксперты в IT или ТВ технологиях и компьютерной графике реального времени), то система должна предоставлять многоуровневый и максимально понятный на самых начальных уровнях и неспециалистам интерфейс, который позволит им активно включиться в работу буквально сразу.

Наиболее эффективными и самыми перспективными из существующих решениями поставленной задачи практически с учётом всех указанных аспектов должны рассматриваться конфигурации на базе графических рабочих станций HPz840, с графическими картами Nvidia Quadro 6000, роботизированными камерными системами Telemetrics RoboEye (наиболее эффективным решением с интегрированным трекингом по всем осям движения) и лицензионным ПО Brainstorm Infinity Set 3D (подробнее читайте в статье по Виртуальным Студиям, см. стр. с 4 по 7 этого журнала). Система обеспечивает самым быстрым в ТВ индустрии рендером в сочетании с наиболее удобным и гибким пользовательским интерфейсом, во многом реализуемым функциями drag and drop, мультимедийными пополняемыми библиотеками 3D сетов, элементов и текстур, мощнейшим встроенным генератором титров и логотипов Aston, функцией трекинга рук ведущих, позволяющих им управлять эффектами в реальном времени, сильнейшим генератором анимации, встроенным интерфейсом микшера с программой preview и 3D эффектами, и многоканальным встроенным хромакеем с colour correction.

В оригинальных патентованных технологиях TrackFree и 3D Presenter (подробнее читайте в статье по Виртуальным Студиям, см. стр. с 4 по 7 этого журнала), используемых только в Infinity Set 3D, виртуальные и реальные камеры работают вместе, а снимаемые фиксированной камерой «плоские» объекты и люди в реальном времени пересчитываются в динамические 3D объекты. Соответственно, углы и планы визуализируются в правильной 3D перспективе, и видеоряды выглядят очень корректно и реалистично. Синтезируемые динамические тени и отражения практически трудно отличить от реальных. Другой уникальной функцией BC Infinity (тоже оригинальный патент) является режим Freework. Рассмотрим типичную ситуацию, когда внешнего трекинга просто нет по бюджетным причинам. В отличие от стандартного режима позиционирования ведущего, на хромакее в определённое место виртуальной сцены с фиксированными координатами XY в режиме Freework Infinity Set 3D динамически пересчитывает координаты снимаемых ведущих, т.е. они выходят из плоскости хромакея и передвигаются по виртуальной сцене. В отличие от стандартного подхода, когда при движении вперёд и назад ведущий буквально виснет или погружается в пол, наши ведущие программы по TV всегда замечательно ходят именно по полу. При стандартном

подходе передний и задний планы всегда фиксированы независимо от движений ведущего. В наших системах ведущий вполне может обойти 3D предмет, уйти за него или зайти в него (например, в бассейн с водой). Все углы, перспективы, тени и отражения визуализируются в 3D очень корректно и натурально. Ещё одной уникальной функцией Infinity является функция Teletransporter, позволяющая в реальном времени переместить ведущего и 3D объекты добавленной реальности AR в снимаемые или уже отснятые видеоряды, в соответствующей перспективе и с тенями, применяемыми уже к новому месту нахождения.

Технологии виртуальных студий 3D, работающих в реальном времени, позволяют интегрировать преподавателя или ведущего в сложную компьютерную среду и направить образовательный цикл в нужное русло.

Они могут очень эффективно использоваться в цифровом образовании для построения циклов лекций и передач для студентов по выбранным курсам и дисциплинам. Создаваемые и используемые разными институтами виртуальные сцены, 3D модели, анимация и видеоряды могут объединяться в совместные проекты и включаться в общие базы данных и знаний. Условная схема взаимодействия различных учебных заведений на примере Центров технологической поддержки образования (ЦТПО), школ и колледжей в рамках территориально распределённой сети виртуальных студий, включающей также общую информационную базу данных совместных проектов, приведена на рис. 1.

Широкие возможности для использования виртуальных студий имеются также и в дистанционном обучении, повсеместное внедрение которого может стать основой перехода к цифровым учебным заведениям. Порталы дистанционного обучения, массовых открытых онлайн-курсов [5], являясь сетевыми, часто межвузовскими площадками, и ориентируясь на самые широкие целевые

аудитории, реализуют несколько социальных функций: предоставление возможности получения качественного и доступного образования для всех желающих; повышение привлекательности получения образования; обеспечение возможности дополнительного и профессионального образования для людей, проживающих на удалённых и труднодоступных территориях; обеспечение доступности образования для граждан с ограниченными возможностями здоровья.

Использование технологий виртуальных студий при создании учебных видеоматериалов даёт возможность изменить форму подачи материала, сделать более привлекательным язык изложения, отойти от академических форм подачи и ввести больше игровых моментов в обучение. Появление преподавателя в привычном для юных учащихся виртуальном мире, к тому же тематически связанном с предметом занятий, может способствовать изменению отношения к процессу обучения как к чему-то стороннему и малоинтересному.

Ещё одним аспектом, способствующим внедрению таких высокотехнологичных методов создания учебных материалов, является бурное развитие в последнее время различных цифровых лабораторий при учебных заведениях – Центров технологической поддержки образования (ЦТПО), молодёжного инновационного творчества (ЦМИТ), «Кванториумов», «Роботариумов» и пр. Такая цифровая производственная лаборатория оборудуется набором универсальных, управляемых с компьютеров инструментов, с помощью которых возможно оперативно воспроизвести задуманное, спроектированное изделие. Такое оснащение позволяет лаборатории конкурировать с серийным производством. В состав лаборатории, где изделие проходит от стадии зарождения концепции до действующего образца, помимо производственного, как правило, размещается комплекс аудиовизуального

оборудования: 3D видеопроекторы, интерактивные средства управления визуализацией (интерактивные панели, столы, доски и др.), акустические системы объёмного звука; коммуникационные системы для осуществления дистанционной связи и проведения многоточечных видеоконференций высокого качества [6]. Именно эта инфраструктура может стать идеальной основой для виртуальной студии и всего «конвейера» связанных с ней процессов: от сценария сюжета до съёмки, монтажа и использования готового материала.



Рис. 1. Схема взаимодействия различных учебных заведений в рамках территориально распределённой сети виртуальных студий. Форматы видео на выходе HD, UHD, VR, AR, MR, 360, Stereo video

В некоторых случаях подобные лаборатории уже имеют развитую систему сетевого взаимодействия между собой, как, например, упоминавшиеся уже Центры технологической поддержки образования при московских вузах. Использование этих каналов, часто построенных на базе VPN-технологий (защищённых каналов связи на инфраструктуре сети Интернет) – прямой путь к реализации концепции распределённой виртуальной студии, где вещание и создание учебного контента происходят сразу из нескольких точек.

При интеграции, например, с территориально распределёнными робототехническими лабораториями [7], в которых в локальную вычислительную сеть объединены несколько мобильных роботов, систем сопровождения («спутников»), репитеров и пультов управления, становится возможным создание на базе виртуальной студии реального времени целого учебно-тренировочного ситуационного центра для обучения и подготовки специалистов по управлению сложными робототехническими системами [8]. Эти роботы, в первую очередь мобильные, становятся при этом и «актёрами» в виртуальной студии. Их изображения с камеры в реальном времени в стереоформате интегрируются в виртуальное трёхмерное пространство, которое может представлять собой тренировочный полигон с различным рельефом и препятствиями. Модель реальной площадки для отработки учебной ситуации, например, марсианской поверхности, показана на рис. 2.



Рис. 2. Учебная площадка виртуального робототехнического полигона

Использование такого «гибридного» подхода позволяет существенным образом мотивировать молодых людей к занятиям как современными медийными технологиями, так и интеллектуальной робототехникой, улучшить подготовку будущих специалистов, а процесс управления мобильными робототехническими устройствами сделать более эффективным и адекватным в моделируемых сложных внешних условиях.

Заключение

Распределённая виртуальная студия трёхмерного отображения позволит преподавателям, учащимся разных учебных заведений реализовать кибернетические встречи в реальном времени на создаваемых ими же самых разных виртуальных площадках (например, космический корабль, научная лаборатория, студия новостей или средневековый замок). Они же смогут освоить работу режиссёров и ведущих собственных интегрированных проектов и программ. Сетевые трансляции образовательных про-

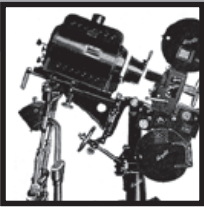
грамм из собственных виртуальных студий распределённой сети дадут возможность автономно выходить в эфир на самую широкую аудиторию без вложений в студийные комплексы, декорации, съёмочное и осветительное оборудование, каналобразующее оборудование, персонал. И делать это с высочайшим качеством и оригинальным творческим оформлением, в настоящий момент недоступными даже на ведущих телеканалах.

Компьютерные технологии, призванные быть источником знания, сами по себе и в отрыве от человека при неумелом использовании могут способствовать изоляции и дальнейшему погружению учащихся в виртуальную компьютерную среду. Необходимо интерактивное сотрудничество человека и компьютера, при котором стороны будут нацелены на активное взаимодействие друг с другом.

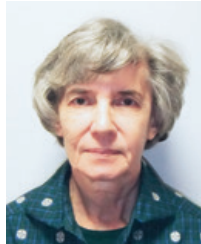
Именно современные технологии распределённых виртуальных студий 3D позволяют интегрировать преподавателя и учащихся в реальном времени в кибернетическое пространство и сделать образовательный курс эффективным, современным и увлекательным. ■

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Кувшинов С.В. Концептуальные основания нового российского проекта Digital Education / Образовательные технологии. № 3. – 2013. С. 58–62.
2. Кувшинов С.В. Проблемы внедрения новейших технологий в образовательные процессы школ и вузов / Образование, наука и искусство: цифровые производственные процессы и технологическая поддержка: XIV Международный форум образовательных технологий «Образование, наука и искусство: цифровые производственные процессы и технологическая поддержка». РГГУ, МГТУ «СТАНКИН», 19–20 июня 2013 года. Сборник тезисов. – МО: Щёлково. С. 21–25.
3. Карбанов В.Н. Виртуальные студии / 625PlusHD. № 1 (195). – 2014. С. 18–21.
4. Чаррука М. EasySet 3D/eStudio-Brainstorm / 625PlusHD. №1 (195). – 2014. С. 22.
5. Кувшинов С.В., Харин К.В. Центры технологической поддержки образования на портале массовых открытых онлайн-курсов «Универсариум»: первые итоги и перспективы / Техническое творчество молодёжи. № 6 (94), 2015. С. 15–18.
6. Кувшинов С.В., Харин К.В. Образование XXI века: от трёхмерного восприятия к трёхмерному мышлению / Мир техники кино. №2016-2 (10). С. 15–21.
7. Пряничников В.Е., Ксензенко А.Я., Кувшинов С.В. и др. Разработка сети роботариумов и мобильных роботов для инновационного обучения интеллектуальной робототехнике. М.: ИПМ им. Келдыша, 2016.
8. Andreev V., Karbanov V., Kharin K., Kuvshinov S., Poduraev Y., Pryanichnikov V. Training Situation Center Based on Three-Dimensional Virtual Studio for Distributed Mobile Robotics Laboratory / Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium., B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN: 978-1-5108-1839-2, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria. 2015. Curran Proceedings, New York, 2016. – pp. 0483–0487.



АВТОСТЕРЕОГРАММЫ: особенности структуры, условия успешного восприятия и практическое использование



Г.И. Рожкова, д.б.н., профессор, gir@iitp.ru,
ФГБУН Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича, РАН, РФ

Аннотация

Автостереограммы (АСГ) – это особый вид стереограмм, отличительной чертой которых является обеспечение возможности видеть закодированные в них объёмные предметы без использования каких-либо физических средств сепарации левого и правого изображений. В случае АСГ вся информация о двух проекциях объёмного предмета содержится в одном изображении с квазипериодической структурой и извлекается благодаря специальному способу рассматривания этого изображения. Тестирование детей 6–7 лет показало, что около половины из них способны воспринимать АСГ после необходимых объяснений уже на первом занятии, а практически все остальные дети с нормальным бинокулярным зрением обучаются этому за несколько занятий. АСГ могут быть использованы в научных исследованиях бинокулярного зрения, в офтальмологии, в изобразительном искусстве и кинематографии.

Ключевые слова: автостереограмма, сепарация, бинокулярное зрение, офтальмология, изобразительное искусство, кинематография, компьютерные цифровые технологии.

Введение

Наблюдающееся в последние годы стремительное внедрение компьютерных цифровых технологий в изобразительное искусство и кинематографию может способствовать повышению интереса к особой разновидности стереограмм – автостереограммам, замечательные свойства и потенциальные возможности которых используются ещё в малой степени. Хотя в автостереограммах левое и правое изображения совмещаются в одной картинке, восприя-

AUTOSTEREOGRAMS: STRUCTURAL FEATURES, CONDITIONS OF SUCCESSFUL PERCEPTION AND PRACTICAL USAGE

G. Rozhkova, D.b.s., Prof., Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute) Russian Academy of Sciences, Russia

Abstract

Autostereogram (ASG) is a special kind of stereograms that provides a possibility to perceive 3D images without any physical separation techniques. In the case of ASG, all the information about two projections of the 3D objects is contained in one picture having quasi-periodic structure; this information can be extracted by means of specific way of viewing ASG. Examination of children aged 6–7 years revealed that approximately half of them were capable to perceive 3D images during the first learning session after explanation how to view ASG. Practically all the remaining children were also capable to see 3D images but needed several learning sessions. ASG can be used in scientific researches of binocular vision, ophthalmology, fine arts and cinematography.

Keywords: autostereogram, separation, binocular vision, ophthalmology, fine arts, cinematography.

тие закодированных в них объёмных предметов и сцен не требует никаких физических средств сепарации (разделителей полей зрения, стереоскопов, стереочков, растровых фильтров), обычно используемых для того, чтобы в каждый глаз поступало только «свое» изображение. Возможность обойтись без физических сепарирующих устройств обеспечивается физиологическими механизмами зрения, которые при наблюдении автостереограммы должны работать в режиме, задаваемом её специфической структурой.

Напомним, что *обычные стереограммы* – согласованные пары изображений объёмных сцен в двух ракурсах, получаемые съёмкой при помощи двух камер или искусственным путём, – предполагают такое *раздельное* наблюдение этих изображений левым и правым глазом, при котором проекции на сетчатках глаз соответствуют проекциям запечатлённых сцен в условиях их естественного рассматривания двумя глазами. При создании искусственных стереограмм для простейшего случая имитации наблюдения небольших объектов, располагающихся в центральной части поля зрения, правила формирования парных изображений очень просты. Если требуется, чтобы некоторая заданная точка картины воспринималась ближе условной точки отсчёта, нужно позицию заданной точки сдвинуть в левом изображении вправо, а в правом – влево; если же, наоборот, нужно видеть заданную точку дальше точки отсчёта, направления сдвигов должны быть противоположными. Эти правила вытекают из простых геометрических построений. Возникающее при этом различие между левым и правым изображениями количественно определяется разностью относительных координат двух точек – так называемой относительной горизонтальной *диспаратностью*. Величина и знак диспаратности определяют степень и направление видимого сдвига точек по глубине.

В автостереограммах (будем далее называть их сокращённо – АСГ) для создания объёмных образов также используются горизонтальные диспаратности, только они вводятся в изображение специфическим образом. Секрет АСГ в том, что они имеют квазипериодическую структуру и создаются с таким расчётом, чтобы при фиксации взора не на плоскости АСГ, а ближе или дальше неё, на сетчатках двух глаз получалась задуманная стереопара. «Адекватное» восприятие АСГ предполагает умение наблюдателя направить оси левого и правого глаз не на одну и ту же точку квазипериодического изображения, а на соответствующие точки в соседних периодах. К примеру, для АСГ, показанной на рис. 1а и содержащей шесть периодов, правильным будет рассматривание в условиях *разведения зрительных осей* примерно на величину одного периода узора, т.е. при фиксации зрительной оси левого глаза на центре третьего периода, а оси правого глаза – на центре четвертого периода. Такой способ наблюдения приведёт к совмещению в бинокулярных подсистемах зрения части левого изображения, содержащей периоды 2–6, и части правого изображения с периодами 1–5. На наружных краях общего бинокулярного изображения окажутся непарные части: период 1 – слева и период 6 – справа. Для аналогичной АСГ, показанной на рис. 1б, правильным будет рассматривание в условиях *избыточного сведения* зрительных осей, чтобы в результате настройки глазодвигательной системы оси глаз попадали на соседние периоды *после перекрещивания* перед плоскостью изображения. Во многих альбомах с АСГ около изображений стоят небольшие значки с параллельными или скрещенными стрелками, условно

обозначающие необходимый способ рассматривания. На рис. 1а и 1б такие значки поставлены у нижнего правого угла каждой АСГ. Стереограммы, предназначенные для рассматривания в условиях избыточного разведения (а) и сведения (б) зрительных осей, показаны на схеме в. Стереопары, получающиеся при правильной установке глаз, обведены штриховой линией на схеме г.

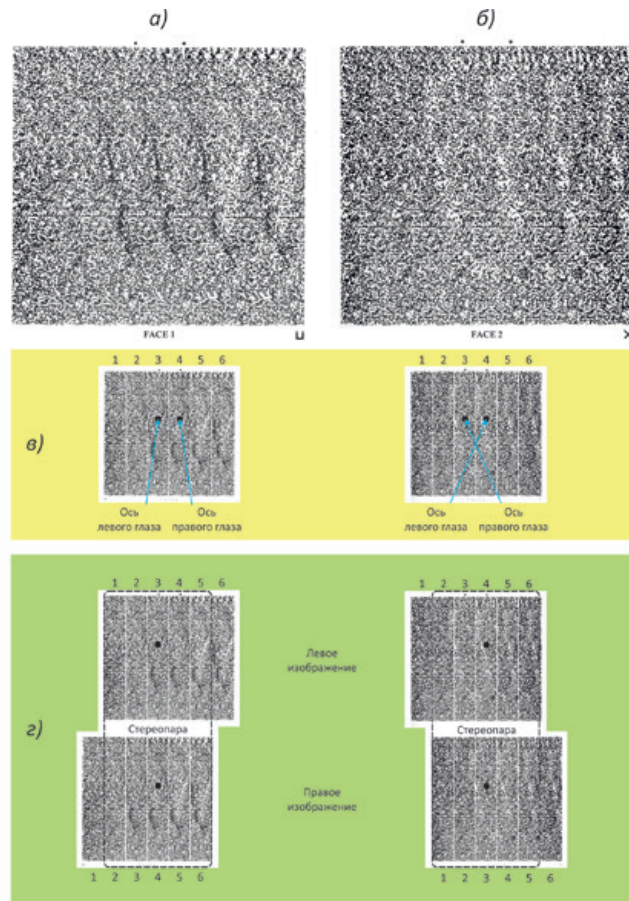


Рис. 1. Автостереограммы из альбома «SG Stereogram» [7]

Искусство изготовления АСГ состоит в создании таких квазипериодических изображений, у которых картинки, включающие накладывающиеся указанным образом периоды, составляли бы стереопару, порождающую задуманный объёмный образ. В настоящее время эта задача решается программными средствами, причём разные авторы предлагают различные алгоритмы. Эра компьютерной генерации АСГ началась примерно в 70-х годах прошлого века. Созданием и совершенствованием АСГ с использованием компьютерной техники много занимались американские, английские, японские, немецкие, французские авторы. Ключевую роль в развитии компьютерных АСГ сыграли работы К. Тайлера, который показал возможность представления на основе АСГ произвольных пространственных картин. Фактически для получения желаемого распределения объектов по глубине сейчас используются аналоги современных карт глубины, которые теперь стали широко известными в связи с распространением техники конвертации 2D фильмов в 3D формат.



К. Тайлер – специалист в области психофизиологии зрения, изобретатель компьютерных автостереограмм

Чтобы сделать закодированные пространственные конфигурации воспринимаемыми только при условии успешной работы бинокулярных механизмов, К. Тайлер, подобно Б. Юлешу, в качестве исходной текстуры использовал случайно-точечные паттерны. Как известно, случайно-точечные стереограммы Юлеша [12–14] получили широкое распространение в теоретических и экспериментальных исследованиях зрения под сокращённым наименованием *RDS* (от **R**andom **D**ot **S**tereogram). Соответственно, вследствие определённой преемственности, случайно-точечные АСГ получили в англоязычной литературе название *SIRDS* – **S**ingle **I**mage **R**andom **D**ot **S**tereogram, которое позже было перенесено и на АСГ не с точечными, а с более сложными исходными текстурами. В настоящее время поисковые системы Интернета по запросу «*SIRDS*» выдают информацию об АСГ с самыми различными текстурами.

В 1979 году, используя квазипериодические случайно-точечные паттерны и вводя нужные сдвиги, К. Тайлер и его программистка М. Кларк получили первые компьютерные случайно-точечные автостереограммы. Подробное описание техники создания автостереограмм авторы опубликовали позднее [17]. Одна из первых автостереограмм этих авторов показана на рис. 2.

Примечательно, что искусный японский автор Масаюки Ито (Masayuki Ito) сумел ранее (в 1970 году) ручным способом создать аналогичную случайно-точечную АСГ с

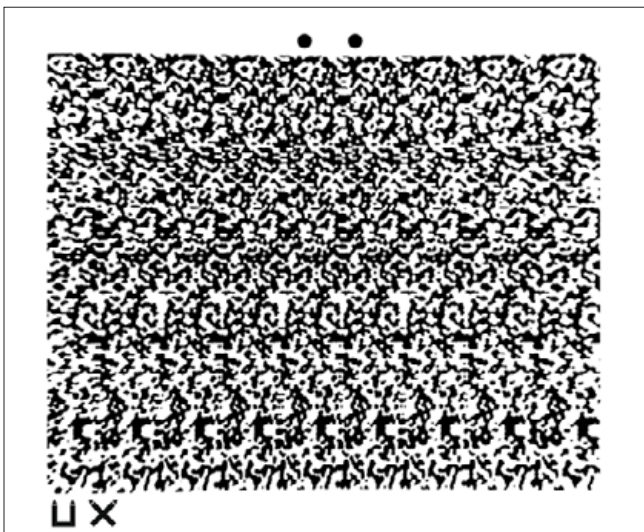


Рис. 2. Автостереограмма, созданная Тайлером и воспроизведённая во многих изданиях, в частности, в [16] на с. 87

объектами, которые не видны при обычном рассматривании (цит. по [19]).

В популярной литературе случайно-точечные АСГ постепенно заменились на более красочные и более впечатляющие АСГ, формируемые из разнообразных по форме и разноцветных мелких фигур или пятен. В некоторых АСГ используются комбинации крупных узнаваемых предметов и мелких элементов, порождающих при правильном фузирании АСГ объёмные образы, не воспринимаемые при обычном рассматривании страницы с изображением. Поскольку появление объёмных образов за счёт особого способа рассматривания АСГ воспринимается как чудо, АСГ получили название «магические картинки». Закодированные в АСГ виртуальные трёхмерные объекты и сцены могут легко восприниматься даже детьми детского сада.

По сути дела, переход в создании АСГ от случайно-точечных текстур к мозаичным текстурам из крупных и мелких предметов можно считать возвращением к началу истории АСГ, поскольку идея АСГ основана на иллюзии обоев, впервые описанной Р. Смитом в его четырёхтомном учебнике по оптике ещё в XVIII в. (Smith, 1738). Эта иллюзия состоит в том, что при наблюдении стены, оклеенной обоями с узором, содержащим периодические вертикальные ряды, рисунок обоев может восприниматься не на плоскости стены, а перед ней или позади неё. На рис. 3 схематически показано, как и почему это происходит. Положение стены с обоями обозначено пунктирной линией. В зависимости от условий разглядывания видимый образ обоев формируется на стене (а), перед стеной (б) или за стеной (в).

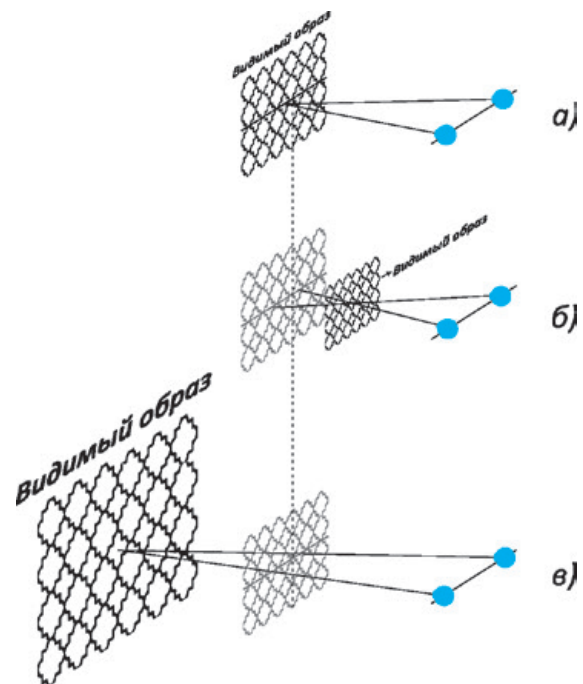


Рис. 3. Иллюстрация к объяснению иллюзии обоев: схемы разглядывания обоев при нормальной фиксации взгляда на стене (а), в условиях избыточной (б) и недостаточной (в) конвергенции зрительных осей

Вверху показан вариант обычного наблюдения, когда человек фиксирует двумя глазами одну и ту же деталь обоев на плоскости стены в центре показанного фрагмента. При этом угол конвергенции глазных осей и воспринимаемое расстояние до узора обоев соответствуют расстоянию до стены. В середине показан вариант, когда человек фиксирует глазами не одну центральную точку, а соответствующие точки узора на соседних рядах, причём правым глазом – в левом ряду, а левым – в правом. В этом случае угол конвергенции больше, чем при правильной бификсации, и зрительные оси двух глаз пересекаются перед плоскостью стены, куда и смещается воспринимаемая картина обоев. Одним из следствий такого способа наблюдения является кажущееся уменьшение узора обоев. На нижней схеме показан другой способ наблюдения обоев с фиксацией левым и правым глазом разных рядов: в этом случае зрительные оси пересекаются за плоскостью стены, угол конвергенции меньше, чем при правильной бификсации, а видимый образ обоев формируется позади стены. В отличие от предыдущего случая наблюдаемый фрагмент обоев кажется увеличенным. Увеличение/уменьшение видимых образов объясняется тем, что при сведении/разведении зрительных осей размеры изображения обоев на сетчатках не меняются, но обои интерпретируются как расположенные не на стене, а в плоскости бификсации (конвергенции). Это приводит к естественному «масштабированию» видимых образов в соответствии с воспринимаемым расстоянием. При подходящих значениях периода узора обоев зрительные направления глаз можно смещать от точки бификсации на стене не только на один период, но и на два или более, что позволяет сдвигать видимый образ обоев на значительное расстояние от стены вдаль или ближе к наблюдателю.

Различные интересные вариации иллюзии обоев предлагались разными авторами, но по-настоящему принципиальным шагом в направлении создания АСГ стало наблюдение Д. Брюстера, связанное с наличием в обоях небольших дефектов, выражающихся в горизонтальном смещении отдельных деталей в некоторых вертикальных рядах. Д. Брюстер известен как автор фундаментальных трудов в области геометрической оптики и поляризации света, в частности, открывший круговую поляризацию; им был изобретён калейдоскоп и предложена конструкция стереоскопа, которая используется до настоящего времени.

Д. Брюстер переоткрыл иллюзию обоев и, исследуя её, обнаружил, что при фиксации левым и правым глазом разных рядов рисунка дефектные смещения создают сетчаточные диспаратности, приводящие к восприятию смещённых деталей вне плоскости основного узора [5]. Это навело на мысль создавать горизонтальные сдвиги соответствующих точек в разных рядах сознательно и целенаправленно, имея в виду формирование определённых объёмных образов при фузирании периодических



Д. Брюстер (1781–1868) – шотландский учёный-физик



Л.Н. Могилёв (1922–1985) – специалист в области структурно-функциональной организации системы пространственного зрения

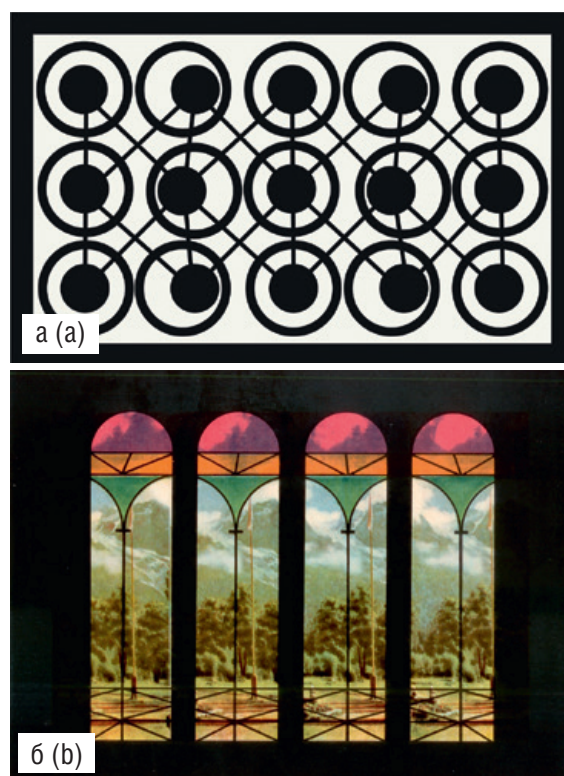


Рис. 4. Квазипериодические изображения из статьи Л.Н. Могилёва [2], фактически представляющие собой АСГ

узоров в условиях недостаточной или избыточной конвергенции. Фактически это означало создание АСГ, хотя сам термин появился позже. Первые АСГ создавались вручную, причём некоторые авторы достигали высоких степеней совершенства. Работали в этом направлении и отечественные исследователи. В качестве примера можно привести два простых и легко фузируемых изображения (рис. 4а и 4б) из давней популярной статьи [2] российского учёного Л.Н. Могилёва, который много и успешно занимался пространственным восприятием, изобретателя оригинальных стимулов для наблюдения стереокинетического эффекта, автора монографии «Механизмы пространственного зрения» [3].

Параллельно с совершенствованием техники создания АСГ предпринимались попытки их использования в научных исследованиях бинокулярного зрения [4, 6] для создания своеобразных произведений изобразительного искусства, средств развлечения и фильмов [8]. В рамках одной журнальной статьи охватить эти направления творческих поисков не представляется возможным. Читателям, интересующимся вопросами создания, совершенствования и применения АСГ, можно рекомендовать соответствующие главы из трёхтомной монографии Я. Говарда и Б. Роджера «Восприятие глубины» [9–11] и обзоры К. Тайлера [17–19] и Ж. Ниньо [15], а желающим подробнее ознакомиться с художественными достижениями – многочисленные альбомы и интернет-ресурсы.

Способность к восприятию АСГ

Поскольку при наблюдении АСГ условием успешного формирования объёмного видимого образа является согласованная работа окуломоторных систем двух глаз и нормальное функционирование центральных мозговых отделов бинокулярного зрения, рассматривание АСГ является прекрасным средством проверки, развития и укрепления пространственного восприятия. Имея набор АСГ с различными параметрами, можно проводить оценку состояния фузионных механизмов, в связи с чем такой набор был включён нами в методическое пособие, содержащее тесты для комплексной проверки зрительных способностей [4]. В настоящее время в лаборатории зрительных систем ИППИ РАН создана интерактивная компьютерная программа МАГИСТР [1], которая не только позволяет оценивать исходную способность человека воспринимать АСГ, но и обеспечивает возможность обучать тех, кто не сумел достичь успеха, испробовав обычно рекомендуемые некомпьютерные методы. Принцип работы этой программы и результаты работы с ней будут представлены в другой публикации. В настоящей статье мы сочли полезным привести результаты наших ранних исследований восприятия АСГ детьми детского сада возраста и эффективности обучения восприятию АСГ.

Прежде чем изложить полученные результаты, отметим, что у людей, впервые сталкивающихся с рассматриванием АСГ, правильное восприятие АСГ редко наблюдается спонтанно. Поскольку обычная работа с изображениями требует фиксации взгляда на картинке, а восприятие АСГ предполагает отказ от такого способа, необходимо объяснить испытуемому, как надо смотреть на АСГ, и добиться формирования у него стабильных объёмных образов. Иногда для этого хватает нескольких минут, но чаще требуется несколько десятков минут или большее время. Обычно к открыткам и альбомам с АСГ прилагается инструкция, объясняющая, что необходимо сделать, чтобы получить нужный эффект. Имеется много различных способов, помогающих визуализировать трёхмерные объекты и сцены, закодированные в АСГ [4], но ключевым моментом во всех случаях является создание какого-ни-

будь стимула для фиксации взгляда не на плоскости листа, а за ним или перед ним. При этом обычно происходит некоторая расфокусировка сетчаточных изображений. Расфокусировка переводит зрительную систему в режим поиска оптимальных условий рассматривания. В процессе этого поиска наступает момент, когда зрительные оси левого и правого глаз пересекают автостереограмму в точках, сдвинутых по горизонтали примерно на величину периода повторения узора (как на рис. 1). В этот момент сетчаточные изображения оказываются как раз соответствующими стереопаре с закодированными трёхмерными объектами, и человек начинает видеть эти объекты. Теперь их можно детально рассматривать, свободно перемещая взгляд по всей площади АСГ, но при этом необходимо сохранять найденное *взаимное положение* зрительных осей. После небольшой тренировки человек научается делать это непроизвольно и любит трёхмерными сценами, не прилагая специальных усилий.

В процессе обучения сначала предлагается опробовать описанные ниже 10 приёмов, которые рассчитаны на недоконвергенцию и нескрещенную фузию, т.е. на ситуацию, когда человек направляет взгляд за плоскость АСГ, и оси глаз пересекаются позади неё. Большая часть публикуемых автостереограмм предполагает именно такой способ рассматривания. Ситуация избыточной конвергенции и скрещенной фузии, когда оси глаз пересекаются перед страницей, для многих людей представляет значительные трудности, хотя встречаются и обратные ситуации. В любом случае желательно сначала хорошо усвоить один из способов – либо надлежащее разведение осей глаз, либо избыточное сведение, а затем переходить ко второму.

Приёмы, облегчающие восприятие автостереограмм

1. Приближение АСГ к глазам для расфокусировки изображения

Поднесите рассматриваемую АСГ к глазам так близко, чтобы она почти касалась кончика носа. Картинка окажется при этом сильно размытой, так как аккомодационный аппарат глаз не может обеспечить фокусировку на таком малом расстоянии, выходящем за пределы рабочего диапазона. Для глазодвигательной системы это расстояние также является запредельным, и она не может обеспечить нужную конвергенцию – сильное сведение зрительных осей, необходимое для бификсации (т.е. фиксации одновременно двумя глазами) точек на плоскости АСГ. В результате попытки фиксировать взгляд на АСГ прекратятся, оси глаз встанут почти параллельно, и глаза будут смотреть как бы сквозь картинку. Теперь начните медленно отодвигать АСГ от глаз со скоростью примерно 1 см в секунду. Аккомодационная и глазодвигательная системы войдут в режим поиска, будут варьировать состояние аккомодации и позиции глаз, в результате чего зрительная сенсорная система вскоре «обнаружит» закодированные в АСГ фрагменты трёхмерных объектов. Продолжайте смотреть как бы сквозь страницу – и трёхмерная сцена проявится полностью со всеми деталями.

2. Накрывание АСГ стеклом и разглядывание своего отражения

Накройте АСГ прозрачным стеклом или пластиком и рассматривайте своё «зеркальное» отражение в нём. Если для печати АСГ использована глянцевая бумага, можно обойтись и без стекла. Когда вы сосредоточитесь на своём отражении, изображение АСГ на сетчатках глаз станет несколько расфокусированным. Теперь расслабьтесь и попробуйте медленно перемещать точку фиксации взгляда по глубине относительно своего отражения. В какой-то момент вы почувствуете, что с плоским изображением АСГ что-то происходит. Постарайтесь не напрягаться, сохраняя расслабленное состояние, и через некоторое время вы увидите объёмную сцену. Иногда для получения стереоэффекта требуется несколько десятков секунд.

3. Добавление источника света

Эффективность второго способа можно усилить, добавив источник света, высоту которого над столом можно регулировать. Установив источник света таким образом, чтобы отражался в стекле рядом с АСГ, смотрите на изображение источника. Перемещая источник по высоте, добейтесь появления объёмных образов и наиболее комфортных условий их восприятия.

4. Использование парных меток

В некоторых альбомах с АСГ над каждой картинкой примерно посередине стоят пары меток – точек или кружочков. Расстояние между ними соответствует периоду повторения узора в АСГ. Такие метки помогают найти необходимое взаимное расположение глаз. Устремляя взгляд за плоскость АСГ, сначала добейтесь полного двоения меток, т.е. получите четыре метки, а затем постарайтесь слить две средние метки в одну. Это будет признаком того, что позиция ваших глаз соответствует условиям наблюдения трёхмерных объектов, закодированных в данной АСГ. Не меняя взаимного положения глазных осей, медленно переведите внимание с уровня меток на центр АСГ – и вы увидите объёмную картину.

5. Использование АСГ на прозрачных плёнках

Есть люди, которым трудно получить стереоэффект указанными выше способами, так как им очень трудно вообразить, что они могут что-то увидеть сквозь непрозрачную страницу. При обучении таких людей восприятию АСГ можно использовать прозрачные картинки – например, полученные путём копирования страниц из обычных альбомов на специальную прозрачную плёнку. Такие прозрачные АСГ можно укрепить на окне или на стеклянной крышке ящика с подсветом.

6. Варьирование периода повторения узора

У некоторых людей есть сильно выраженные предпочтения в отношении позиций глаз, связанные с определёнными привычками или аномалиями. Такие люди испытывают затруднения в восприятии АСГ с периодом повторения узора, не соответствующим предпочитаемым углам конвергенции. Чтобы не запугать таких людей трудностями, им надо сразу предложить большой набор автостереограмм с различными периодами повторения –

пусть они переберут их, не задерживаясь долго на трудных для них картинках, и «нащупают» свой оптимальный диапазон. Только натренировавшись на АСГ с периодами, близкими к оптимальным, таким людям можно переходить к АСГ с другими периодами.

7. Использование отстоящей рамки

Людям, которым трудно оторвать взгляд от плоскости рисунка, иногда помогает введение в поле зрения рамки, отстоящей от страницы с АСГ на несколько сантиметров. Наличие такой рамки стимулирует перемещение взгляда по глубине и облегчает задачу его устремления за плоскость картинки.

8. Использование разделителя полей зрения

Положите АСГ с двумя метками на стол и поставьте между метками вертикально непрозрачный лист картона или плотной бумаги, который будет играть роль разделителя полей зрения двух глаз. Наклонитесь над рассматриваемым изображением, ориентируя голову так, чтобы каждый глаз видел только одну метку и смотрел прямо на неё. Медленно выдвигайте разделитель из поля зрения, стараясь не менять позиции глаз. Когда разделитель уйдёт из поля зрения, вы увидите три метки. Теперь, не торопясь, переведите внимание на середину АСГ, чтобы увидеть закодированную в ней объёмную картину.

9. Рассматривание удалённого объекта

Требуемой установки глазных осей можно добиться и простым рассматриванием удалённого объекта, например, стены. При этом ваш напарник, стоящий между стеной и вами и держащий АСГ, должен медленно вдвигать АСГ в поле вашего зрения, призывая вас не менять установки глаз вдаль. Если заранее правильно подобрать расстояние до удалённого объекта в соответствии с периодом АСГ, способ может быть очень эффективным.

10. Использование маленького отверстия в странице с АСГ

Предыдущий способ можно несколько видоизменить, предложив обучающемуся рассматривать удалённый объект одним глазом через небольшое отверстие в странице с АСГ, сделанное посередине той центральной полосы, которую должен фиксировать выбранный глаз. Способ будет особенно эффективным, если рассматриваемый удалённый объект слегка перемещать по глубине. В соответствии с законами функционирования окуломоторной системы, «свободный от работы» второй глаз будет при этом автоматически поворачиваться таким образом, чтобы его ось как бы направлялась на объект, рассматриваемый первым глазом, хотя его второму глазу и не видно. В какой-то момент взаимное расположение зрительных осей окажется соответствующим периоду узора, и обучающийся увидит закодированную объёмную картину.

Результаты тестирования и обучения восприятию АСГ детей 6–7 лет

Способность детей воспринимать АСГ тестировали при помощи открыток размером 15x10 см (первый уро-

вень), альбомов с АСГ размером 20х20 или 20х30 см (второй уровень) и АСГ картин размером 40х50 или 50х60 см (третий уровень). Поскольку открытки с АСГ имели небольшие размеры и, как правило, кодировали один простой стереообъект в центральной области, задача их адекватного восприятия условно считалась задачей первого уровня сложности. Альбомы содержали АСГ большего размера, которые кодировали объекты более сложной формы или несколько объектов на разной глубине; такие АСГ требовали *больших* усилий для успешного восприятия, поэтому они были отнесены ко второму уровню сложности. Картины, представляющие собой АСГ самого крупного размера, кодировали сложные объёмные композиции или сцены, которые требовали ещё более напряжённой работы фузионных механизмов, в связи с чем и были отнесены к третьему уровню сложности. Примеры использованных пособий приведены на рис. 5. С открытками и альбомами дети работали, сидя за столом. Картины были укреплены на стене, и дети рассматривали их, стоя на подходящем расстоянии. Экспериментальные исследования проводились студенткой 5-го курса факультета дошкольного воспитания МПГУ Ивановой Людмилой в рамках выполнения ею дипломной работы в 1997 году, когда альбомы с АСГ стали издаваться массовыми тиражами, и дети стали проявлять к ним большой интерес.

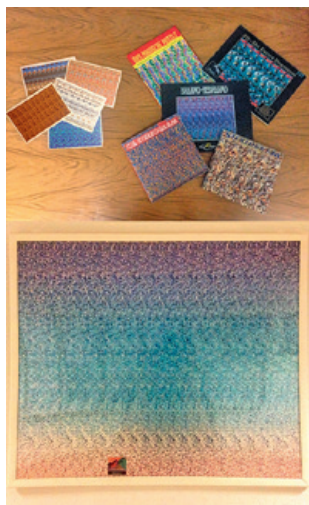


Рис. 5. Примеры пособий, использованных при тестировании детей. На фоне картины, которая была укреплена на стене и закрыта стеклом, видна тень наблюдателя

Результаты обучения

Результаты обучения детей представлены на рис. 6. Зелёными стрелками отмечено достижение первого, второго и третьего уровня в ходе первого занятия. Сиреневые стрелки показывают результаты, достигнутые благодаря последующему обучению.

Первое занятие, на котором выявляли исходную способность воспринимать АСГ, продолжалось 30 минут. В начале занятия педагог объяснял, как нужно рассматривать предлагаемый тестовый материал, а в конце занятия проверял успешность восприятия стереообразов, используя разные АСГ и задавая контрольные вопросы. В итоге первого занятия из 34 детей 22 ребёнка научились воспринимать АСГ на открытках (уровень 1), из них 12 детей освоили также альбомы (уровень 2) и 9 детей – все предложенные тесты (уровень 3). Резуль-

таты первого занятия, которые можно считать исходными данными, представлены на рис. 6 зелёными стрелками, оканчивающимися на соответствующем уровне. Из всех 34-х детей только два ребёнка не смогли добиться никакого успеха.

Обучающие занятия также продолжались по 30 минут и отличались от первого занятия только более активным взаимодействием детей с педагогом, который мог уделить больше внимания каждому ребёнку, так как в подгруппах было всего по три человека. После завершения курса обучения АСГ на открытках стали успешно воспринимать 32 ребёнка (добавилось 10), АСГ в альбомах – 28 детей (добавилось 16) и АСГ на картинах – 24 ребёнка (добавилось 15). Результаты завершающего тестирования представлены на рис. 6 сиреневыми стрелками. За отведённое для занятий время два ребёнка так и не смогли научиться (две правые точки на нулевом

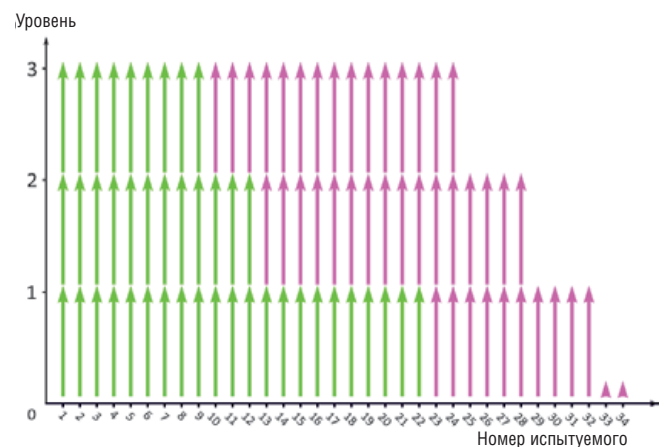


Рис. 6. Результаты обучения детей (34 ребёнка) с нормальным бинокулярным зрением из специализированного детского сада

уровне), и ещё два отказались заниматься после «освоения» открыток (видимо, им было трудно). Однако подавляющее большинство детей занимались с удовольствием и очень эмоционально выражали свой восторг, когда вместо плоского листа начинали видеть объёмные сцены. Чтобы зафиксировать успешность восприятия АСГ, можно было даже не спрашивать ребёнка – его лицо обычно расплывалось в улыбке и выражало удовольствие от рассматривания необычной картины.

Заключение

Суммируя данные литературы и результаты собственных исследований, можно заключить, что АСГ могут использоваться:

- для создания своеобразных и впечатляющих произведений искусства и средств развлечения, доставляющих удовольствие и способствующих релаксации в случае напряжения;
- для разработки наборов тестовых и тренировочных изображений и интерактивных компьютерных программ,

имеющих целью оценку состояния и развитие механизмов бинокулярного зрения;

- для создания полноценных пространственных спецэффектов в обычных 2D фильмах, не требующих для просмотра вспомогательных приспособлений.

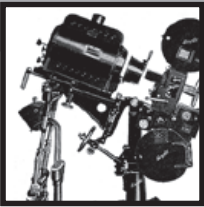
К сожалению, приходится констатировать, что, несмотря на огромное количество интересных исследований и красочной типографской продукции, потенциальные возможности АСГ пока реализуются лишь в малой степени. В некоторых странах АСГ большого размера устанавливаются в общественных местах, в отдельных учебных заведениях АСГ используются на занятиях. В лаборатории зрительных систем ИППИ РАН продолжают работы по применению АСГ для проверки, развития и тренировки бинокулярных функций. Однако настоящее признание достоинств и возможностей АСГ ещё потребует от создателей этих специфических стереограмм большой работы по внедрению их изобретений в науку, медицину, изобразительное искусство и кинематографию. ■

ЛИТЕРАТУРА

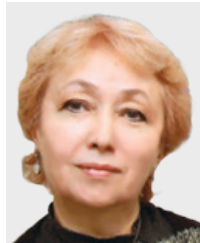
1. *Большаков А.С., Белокопытов А.В., Грачёва М.А., Рожкова Г.И.* Интерактивная программа для обучения восприятию автостереограмм и развития бинокулярных функций МАГИСТР. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016613669 от 01.04.2016.)
2. *Могилёв Л.Н.* Резервы нашего зрения / Аврора. 1963. № 2. С. 40–41.
3. *Могилёв Л.Н.* Механизмы пространственного зрения. Л.: Наука, 1982, 112 с.
4. *Рожкова Г.И., Токарева В.С.* Таблицы и тесты для оценки зрительных способностей. М.: ВЛАДОС, 2001. 102 с.
5. *Brewster D.* On the knowledge of distance given by binocular vision. Trans. Royal Soc. Edin. 1844. Vol. 15. P. 663–674.
6. *Burt P., Julesz B.* (1980) A disparity gradient limit for binocular fusion. Science, 208, 615–617.
7. CG Stereogram. (Ed. Horibuchi, S.). Tokyo: Shogakukan, 1992, 96 p (P. 22–23).
8. *Dyckman D.* Hidden Dimensions: Use Your Deep Vision to Solve Mazes, Riddles, and Other Perplexing Puzzles. New York: Harmony Books, 1994.
9. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 1. Basic mechanisms. Oxford: Oxford University Press, 2012. 664 p.
10. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 3. Other mechanisms of depth perception. Oxford: Oxford University Press, 2012. 392 p.
11. *Howard I.P., Rogers B.J.* Perceiving in depth. Vol. 2. Stereoscopic vision. Oxford: Oxford University Press, 2012. 635 p.
12. *Julesz B.* Binocular depth perception of computer-generated patterns / Bell Syst. Techn. J. Vol. 39. N 5. P. 1125–1162. 1960.
13. *Julesz B.* Binocular depth perception without familiarity cues / Science. Vol.145. P. 356–362. 1964.
14. *Julesz B.* Foundation of cyclopean perception. Chicago: Univ. Chicago Press, 1971. 406 p.
15. *Ninio J.* The science and craft of autostereograms / Spatial Vision. 2007. Vol. 21(1). P. 185–200.
16. Stereogram. San Francisco: Cadence Books, 1994, 95 p.
17. *Tyler C.W., Clarke M.B.* The autostereogram / Proc. SPIE. N 1256. P. 182–197. 1990.
18. *Tyler C.W.* The Birth of Computer Stereograms for Unaided Stereovision. In Stereogram. Horibuchi, S. (Ed.). San Francisco: Cadence Books, 1994. P. 83–89.
19. *Tyler, C.W.* Autostereogram. Scholarpedia, 2014. 9(4):9229.
20. <http://www.scholarpedia.org/article/Autostereogram>

REFERENCES

1. *Bolshakov A.S., Belokopytov A.V., Gracheva M.F., Rozhkova G.A.* Interactive software MAGISTR for learning how to perceive autostereogram and for improving binocular functions. Sertificate of Russian State Registration №2016613669; 01.04.2016.
2. *Mogilev L.N.* The reserves of our vision / Aurora. 1963. № 2. P. 40–41.
3. *Mogilev L.N.* The mechanisms of spatial vision. L.: Nauka, 1982. 112 p.
4. *Rozhkova G.I., Tokareva V.S.* The charts and tests for assessment of visual capabilities. M.: Vldos, 2001. 102 p.
5. *Brewster D.* On the knowledge of distance given by binocular vision. Trans. Royal Soc. Edin. 1844. Vol. 15. P. 663–674.
6. *Burt P., Julesz B.* (1980) A disparity gradient limit for binocular fusion. Science, 208, 615–617.
7. CG Stereogram. (Ed. Horibuchi, S.). Tokyo: Shogakukan, 1992, 96 p (P. 22–23).
8. *Dyckman D.* Hidden Dimensions: Use Your Deep Vision to Solve Mazes, Riddles, and Other Perplexing Puzzles. New York: Harmony Books, 1994.
9. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 1. Basic mechanisms. Oxford: Oxford University Press, 2012. 664 p.
10. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 3. Other mechanisms of depth perception. Oxford: Oxford University Press, 2012. 392 p.
11. *Howard I.P., Rogers B.J.* Perceiving in depth. Vol. 2. Stereoscopic vision. Oxford: Oxford University Press, 2012. 635 p.
12. *Julesz B.* Binocular depth perception of computer-generated patterns / Bell Syst. Techn. J. Vol. 39. N 5. P. 1125–1162. 1960.
13. *Julesz B.* Binocular depth perception without familiarity cues / Science. Vol.145. P. 356–362. 1964.
14. *Julesz B.* Foundation of cyclopean perception. Chicago: Univ. Chicago Press, 1971. 406 p.
15. *Ninio J.* The science and craft of autostereograms / Spatial Vision. 2007. Vol. 21(1). P. 185–200.
16. Stereogram. San Francisco: Cadence Books, 1994, 95 p.
17. *Tyler C.W., Clarke M.B.* The autostereogram / Proc. SPIE. N 1256. P. 182–197. 1990.
18. *Tyler C.W.* The Birth of Computer Stereograms for Unaided Stereovision. In Stereogram. Horibuchi, S. (Ed.). San Francisco: Cadence Books, 1994. P. 83–89.
19. *Tyler C.W.* Autostereogram. Scholarpedia, 2014. 9(4):9229.
20. <http://www.scholarpedia.org/article/Autostereogram>



МЕТОД ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ФРАКТАЛЬНОЙ ТОМОГРАФИИ для 3D видения



Н.К. Трубочкина, д.т.н., профессор, НИУ ВШЭ, ntrubochkina@hse.ru;
Н.В. Кондратьев, к.т.н., kondr1216@mail.ru, филиал «НИКФИ»
АО «ТПО «Кино студия им. М. Горького», РФ

Аннотация

Предлагается метод трёхмерной художественной фрактальной томографии, осуществляющий безочковую 3D визуализацию фрактальных миров в слоистых средах, предназначенный для безочкового 3D видения цифровых арт-объектов и фильмов, содержащих фрактальный контент. Рассматриваются перспективы развития этого метода в арт-галереях и киноиндустрии.

Ключевые слова: 3D видение, 3D безочковая визуализация, метод художественной фрактальной томографии.

METHOD OF ARTISTIC FRACTAL TOMOGRAPHY FOR 3D VISION

N.K. Trubochkina, d.t.s., Prof., National Research University Higher School of Economics; N.V. Kondratiev, Ph.D, branch «Cinema and photo research institute» JSC «Gorky film studio», Russia

Abstract

A method of three-dimensional artistic fractal tomography is proposed that implements a glasses-free 3D visualization of fractal worlds in layered media. Designed for the glasses-free 3D vision of digital art objects and films, containing fractal content. Prospects for the development of this method in art galleries and the film industry are considered.

Keywords: 3D vision, 3D glasses-free visualization, method of artistic fractal tomography.

Введение

Предлагается метод фрактальной томографии – метод художественного статического и динамического 3D видения, основанный на проецировании на прозрачные экраны срезов 3D мультифракталов, разработанный авторами. Метод является последующим развитием более ранних технологий 3D безочковой визуализации.

В предлагаемом методе используется способ разделения 3D фрактального объекта на срезы для нескольких прозрачных экранов, выставленных по глубине объекта. Изображения срезов проецируются одновременно (синхронно в динамике видео), каждый срез проецируется на экран, по удалённости от зрителя соответствующий глубине среза. При фронтальном рассмотрении многослойного экрана с множеством срезов зритель

без дополнительных средств (очков) видит трёхмерный фрактальный мир, меняющийся по глубине, и при боковых смещениях зрителя относительно экрана зритель получает результирующие изображения, соответствующие 3D видению.

3D видение в искусственных системах, как правило, связано со стереокинематографом [1, 2], автостереоскопическими системами [3], голографическими [4] и системами, имитирующими голографическое изображение [5].

Биологически 3D видение основано на том, что глаза, как входные устройства некоего биологического компьютера, получают чуть смещённые относительно друг друга два изображения видимого мира. Мозг, анализируя и учитывая различия в графических изображениях,

«вычисляет» результирующую картину, уже содержащую трёхмерные объекты, и создаёт ощущение глубины. Стереоскопическое зрение было впервые описано в 1838 году Чарльзом Ветстоном (Charles Whetstone) [6], однако стоит отметить, что художники и учёные занимались изучением трёхмерного видения задолго до этого.

Исходя из анализа предистории проблемы, видно, что для искусственной (технической) реализации 3D видения мозг нужно обеспечить информацией:

- о наличии *3D объекта* (функция F0),
- и дать мозгу понять, что у видимого пространства (объекта) есть глубина (функции F1–F8).

Признаки глубины в 3D видении

Чтобы ощущение глубины превратить в функции (F1–F8) и алгоритмы, необходимо рассмотреть совокупность признаков 3D видения, «сигналов» для мозга, к которым можно отнести следующую совокупность свойств:

1. *изменяемая форма различных объектов (F1)* при небольшом боковом смещении наблюдателя;
2. *наличие перспективы (F2)*: удалённые объекты кажутся меньшими, чем близко расположенные. «Параллельные» прямые пересекаются в бесконечности;
3. *перекрытие объектов (F3)*. Если один объект закрывает часть второго объекта, то мозг понимает, что первый объект расположен ближе. Перекрытие позволяет оценить взаимное расположение объектов в изображении по оси наблюдения;
4. *участки различной освещённости. Тени (F4)* позволяют добавлять информацию для мозга о взаимном расположении и высоте объектов;
5. *наличие параллакса (F5)* определяется изменением видимой части и положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя;
6. *чёткость близких текстур на объектах (F6)*. В зависимости от чёткости или расплывчатости текстур на 3D объектах мозг может оценить расстояние до объекта. Расплывчатая текстура на объекте, как правило, говорит о его удалённости;
7. *учёт толщины воздушной среды (F7)*. Чем больше глубина, тем через более толстый слой воздуха, наполненного примесями (туман, взвеси), видны объекты. Удалённые объекты, как правило, прикрыты дымкой, а близко расположенные объекты видны чётче;
8. *аккомодация (F8) (фокусировка)*. Чем ближе 3D объект, тем напряжённее мускулы глаз для обеспечения резкости изображения. Напряжённость глаз даёт мозгу информацию о разных расстояниях до объектов. На дальних объектах глаза расслаблены.

Художники и режиссёры знакомы с перечисленными свойствами 3D видения и используют их в своих картинах, фотографиях и фильмах.

Технические и информационные потребности искусственного 3D видения

Для реализации искусственного 3D видения, являющегося сутью предлагаемого метода математической (фрактальной томографии), рассмотрим его технические (устройства) и информационные (функции, алгоритмы) потребности:

– к техническим потребностям относится то, на чём можно представлять, воспроизводить графическую информацию,

– к информационным потребностям относятся функции свойств 3D безочкового видения, а также технологии и алгоритмы подготовки графической информации, поддерживающие признаки 3D видения.

Технические и информационные потребности метода сведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что, помимо растрового и голографического метода безочкового 3D видения, существует ещё один вариант, сочетающий решение двух задач:

1. *Техническая задача*. Создание многослойной системы отображения специфической графической информации, содержащей все признаки 3D видения (табл. 1).

2. *Информационная задача*. Синтез специфической графической информации для каждого слоя технического решения.

Обзор и анализ решений многослойной визуализации

Известны различные приёмы и технические реализации послойного представления графической информации для создания эффекта 3D видения.

Примером послойного представления графической информации могут служить мультимедийные выставки, где на все возможные плоскости помещения проецируется полиэкранное движущееся изображение. Одной из таких выставок является мультимедийная выставка «БОСХ. Ожившие видения», которая проводилась в центре дизайна ARTPLAY в 2016 г. [7, 8]. Несмотря на то, что проекция на экраны выставки была плоской, для создания ощущения пространства картины были разбиты на несколько объектов – слоёв, находящихся на разных расстояниях от зрителя. Объекты, при перемещении изображения по экрану, двигались сообразно расстоянию до объекта картины, что создавало ощущение 3D изображения.

Другим примером многослойной визуализации и попытки создания эффекта 3D видения являются кулисные технологии. Впервые кулисы, подчёркивающие, помимо прочего, глубину сцены, были применены в 1619 году в театре Фарнезе в Парме (Италия) [9]. Тогда они прикреплялись к постоянным станкам (кулисным машинам), которые двигались в щелях, прорезанных в полу на каждом плане, параллельно рампе. В современном театре сцена оборудована только мягкими кулисами, на которые могут проецироваться, как правило, независимые изображения [10].

Особенностями этих проектов является то, что в сценах применяются плоские изображения независимых объектов.

Табл. 1. Технические и информационные потребности искусственного 3D видения

Fi (0-8)	Признак 3D видения	Обеспечиваемый параметр	Реализация	Особенности информации
F0	3D объекты или модели объектов	Объёмность	Программная. Математическая модель 3D объекта, рассчитываемая на компьютере	Информация, синтезируемая математическими методами – художественный 3D мультифрактал
F1	Изменяемая форма различных объектов	Глубина при движении	Техническая. Слои (экраны)	Сечения (срезы) 3D мультифрактала, соответствующие глубине пространства
F2	Наличие перспективы	Глубина	Техническая. Слои (экраны)	Разный масштаб сечений 3D мультифрактала в слоях, функции глубины и фокуса
F3	Перекрытие объектов	Глубина	Техническая. Слои (экраны)	Сечения (срезы) 3D мультифрактала, соответствующие глубине пространства
F4	Участки различной освещённости. Тени	Глубина, пространственное взаимодействие объектов	В каждом слое	Функции теней при моделировании сечений (срезов) 3D мультифрактала
F5	Наличие параллакса (фактически F1 и F2)	3D, глубина	В каждом слое свой параллакс	Сечения (срезы) 3D мультифрактала, соответствующие глубине пространства
F6	Чёткость близких текстур на объектах	3D, глубина	В нужном слое свой параметр функции Depth2 (размытость)	Использование при синтезе разных сечений (срезов) 3D мультифрактала функций Depth2 (размытость) с различными параметрами
F7	Содержание воздушной среды	Глубина	В каждом слое свой параметр функции Depth2 (размытость)	Использование при синтезе разных сечений (срезов) 3D мультифрактала функций Depth2 (размытость) с различными параметрами
F8	Аккомодация	3D, глубина	В каждом слое свой фокус	Сечения (срезы) 3D мультифрактала, посчитанные с учётом функций глубины и фокуса

Ближайший аналог технического решения

Ближайшим аналогом предлагаемой системы показа объёмного изображения является система проекции на прозрачный слабо рассеивающий экран, но для подчёркивания объёмности предлагается увеличить количество экранов вдоль оси наблюдения и проецировать на каждый экран своё изображение в соответствии с расстоянием до него.

Примером многоэкранного дисплея такого типа может служить Патент №2429513 – Трёхмерный дисплей [11], где «предлагается дисплей с объёмным экраном, состоящим из пакета светорассеивающих жидкокристаллических модуляторов, и с видеопроектором на основе микродисплея, формирующим изображения сечений трёхмерного объекта в плоскостях расположения светорассеивающих жидкокристаллических модуляторов».

Предлагается формировать объёмный предмет с помощью ряда экранов, на каждом из которых воспроизводится соответствующий срез объекта. За счёт того,

что расстояние между экранами мало и экранов много (30–100), объект может быть объёмно воспроизведён во всей толщине такого экрана.

Особенностями данного решения является малая площадь 3D визуализации, большая стоимость аппаратной части и сложности с динамической визуализацией.

Техническая реализация метода фрактальной томографии

При создании демо-версии установки для 3D безочковой визуализации из прототипа был взят принцип проекции на прозрачных экранах и послойной визуализации сечений 3D объектов. Принципиальным отличием от прототипа является способ создания в слоях графической информации. Схематичный вид установки показан на рис. 1, где изображены пять прозрачных слаборассеивающих экранов, или плоскостей, на которые будут проецироваться разные плоскости (сечения) синтезированного математически или специальным способом снятого 3D объекта.

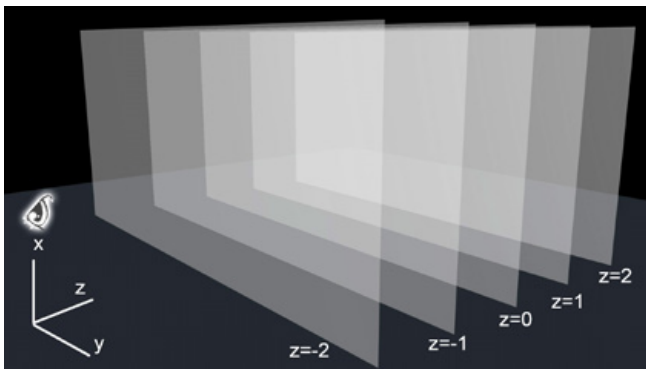


Рис. 1. Вид установки, содержащей 5 прозрачных экранов

При создании модели технического решения были сделаны следующие допущения: экран не поглощает свет, пропускает 90% света, а всё остальное – 10% отражается с равномерной индикатрисой. Последнее изображение имеет меньшую яркость, чем первое, так как каждый экран поглощает часть света, идущую от предыдущих экранов. Отсюда следует, что число экранов должно быть ограничено, а яркость каждого последующего должна быть увеличена, исходя из поглощения света материалом экранов. Но это идеальный случай. В реальности надо учитывать также рассеяние прошедшего света и отражение его от следующих слоёв в сторону зрителя.

Для эксперимента были выбраны три плоскости проекции изображений, исходя из имеющегося в наличии количества проекторов. Схема установки с тремя проекторами показана на рис. 2.

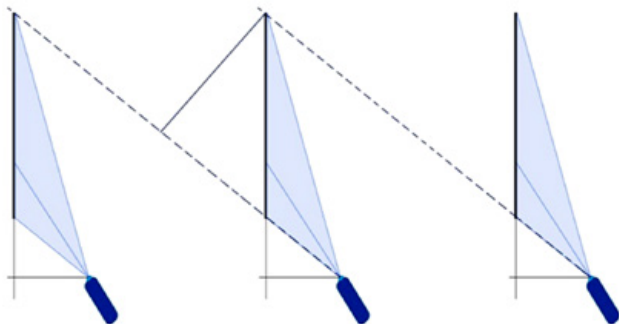


Рис. 2. Схема установки с тремя прозрачными слабо рассеивающими экранами и тремя проекторами

Из схемы видно, что для того чтобы исключить подсветку проектором предыдущего экрана следующего экрана и максимально использовать площадь изображения, а как следствие, разрешающую способность проектора, нижний обрез предыдущего изображения должен совпадать с верхним обрезом следующего изображения. Таким образом, минимальное расстояние между экранами определяется свойствами проектора, а именно, таким параметром как его проекционное расстояние и необходимым размером экрана.

Так как проектор расположен под большим углом к экрану (рис. 3), то расстояние от проектора до плоскости экрана L_1 , L_2 различно для нижней и верхней ча-

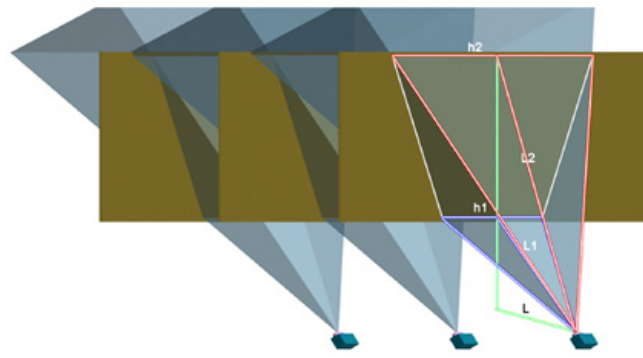


Рис. 3. Возникновение искажений типа трапеции

стей экрана, и, следовательно, ширина изображения h_1 , h_2 на них будет разной.

Так возникают трапециевидные искажения. Решить эту проблему можно либо введя предискажения в проектируемую картину, либо используя встроенную в проектор возможность коррекции таких искажений, либо используя специально рассчитанный для такого рода показа сверхширокоугольный проектор, расположенный на расстоянии L от экрана.

Технология и алгоритмы создания и преобразования графической информации для слоёв многослойной установки фрактальной томографии

Контентом, или информационной составляющей метода фрактальной томографии, являются 3D мультифракталы, математические 3D объекты, обладающие способностью к компьютерному «разрезанию» и «наделению» сечений (срезов) этого объекта всеми свойствами искусственного 3D видения, описанных в табл. 1.

Создание 3D объекта – 3D фрактального мира (F0)

Для примера рассмотрим создание основного 3D объекта, сечения которого будут подвергаться различным математическим преобразованиям, для информационной реализации всех признаков искусственного 3D видения.

Для эксперимента был выбран 3D мультифрактал, состоящий из четырёх фрактальных функций (FF), визуализирующий некий 3D фрактальный мир с объектами, похожими на деревья:

$$\begin{cases} FF1 = \text{Rotate}(X=0.75; Y=0; Z=0.375) \\ FF2 = \text{RotateC}(X=22.875; Y=-48.375; Z=190.125) \\ FF3 = \text{FlipXYc}(c=1) \\ FF4 = \text{AmazingSurf}(\text{Scale}=1.2203125; \text{MinR}=0.125; \text{Fold} = 1.15; \\ X = 5.421875; Y=1.9296875; Z=-14.4296875; \text{ScaleVary} = 0; \\ \text{Sphere_or_Cylind} r = 0) \end{cases} \quad (1)$$

Этот мультифрактал вычислялся в программе Mandelbulb3D [12]. Имена функций взяты из программы, в круглых скобках указаны значения аргументов соответствующей функции. Результат вычислений представлен на рис. 4. Рассмотрим различные возможности этого 3D фрактального мира для использования в методе фрактальной томографии, и технологию, обеспечивающую его безочковую 3D визуализацию.

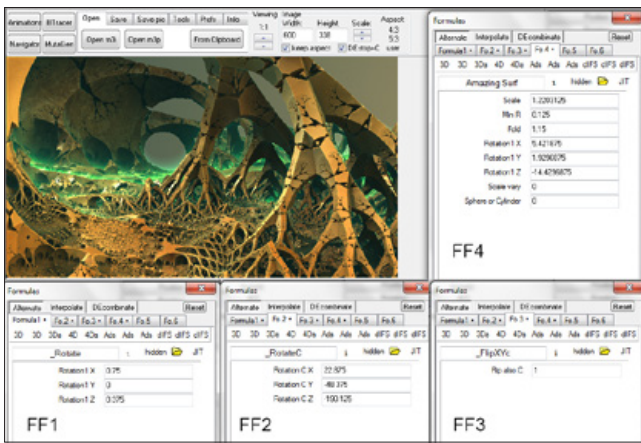


Рис. 4. 3D математический объект – фрактальный мир – 3D мультифрактал и фрактальные функции, его описывающие

Способность к «разрезанию» 3D мира

Для пояснения вычисления сечения (среза) 3D фрактального мира рассмотрим модель «разрезания», изображённую на рис. 5.

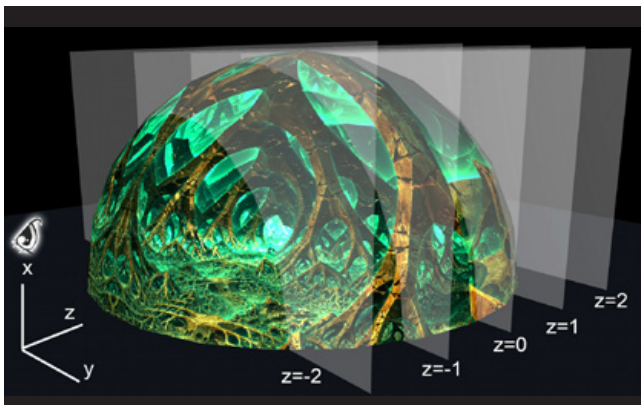


Рис. 5. Вычисление сечений (срезов) 3D мультифрактала

Результаты разрезания – сечения или срезы 3D мультифрактала изображены на рис. 6. Сечения (срезы) 3D мультифрактала представлены в пяти слоях (для прозрачных экранов установки на рис. 5).

«Разрезание» 3D фрактального объекта осуществлялось в программе Mandelbulb 3D для различных сечений по-разному:

- базовое сечение $z=0$ вычислялось при максимальном значении параметра глубины (Depth);
- передние сечения ($z=-1$, $z=-2$) получились при уменьшении параметра глубины вычисления мультифрактала Depth;
- задние сечения были получены при расчёте с использованием функции Cutting (разрезание) с указанием параметра по оси Z координаты отсекающего заднего среза фрактального 3D объекта.

Алгоритмы вычисления сечений 3D мультифрактала с осуществлением приёмов 3D видения с признаками F1-F8

Помимо главного признака объёмности F0: 3D модель объекта, после установления возможности его математического и компьютерного «разрезания», рассмотрим приёмы (алгоритмы) обеспечения в сечениях (срезах) 3D фрактального мира восьми признаков глубины для 3D видения:

- F1: Изменяемые в слоях форма и размер различных объектов.
- F2: Наличие перспективы.
- F3: Перекрывание объектов в слоях.
- F4: Участки различной освещённости. Тени.
- F5: Наличие параллакса.
- F6: Чёткость близких текстур на объектах.
- F7: Учёт содержания и толщины воздушной среды до объекта в сечении 3D объекта.
- F8: Аккомодация.

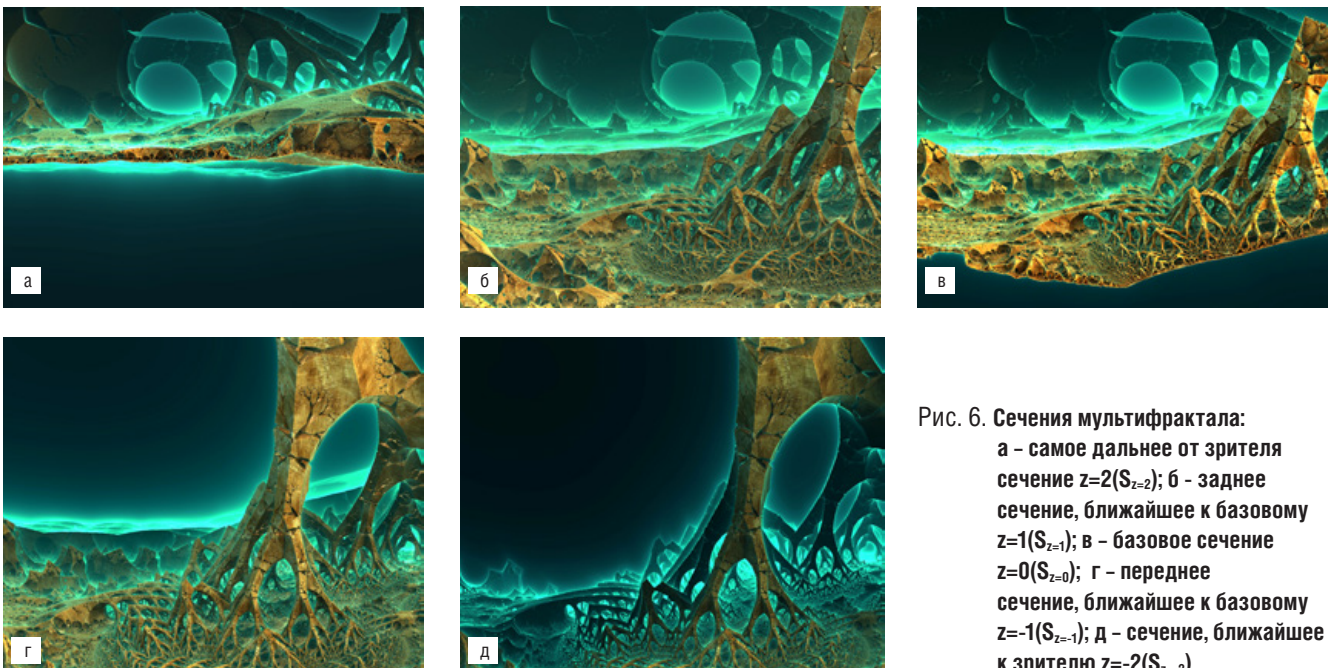


Рис. 6. Сечения мультифрактала: а – самое дальнее от зрителя сечение $z=2(S_{z=2})$; б – заднее сечение, ближайшее к базовому $z=1(S_{z=1})$; в – базовое сечение $z=0(S_{z=0})$; г – переднее сечение, ближайшее к базовому $z=-1(S_{z=-1})$; д – сечение, ближайшее к зрителю $z=-2(S_{z=-2})$

Математическое моделирование признаков 3D видения фрактального мира. F0: объёмность объектов – 3D фрактального мира или 3D компьютерной модели.

Признак объёмности заложен в математическом (для 3D мультифрактала) и компьютерном (3D компьютерная модель) описании самого объекта. Изменение пространственных параметров даёт изменения 3D вида объекта.

F1: изменяемые в слоях форма и размер различных объектов

Признак F1 обеспечивается вычислением сечений (среза) 3D мультифрактала, соответствующих глубине пространства. Для компьютерной реализации используются функция обрезания сзади Depth (Глубина) и функция обрезания спереди Cutting (Разрезание) (рис. 6).

Комплексная реализация признаков объёмности и теней. F0: 3D объекты или модели объектов (модель+тени) и F4: Участки различной освещённости. Тени.

Как уже отмечалось, объёмность (признак F0) сечения мультифрактала есть следствие его 3D математической модели, а различные тени мультифрактала, усиливающие объёмность (признак F4) получаются при включении режимов моделирования Hard Shadow (тяжёлая тень) и Ambient Shadow (окружающая тень). На

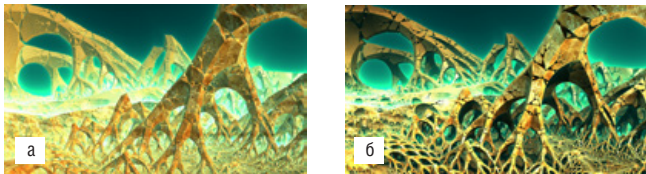


Рис. 7. Комплексная реализация признаков F0 и F4. Пример моделирования комплексных теней в сечении 3D мультифрактала: а – сечение без теней (признак F0), б – сечение с тенями (признаки F0 и F4)

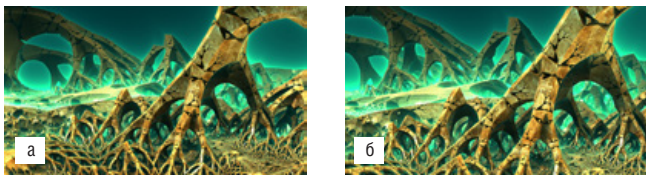


Рис. 8. Комплексная реализация признаков формы, размера и параллакса: а – Depth=10000 FOVy=47, б – Depth=10000 FOVy=36, в – Depth=10000 FOVy=28

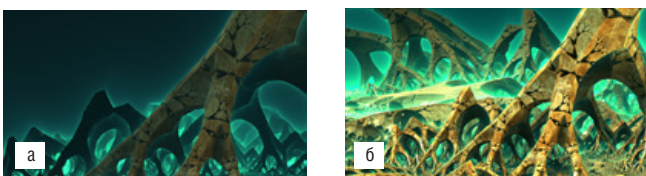


Рис. 9. Сечения для формирования перспективы и перекрытия объектов (в динамике): а – Depth=27 FOVy=26, б – Depth=10000 FOVy=36

рис. 7 показаны результаты моделирования признаков F0 и F4 (объёмность и тени) на одном из сечений 3D фрактального мира.

На рис. 7а видна объёмность самого 3D объекта (мультифрактала), а на рис. 7б его объёмность усиливается за счёт теней от различных источников (задаваемых световых источников и поверхностей 3D объекта, отражающих свет).

Комплексная реализация изменения признаков формы, размера и параллакса – F1: Изменяемые в слоях форма и размер различных объектов – F5: Наличие параллакса – F8: Аккомодация (рис. 8)

Изменение признаков объёмности и глубины осуществляется с помощью параметров Depth (глубина) и FOVy (фокус).

При одинаковой большой глубине пространства Depth=10000, меняя фокус, можно добиваться изменений форм и размеров объекта, управлять аккомодацией и параллаксом (для видео).

Комплексная реализация признаков перспективы и перекрытия объектов F2: Наличие перспективы (слои) – F3: Перекрытие объектов (слои со срезами мультифрактала)

Перспектива и перекрытие объектов формируются разными сечениями для различных слоёв с помощью одновременного изменения параметров глубины и фокуса (рис. 9). Для коррекции слоёв, в зависимости от потребности, может дополнительно применяться изменение масштаба сечения (среза) 3D мультифрактала (параметр Scale).

Через тёмную область в левом верхнем углу сечения с короткой глубиной Depth=27 и маленьким фокусом FOVy=26 на рис. 9а (выпуклая увеличенная передняя часть 3D мультифрактала), проецируемую на прозрачный экран, будет видно следующее сечение (рис. 9б) с большой глубиной Depth=10000 и большим фокусом FOVy=36. Такие параметры позволят создать ощущение перспективы на установке фрактальной художественной томографии.

Пересечение объектов обеспечиваются разными сечениями фрактального мира с различной глубиной и фокусом и особенно хорошо видно в динамике (либо при боковом перемещении наблюдателя, либо в видео).

Комплексная реализация признаков F6: Чёткость близких текстур на объектах и F7: Учёт содержания и толщины воздушной среды до объекта в сечении 3D объекта

Реализация признаков размытости для текстур поверхностей и объектов 3D мультифрактала (рис. 10)

осуществляется с помощью функции Depth2 интервала размытости на глубине пространства (Z1–Z2).

На рис. 10а представлено сечение 3D мультифрактала без использования Depth2 – функции интервала размытости на глубине пространства (Z1–Z2), на рис. 10б – сечение с использованием этой функции, задан интервал «размытости» Z1=1.37 -Z2=13.37 и дополнительные параметры: Aperture=0.2 ClippingR=e6.

Управляющие параметры, функции и алгоритмы метода художественной фрактальной томографии, как одного из методов 3D визуализации, сведены в таблицу 2.

Демонстрации совмещения сечений 3D мультифрактала для достижения эффекта 3D безочкового видения при различном количестве срезов приведены на рис. 11 и 12.

На рис. 11 показано совмещение двух слоёв, на рис. 12 – совмещение трёх слоёв (срезов) 3D мультифрактала: а - вид с поворотом (для динамики) оглядывания многослойного экрана, б – фронтальный вид.

При фронтальном (б) просмотре и боковом (а) оглядывании многослойного экрана (рис. 11 и 12) видно смещение объектов различных сечений относительно друг друга, а применение функции Depth2 (функция интервала размытости на глубине пространства) дополнительно усиливает ощущение глубины.

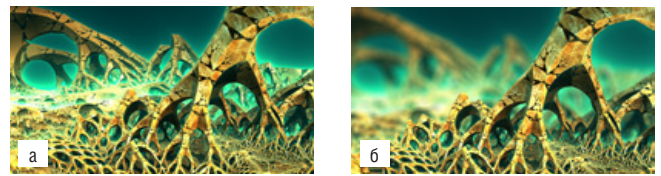


Рис. 10. Реализация признаков размытости для текстур поверхностей и объектов 3D мультифрактала: а - функция Depth2 отключена, б - использована функция Depth2 (Z1=1.37 Z2=13.37 Aperture=0.2 ClippingR=e6)

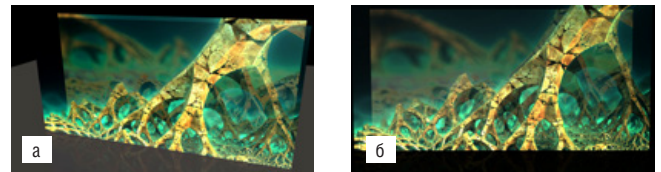


Рис. 11. Установка, состоящая из двух слоёв (срезов) 3D мультифрактала: а - вид сбоку, б - фронтальный вид

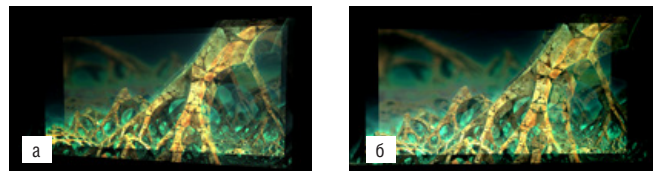


Рис. 12. Установка из трёх слоёв (срезов) 3D мультифрактала: а - вид с поворотом (вид сбоку), б - фронтальный вид

Табл. 2. Алгоритмы и функции реализации признаков объёмности и глубины

№	Признаки объёмности и глубины	Рисунок	Реализация (алгоритмы)	Управляющие параметры и функции
0	F0: объёмность – 3D	4,5,6,7	3D модель фрактального мира или 3D компьютерная модель	Основные параметры уравнений 3D мультифрактала (1)
1	F1: изменяемые в слоях форма и размер различных объектов	8	Вычисление сечений (срезов) 3D объекта, соответствующего глубине пространства	Depth (глубина); Cutting (разрезание) с различными параметрами
2	F2: Наличие перспективы	9	Вычисление сечений с различной глубиной и фокусом	Depth (глубина) FOVy (фокус) Scale (масштаб)
3	F3: Перекрытие объектов в слоях	9	Вычисление сечений с различной глубиной и фокусом	Depth (глубина) FOVy (фокус) Scale (масштаб)
4	F4: Участки различной освещённости. Тени	7	Для каждого сечения свои параметры функций	Hard Shadow (тяжёлая тень) и Ambient Shadow (окружающая тень)
5	F5: Наличие параллакса	8	Вычисление сечений (срезов) 3D объекта, соответствующего глубине пространства	Depth (глубина) и FOVy (фокус)
6	F6: Чёткость близких текстур на объектах	10	Использование функции Depth2 интервала размытости на глубине пространства (Z1–Z2)	Depth2 (функция интервала размытости на глубине пространства)
7	F7: Учёт содержания и толщины воздушной среды	10	Использование функции Depth2 интервала размытости на глубине пространства (Z1–Z2)	Depth2 (функция интервала размытости на глубине пространства)
8	F8: Аккомодация	8	Вычисление сечений (срезов) 3D объекта, соответствующего глубине пространства	Depth (глубина) и FOVy (фокус)

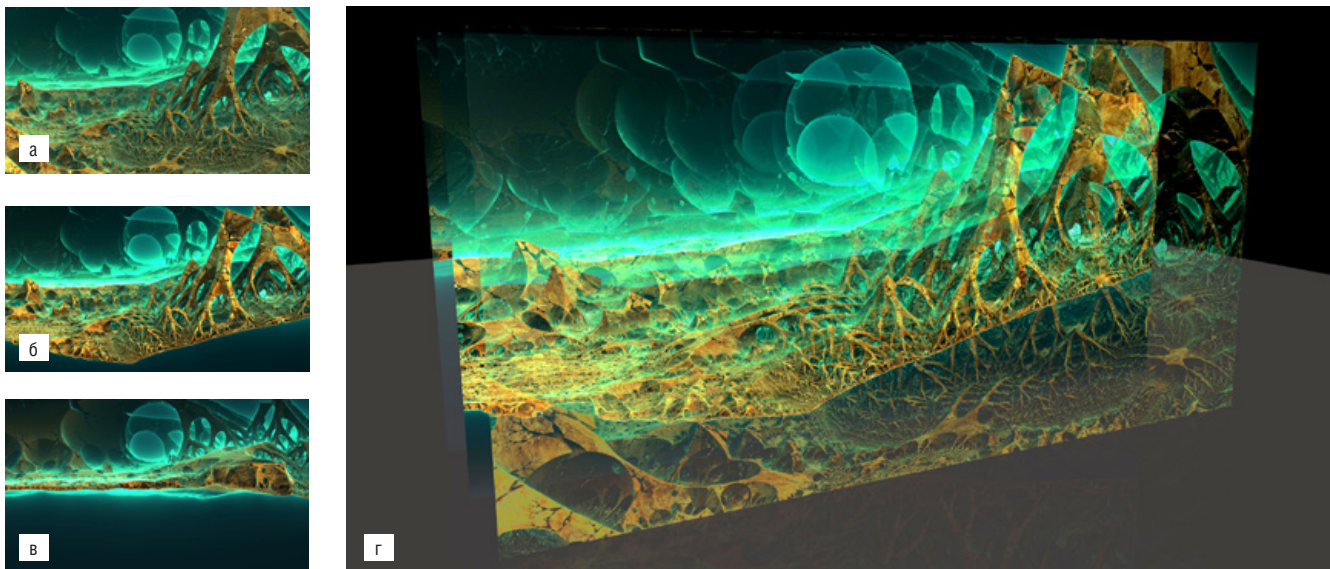


Рис. 13. Первый алгоритм 3D визуализации фрактального мира и его реализация: а – срез для ближнего экрана, б – срез для среднего экрана, в – срез для заднего экрана, г – вид сбоку на слоистое изображение 3D мультифрактала по первому алгоритму

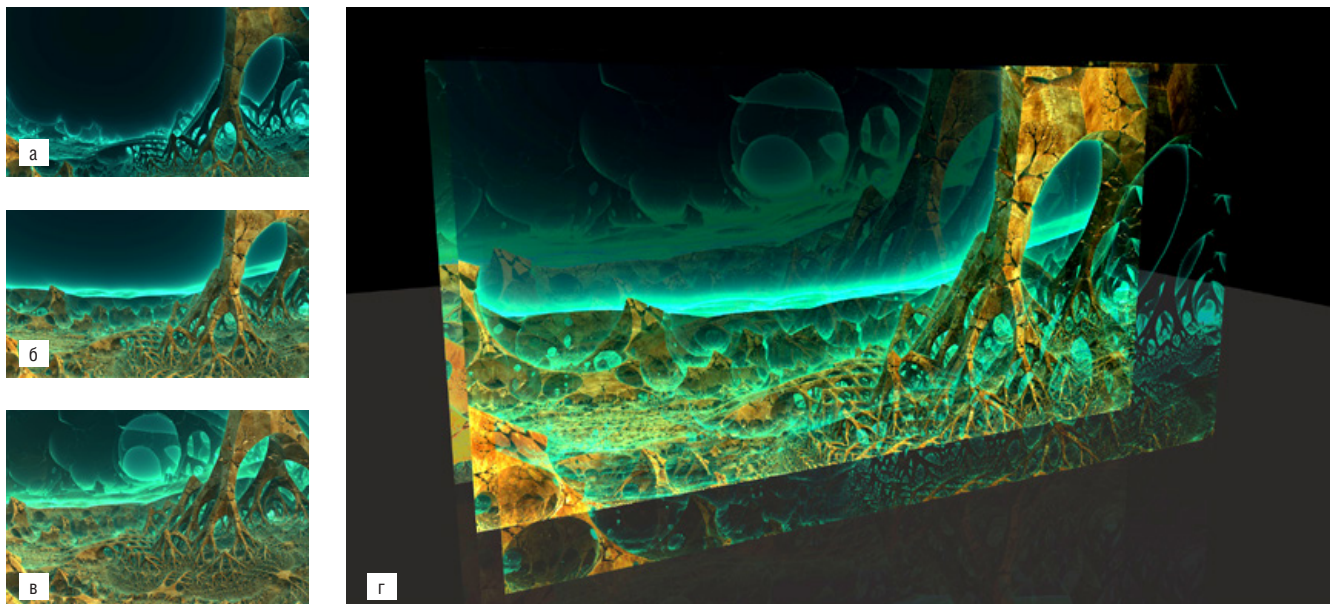


Рис. 14. Второй алгоритм 3D визуализации фрактального мира и его реализация: а – срез для ближнего экрана, б – срез для среднего экрана, в – срез для заднего экрана, г – вид сбоку на слоистое изображение 3D мультифрактала по второму алгоритму

Эксперименты по совмещению слоёв 3D фрактального мира

Для поиска оптимального варианта совмещения в трёх слоях пяти сечений 3D фрактального мира были рассмотрены три алгоритма.

Первый алгоритм 3D визуализации фрактального мира и результат его использования представлены на рис. 13.

1-й алгоритм состоит в следующем:

- на ближний к зрителю прозрачный экран проецируется базовое (не обрезанное ни сзади, ни спереди) сечение 3D мультифрактала, $Depth=10000$, $Cutting(Z)=0$; Z – координата, по которой происходит отсечение мира. Фрактальный мир виден за плоскостью сечения;

- на среднем прозрачном экране демонстрируется обрезанный спереди срез 3D мультифрактала, $Depth=10000$, $Cutting(Z)=0,14$;

- на заднем прозрачном экране демонстрируется более обрезанный спереди срез 3D мультифрактала, $Depth=10000$, $Cutting(Z)=0,3$.

Второй алгоритм 3D визуализации фрактального мира, и результат его использования представлены на рис. 14. Он отличается от первого последовательностью расположения срезов (сечений) на прозрачных экранах.

2-й алгоритм 3D состоит в следующем:

- на ближний к зрителю прозрачный экран проецируется максимально обрезанное сзади ($Depth=d1$) сечение 3D мультифрактала;

- на среднем прозрачном экране демонстрируется не сильно обрезанный сзади срез 3D мультифрактала, $Depth=d2, d2 < d1$;
- на заднем прозрачном экране демонстрируется не обрезанный ни сзади, ни спереди, базовый 3D мультифрактал $Depth = 10000$.

На рис. 14г видны более чёткие передние планы 3D фрактального мира, что создаёт более сильный эффект 3D безочковой визуализации методом фрактальной томографии.

Таким образом, можно сделать вывод, что на передних прозрачных экранах нужно располагать срезы (сечения), имеющие затемнённые неинформативные области, через которые будут лучше видны изображения на задних экранах.

Третий алгоритм 3D визуализации фрактального мира и результат его использования представлены на рис. 15. Он отличается от первого и второго алгоритмов последовательностью расположения срезов (сечений) 3D мультифрактала на прозрачных экранах: передний срез – базовый, 3D фрактальный мир – задний срез.

3-й алгоритм 3D визуализации фрактального мира состоит в следующем:

- на ближний к зрителю прозрачный экран проецируется максимально обрезанное сзади сечение 3D мультифрактала,
- на среднем прозрачном экране демонстрируется не обрезанный ни сзади, ни спереди базовый 3D мультифрактал, $Depth=10000$,
- на заднем прозрачном экране демонстрируется более обрезанный спереди срез 3D мультифрактала, $Depth=10000, Cutting(Z)=0,3$.

Данный алгоритм применяется, когда важными являются не только передние, но и задние планы 3D мультифрактала.

Проверка разработанного метода фрактальной томографии осуществлялась на собранной авторами мобильной демо-установке.

Мобильная демо-установка метода фрактальной томографии

В реальной мобильной установке были использованы проекторы с изображением, расположенным на оси объектива. На рис. 16б видно, что трапециевидные искажения не устранены.

Так как в эксперименте были использованы обычные проекторы, коррекция трапециевидных искажений проводилась при монтаже фильма путём введения искажений, противоположных тем, что будут введены при показе проектором, расположенным под большим углом к экрану. Результат показан на рис. 16а.

В результате коррекции были получены прямоугольные послойные сечения, создающие общую 3D безочковую визуализацию правильной прямоугольной формы (рис. 16в).

Динамическая 3D визуализация

При использовании разработанного метода и многоэкранной установки была продемонстрирована не только статическая, но и динамическая 3D безочковая визуализация фрактального мира в слоистых средах, что может создать предпосылки для развития нового кино, создаваемого по «слоистому» принципу сечений графической информации, с использованием фрактальной математики, описанному в данной статье, а также дополнительному использованию в слоях 3D компьютерных объектов и реальных съёмок в технологии хромакей, а это уже проект безочкового 3D видения нового полноценного художественного кинематографа.

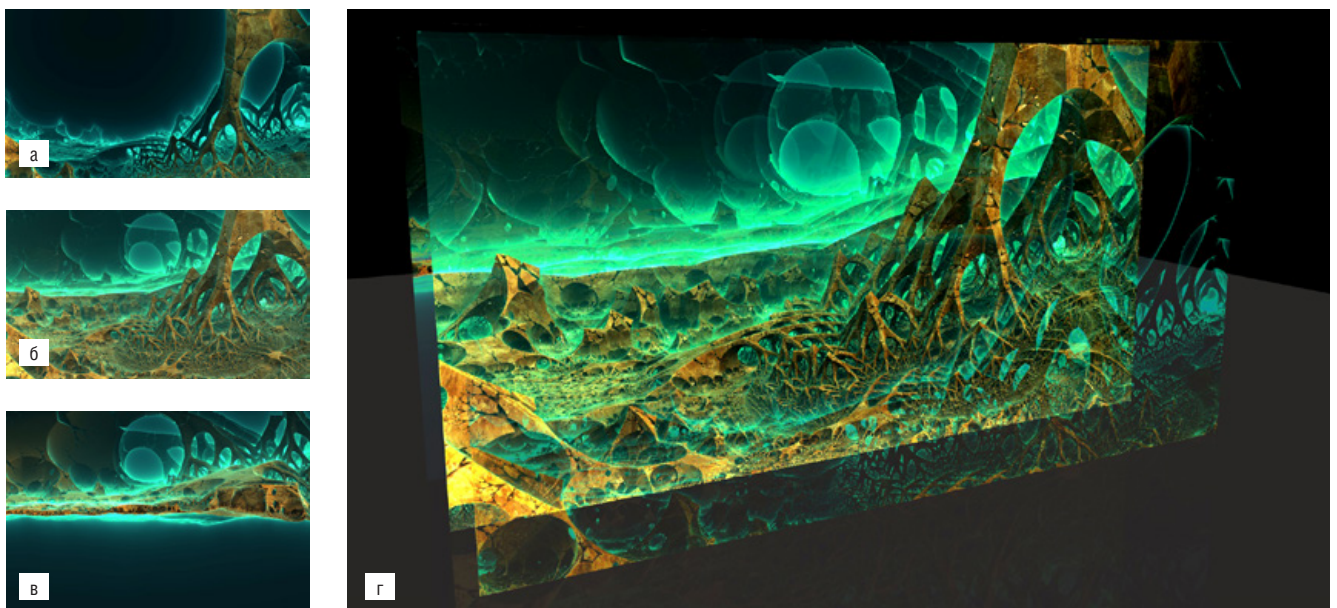


Рис. 15. Третий алгоритм 3D визуализации фрактального мира и его реализация: а – срез для ближнего экрана, б – срез для среднего экрана, в – срез для заднего экрана, г – вид сбоку на слоистое изображение 3D мультифрактала по третьему алгоритму

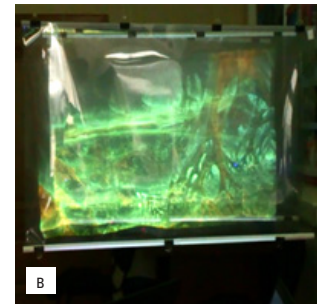
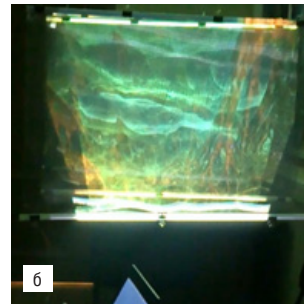
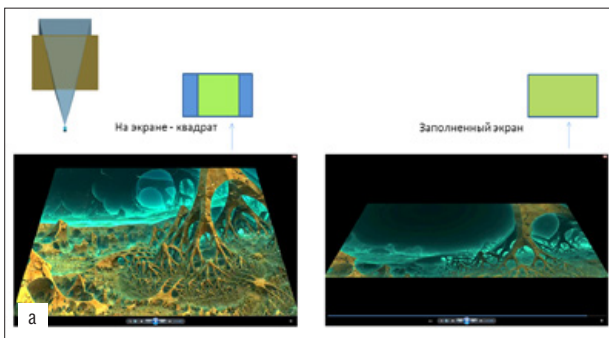


Рис. 16. Вид реальной мобильной демо-установки, с динамической 3D визуализацией, содержащей три экрана с точки зрения зрителя

Заключение

Предложен метод художественной фрактальной томографии для безочковой 3D визуализации арт-объектов в световых галереях и фильмах в 3D кинотеатрах.

Предложена послойная модель безочковой 3D визуализации фрактальных миров, где каждый слой соответствует срезу (сечению) по глубине мультифрактала.

Разработан алгоритм расчёта сечений 3D фрактальных миров, позволяющий получать его сечения по глубине.

Разработаны алгоритмы послойной безочковой 3D визуализации для различных требований показа.

Разработаны основы технической реализации для безочковой 3D визуализации фрактальных миров в слоистых средах.

Создана демо-версия мобильной установки для безочковой 3D визуализации фрактальных миров, которую можно использовать как в световых галереях изобразительного искусства, так и при демонстрации фильмов с фрактальным контентом. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Проворнов С.М. Глава VIII. Стереоскопическое кино / Кинопроекционная техника. – М.: «Искусство», 2004. – Т. 1. – С. 123–130. – 458 с.
2. Рожков С.Н. Системы стереокинематографа, применявшиеся в СССР (рус.) / «Мир техники кино»: журнал. – 2006. – № 1. – С. 37. – ISSN 1991-3400.
3. Горелов А.М., Ширанков А.Ф. Автостереоскопическая проекционная система для формирования полноценного 3D образа. Инженерный журнал: наука и инновации/ (12) 2012.
4. Жердев А.Ю., Одинокоев С.Б., Лушников Д.С., Соломашенко А.Б. Функция рассеяния голограммной стереограммы. Инженерный журнал: наука и инновации/ (12) 2012.
5. <http://www.hologram3ddisplay.com/>
6. Как смотреть 3D: со стереоскопом и без него / Мир 3D/3D World. № 1. 2012.
7. <http://grushenka.livejournal.com/33178.html>
8. <http://carrieres-lumieres.com/fr/home>
9. Смолина К.А. «Сто великих театров мира». Москва. «Вече». 2002.
10. <http://bse.sci-lib.com/article067268.html>
11. Патент RU 2 429 513 C1. Трёхмерный дисплей. Андреев Александр Львович (RU), Соболев Александр Георгиевич (RU), Компанец Игорь Николаевич (RU), 20.09.2011.
12. <http://www.fractalforums.com/index.php?action=download&sa=downfile&id=64>

REFERENCES

1. Provornov S.M. Glava VIII. Stereoskopicheskoe kino / Kino-proekcionnaya tekhnika. – M.: «Iskusstvo», 2004. – T. 1. – S. 123–130. – 458 s.
2. Rozhkov S. Sistemy stereokinematografa, primenyavshiesya v SSSR (rus.) / «Mir tekhniki kino»: zhurnal. – 2006. – № 1. – S. 37. – ISSN 1991-3400.
3. Gorelov A.M., Shirankov A.F. Avtostereoskopicheskaya proekcionnaya sistema dlya formirovaniya polnocennogo 3D obraza. Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii/ (12) 2012.
4. Zherdev A.YU., Odinokov S.B., Lushnikov D.S., Solomashenko A.B. Funkciya rasseyaniya gologrammnoj stereogrammy, Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii/ (12) 2012.
5. <http://www.hologram3ddisplay.com/>
6. Kak smotret' 3D: so stereoskopom i bez nego / Mir 3D/3D World. № 1. 2012.
7. <http://grushenka.livejournal.com/33178.html>
8. <http://carrieres-lumieres.com/fr/home>
9. Smolina K.A. «Sto velikih teatrov mira» Moskva. «Veche». 2002.
10. <http://bse.sci-lib.com/article067268.html>
11. Patent RU 2 429 513 C1. Trekhmernyj displej. Andreev Aleksandr L'vovich (RU), Sobolev Aleksandr Georgievich (RU), Kompanec Igor' Nikolaevich (RU), 20.09.2011.
12. <http://www.fractalforums.com/index.php?action=download&sa=downfile&id=64>



КОРОТКИЙ ВЕК ШИРОКОГО ФОРМАТА



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

Аннотация

Те, кто сказали, что плёнка умерла – очень поторопились. Те, кто давал команду демонтировать широкоформатные кинотеатры и перекроить огромные залы на многозальные клетушки с почти телевизионным экраном – не думали о будущем, превращая зрелище в заурядную «киношку» с диванами для влюблённых. Киноплёнка не умерла, и в свои 122 года доказала, что она живее всех живых. Широкий формат, породив IMAX, на время уступил дорогу молодому. Два десятка лет он скромно ждал своего часа, чтобы триумфально вернуться во всей своей максимальной ширине на новых сортах киноплёнки, присоединив к себе самый современный цифровой звук. Уже выросло целое поколение кинозрителей мультиплексов, даже не подозревающих, что когда-то было кино без попкорна и пепси, на огромном от пола до потолка, от стены до стены экране, с многоканальным окружающим звуком. Всё это уже история кинематографа, а может быть, и его будущее. Ведь всё новое – это хорошо забытое старое! Но хорошее старое надо сохранять, изучать, извлекать из него рациональное зерно и творчески применять и использовать. К сожалению, у нас немногие профессионально занимаются изучением истории отечественной кинематографической техники, а интернет множит и разносит по миру предположения и непроверенные факты, выдаваемые за истину. История кино, история кинотехники, история кинопроизводства, безусловно, интересна не только специалистам. Но и специалисты, и любители, занимаясь изучением истории, а тем более, публикацией своих изысканий, обязаны быть профессионалами, пусть это даже только хобби.

■ Пятидесятые годы двадцатого века стали поистине революционными в истории внедрения новых систем и форматов кинематографа. Крупнейшие кинофирмы мира и, прежде всего, США включились в гонку за привлечение

За тридцать лет широкоформатного кинематографа в нашей стране снято несколько сотен фильмов на 70-мм плёнке, ещё больше фильмов было выпущено в прокат как широкоформатные, хотя они таковыми не являлись. Нашим историкам и киноведам ещё предстоит огромная работа по научной систематизации и сверке всех отечественных широкоформатных картин, истории их создания. Предстоит огромная работа в архивах киностудий, Госфильмофонде, РГАКФД для создания близких к истине списков фильмов, как выпущенных на экраны страны в широкоформатном варианте, так и снятых на 70-мм негативной киноплёнке. Автор выражает надежду, что данная статья привлечёт внимание к этой теме.

Ключевые слова: киноплёнка, широкий формат.

A SHORT CENTURY OF WIDE FORMAT

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

Abstract

For thirty years of large-format cinema in our country a few hundred films on a 70-mm film were shot, even more films were released as large-format films, although they were not. Our historians and film critics still have a huge work on the scientific systematization and reconciliation of all domestic large-format paintings, the history of their creation. There is a huge work in the archives of film studios, Gosfilmofond, RGAKFD to create close to the truth lists of films as released on the screens of the country in a widescreen version, and shot on a 70-mm negative. The author expresses hope. That this article will draw attention to this topic.

Keywords: film, large-format cinema.

кинозрителей новыми видами кинозрелищ. Стереokino, широкий экран, многоканальный стереофонический звук, кинопанорама и, наконец, кругорама должны были оторвать зрителей от домашних экранов телевизоров.

Первый удар по маленькому домашнему экрану был нанесён 30 сентября 1952 года. В этот день родилось новое киночудо – Cinema. Огромный экран, дугой в 146 градусов, завораживал зрителей невиданным размахом кинокадра, делая практически «соучастником» кинодействия (журнал «Мир техники кино» №22, 2012).

Спустя год, 16 сентября 1953 года, началось массовое внедрение широкоэкранный системы CinemaScore с четырёхканальным стереофоническим звуком («Мир техники кино» №24–26, 2012).

И если в Cinema невиданный размер экрана заполнял проекции одновременно с трёх 35-мм плёнок, то в CinemaScore экран был просто увеличен по ширине, и удвоенная ширина изображения обеспечивалась оптической системой анаморфирования при съёмке и проекции на 35-мм киноплёнке.

Мы не будем в данной статье рассматривать основные недостатки каждой из этих систем. Отметим только тот факт, что в их основе лежит использование традиционной 35-мм киноплёнки, качество которой даже с позиций того времени оценивалось как не очень высокое и не способное обеспечить высокую резкость изображения при значительных увеличениях во время проекции. В системе Cinema этот недостаток компенсировался применением сразу трёх плёнок с увеличенной высотой кадра, и при прочих недостатках всё-таки обеспечивал приемлемое по яркости и резкости изображение на панорамном экране. А вот использование обычной 35-мм плёнки в системе CinemaScore на первом этапе её внедрения в 50-годы давало неудовлетворительные результаты по резкости и, в первую очередь, не из-за несовершенства новой оптической системы, а именно из-за качества исходного материала – киноплёнки.

Разработка более качественных по всем параметрам киноматериалов велась непрерывно, ещё с начала истории мирового кинематографа. После второй мировой войны эти работы активизировались в связи с массовым переходом на цветной негативно-позитивный процесс, и всё же отставали от потребностей кинопроизводства и, тем более, кинопроката для привлечения телезрителей высококачественным цветом, широким экраном и объёмным звуком в кинотеатры.

Оперативное решение значительного улучшения качества изображения на основе имевшихся киноматериалов дало использование киноплёнки большего формата. На американской оптической компании один из создателей системы Cinema – предприниматель Майкл Тодд (Michael Todd) создаёт широкоформатную систему «Todd AO» (Тодд А.О.). В основе её лежит использование 65-мм негативной киноплёнки. И 10 октября 1955 года выпускают по этой системе первый в мире цветной широкоформатный фильм с шестиканальным стереофоническим звуком «Oklahoma!» (Оклахома!) («Мир техники кино» №20–21, 2011). Со следующего года начинается внедрение новой системы в кинопроизводство и в кинопрокат в США и других зарубежных странах.



Майкл Тодд и Элизабет Тейлор на Красной площади в Москве (1957)

В 1957 году Майкл Тодд и его супруга – кинозвезда Элизабет Тейлор прибыли в Москву с целью продвижения своей системы за «железный занавес». Супруги взяли с собой не только драгоценности кинозвезды для светских приёмов, но и полный комплект проекционного оборудования для презентации руководителям Страны Советов и мастерам советского кино второго широкоформатного фильма по системе «Todd AO» «Вокруг света за 80 дней» (Around the World in 80 Days) (1956). Звёздную пару из Голливуда в СССР принимали по-королевски, но особого восторга по поводу новой системы не выказывали и заключать договора на её приобретение не спешили. К моменту рекламного тура голливудской пары в СССР только началось освоение широкоэкранный кино. И это при условии, что и обычных-то кинотеатров не хватало. А широкоэкранный кинотеатров на «одной шестой части суши» можно было пересчитать по пальцам. В Москве их было всего два – «Художественный» и «Форум».

Звёздных гостей проводили с русским размахом. Договор не подписали, но «осадок» остался. Не прошло и года, как этот «осадок» перешёл в техническое задание НИКФИ на разработку отечественной системы широкоформатного кинематографа. Работы возглавил Е.М. Голдовский, и к концу 1959 года была разработана вся необходимая линейка аппаратуры для съёмки, обработки и печати плёнки, монтажа и, конечно, проекции. На шосткинском химзаводе началось освоение производства 70-мм негативной и позитивной киноплёнок.

На Западе к 1961 году уже успели снять около двух десятков широкоформатных фильмов по системе «Todd AO» и открыть сотни кинотеатров по всему земному шару для их демонстрации. А у нас для демонстрации первенца советского широкого формата «Повесть пламенных лет» пришлось в спешном порядке переоборудовать панорамный кинотеатр «Мир», где 23 февраля 1961 года и состоялась премьера этого фильма.

Начало было положено. А что дальше?! Один «Мир» в Москве для демонстрации фильмов по новой системе,



Любовь Орлова и Элизабет Тейлор в московском Доме кино (1957)

как некогда, только один на всю страну кинотеатр «Стереokino». Только началось проектирование широкоформатных кинотеатров, а в производстве уже несколько новых широкоформатных картин.

Что делать? Решение нашлось, и сразу два. Первое – установить 70-мм кинопроекторы в панорамных кинотеатрах, но их надо было ещё сделать. У нас в стране было плановое хозяйство: новый формат запланировали, а новые кинотеатры для него и проекционную аппаратуру – нет.

Кому пришла в голову идея второго варианта – решения задачи демонстрации широкоформатных фильмов при отсутствии кинотеатров и оборудования, сегодня установить трудно. Идея эта состояла в том, что с оригинального 70-мм негатива оптическим путём начали делать распечатку кадра на три позитивных плёнки в формате советской трёхплёночной системы «Кинопанорама», и в таком виде демонстрировать широкоформатные фильмы в панорамных кинотеатрах СССР.

Режиссёр-постановщик широкоформатного фильма «Суд сумасшедших» Григорий Львович Рошаль вспоминал,



Кинотеатр «Мир» в период демонстрации первого советского широкоформатного фильма «Повесть пламенных лет» (февраль 1961)

как приехав на премьеру своего фильма в днепропетровском кинотеатре «Панорама», был крайне удивлён, увидев свой фильм на панорамном экране с присущими системе «Кинопанорама» вертикальными швами на стыке кадров.

Сегодня мало кто из кинематографистов и историков кино вспомнит, что известные всем широкоформатные фильмы: «Повесть пламенных лет» (1960), «Суд сумасшедших» (1961), «Закон Антарктиды» (1962), «Оптимистическая трагедия» (1963), «Спящая красавица» (1964), «Секрет успеха» (1965) и др. демонстрировались в панорамных кинотеатрах Советского Союза по системе «Кинопанорама» с трёх плёнок.

Неожиданно реализация этой идеи решила сразу две проблемы: проблему отсутствия широкоформатных кинотеатров и проблему отсутствия новых панорамных фильмов.

Интересный исторический парадокс: у нас продолжали проектировать и строить панорамные кинотеатры, и при этом практически прекратили съёмку панорамных фильмов, переводя кинопроизводство на съёмку фильмов широкоформатных.

Если мы посмотрим на фильмографию панорамных и широкоформатных фильмов начала 60-х, то увидим, что если в 1961 году было снято 6 панорамных фильмов и только один широкоформатный, то в 1963 году были сняты 2 панорамных фильма, ставших последними в этой системе, и два широкоформатных. А в следующем, 1964 году, уже 6 широкоформатных фильмов были завершены производством, и полностью прекращены работы над панорамными фильмами.

Время стирает в памяти многие детали и факты в истории отечественной кинотехники, а они важны уже потому, что позволяют сравнивать, как это было у нас и как это было у «них». А иногда и сказать, что мы всё-таки были первыми. Именно у нас, в СССР, был снят первый в мире игровой полнометражный панорамный фильм «Опасные повороты», на год опередивший американский «Сказочный мир Братьев Гримм» (The Wonderful World of the Brothers Grimm).

А в области широкоформатного кинематографа, практически, забыт тот факт, что в СССР 2 ноября 1963 года в московском панорамном кинотеатре «Мир» начал демонстрироваться широкоформатный фильм «Крепостная актриса». Он снят по советской широкоформатной системе «Кинопанорама-70», аналогичной американской Ultra Panavision 70® или Cinerama 70, по которой в США был снят знаменитый фильм «Этот безумный, безумный, безумный мир» (It's a mad, mad, mad, mad world). Широкоформатная система с анаморфированием кадра на 65/70-мм негативе как для последующего изготовления фильмокопий для трёхплёночных «Кинопанорамы» и «Cinerama», так и для демонстрации 70-мм анаморфированной копии на панорамный экран, позволила упростить процесс съёмки панорамных фильмов и использовать в производстве практически все методы комбинированных съёмок, недоступные при

съёмке трёхплёночной кинокамерой. У нас по системе «Кинопанорама-70» были сняты всего три фильма: «Крепостная актриса» (1963), «На подводных скутерах» (1963) и «Дельфины приходят к людям» (1966). В полноформатном панорамном варианте эти фильмы можно было увидеть только в панорамных кинотеатрах, которые потихоньку переоборудовались в широкоформатные. А широкоформатный вариант выпускался на 70-мм фильмокопии, напечатанной оптическим путём, при этом часть изображения слева и справа отрезалась. В США с 1957 по 1966 год по системе Ultra Panavision 70 было снято 10 полнометражных фильмов и комбинированные кадры для панорамного (Cinerama) фильма

«Как был завоёван Запад» (How The West Was Won) в 1962 году. Увлечение панорамным кинематографом как в США, так и в СССР завершилось почти одновременно с той лишь разницей, что у нас в стране было построено и эксплуатировалось около двух десятков панорамных кинотеатров, а американская Cinerama демонстрировалась в сотнях кинотеатров по всему миру. Но более экономичная и технически более простая 70-мм широкоформатная система одержала верх над трёхплёночной панорамной. И надобность использования широкоформатной съёмки с анаморфированным кадром, как промежуточный процесс для трёхплёночной панорамы, отпала и с годами была забыта.

Как было сказано выше, у нас в стране в 1963 году производство панорамных фильмов практически прекратилось. Панорамные кинотеатры переоборудовались в широкоформатные. Началось массовое строительство широкоформатных кинотеатров в городах и весях. И случилось прямо по Райкину – «цех правой руки перевыполнил план производства перчаток на 200 процентов».

Уже к середине 60-х годов прошлого века возник плановый сбой. Если в 1961 году негде было показывать единственный широкоформатный фильм, то в 1965 году уже было всё наоборот – не хватало фильмов. Доля широкоформатных фильмов в ежегодном кинопроизводстве СССР хоть и нарастала, но составляла единицы – 3% от всех выпускаемых фильмов.

Догнать и перегнать Америку в области развития техники отечественного кинематографа – потребовалось в короткие сроки на базе отечественных научно-технических разработок создание своей собственной линейки сложного и дорогостоящего оборудования и аппаратуры, разработка и освоение новых технологических процессов, оснащение киностудий и копировальных фабрик комплексом новых технических средств, создание принципиально



Оригинальный 70-мм широкоформатный позитив (сверху) и трёхплёночный 35-мм вариант по советской системе «Кинопанорама» широкоформатного фильма «Суд сумасшедших» (1961)

новых методов звукозаписи и, конечно, строительство и переоборудование крупных кинотеатров по всей стране.

Как уже сказано выше, основные работы проводились в НИКФИ. К работе подключились не только учёные НИКФИ, но инженерно-технические и творческие работники главных киностудий страны, копировальных фабрик, киносети, конструкторских бюро и предприятий промышленности. Именно их усилиями в короткие сроки было организовано производство, тиражирование и демонстрация широкоформатных фильмов.

За первые 10 лет с 1960 по 1969 год в нашей стране было создано в общей сложности 60 полнометражных широкоформатных фильмов. На киностудии «Мосфильм» – 36, киностудии «Ленфильм» – 10, Киевской киностудии им. А. Довженко – 11, киностудии им. М. Горького – 2 и киностудии «Центрнаучфильм» – 1.

Постепенно производство широкоформатных фильмов стало сосредотачиваться на гигантах советского кинопроизводства – Мосфильме, Ленфильме и Киевской киностудии. Именно здесь внедрялись и опробовались новые разработки НИКФИ для этого вида кинематографа, и была создана высокоразвитая техническая база для постановки широкоформатных фильмов.

Внедрение в кинопроизводство широкого формата на 70-мм плёнке расширило художественно-постановочные и изобразительные возможности кинопроизведений, обогатило творческую практику советского кинематографа. И уже в первые годы освоения нового формата были созданы крупные высокохудожественные фильмы, завоевавшие признание не только в нашей стране, но и за её пределами. Конечно, среди всех широкоформатных фильмов 60-х выделяется настоящий колосс – киноэпопея «Война и мир», получившая не только хорошую кассу в СССР и множестве стран мира, но и первого для отечественного игрового кинематографа фильма, удостоенного в 1968 году американской премии «Оскар». Не



Кадр из третьей серии киноэпопеи «Война и мир» (1967)

будет преувеличением сказать, что на этот фильм работала вся страна – от ткацких фабрик и пошивочных комбинатов до солдат и офицеров Советской армии.

Но создателям этого эпохального фильма, режиссёру С.Ф. Бондарчуку и оператору А.А. Петрицкому приходилось вести настоящую войну с плёночным браком все долгие годы работы над фильмом. И совершенно не удивительно, что Сергей Фёдорович Бондарчук отказался вставлять в титры фильма благодарность шосткинскому комбинату «Свема» за плёнку. Причины отказа он изложил в своём письме главному инженеру «Мосфильма» Борису Николаевичу Коноплёву, высказавшему это предложение:

«Уважаемый Борис Николаевич!

Я не могу согласиться с Вами и включить Шосткинскую плёночную фабрику в число организаций, который коллектив кинокартины благодарит в титрах за помощь, оказанную за постановку фильма «Война и мир».

Во-первых, съёмочной группе благодарить плёночную фабрику за то, что она производит плёнку также нелепо, как благодарить киностудию «Мосфильм» за то, что она производит фильмы, в том числе и фильм «Война и мир».

Во-вторых, Вам, более чем кому либо, известны трудности, в течение трёх лет сопровождавшие работу съёмочной группы, из-за резких колебаний технических показателей экспериментальной плёнки.

Здесь и необходимость снимать большое количество дублей на плёнках разных осей, и пересъёмки по причине плёночного брака, и простоя в течение, например, июня – июля 1963 года и, как следствие, громадная непроизводительная потеря съёмочного времени, и перерасход государственных средств.

Обстановка постоянно «обновляющейся» неуверенности за качество плёнки и тревога за результаты не только очередного съёмочного дня, но за судьбу отснятого материала ряда объектов, в том числе, «Бородинского сражения» и «Бала у Екатерининского вельможи», далеко не способствовала творческому процессу и зачастую приводила к невосполнимым художественным потерям».

Необходимость снимать на нестабильной по всем показателям 70-мм киноплёнке отталкивала многих кинематографистов от участия в создании широкоформатных фильмов.

Но план был поставлен, и его надо было выполнять, и как всегда, гонка за выполнением плана приводила к выпуску не только значительных кинопроизведений, но и ряда посредственных (в художественном отношении) широкоформатных фильмов, провальных в прокате и не оправдавших вложенных в них средств. Необходимость выполнять план приводила к ничем не оправданной постановке ряда фильмов в широкоформатном варианте. ■

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн Н.Д., Высоцкий М.З., Коноплёв Б.Н., Тараканов В.А. Технологические схемы получения кинофильмов различных форматов. Журнал «Техника кино и телевидения» – 1967. – № 1.
2. Голдовский Е.М. Основы кинотехники. М.: «Искусство», 1965.
3. Голдовский Е.М. Проблемы панорамного и широкоэкранный кинематографа. М.: «Искусство», 1958.
4. Голдовский Е.М. Принципы широкоформатного кинематографа. М.: «Искусство», 1962.
5. Голдовский Е.М. Принципы широкоэкранный кинематографа. М.: «Искусство», 1956.
6. Головня А.Д. Мастерство кинооператора. М.: «Искусство», 1965.
7. Горбачев Б.К. Техника комбинированных съёмок. М.: «Искусство», 1958.
8. Каталог фильмов действующего фонда. 1960–1975.
9. Научный отчёт по работе: «Разработка и обоснование предложений об объёмах производства 70-мм фильмов, фильмокопий и развития сети широкоформатных кинотеатров». М.: НИКФИ, 1970.
10. Советские художественные фильмы, т.т. 1–5, М.: «Искусство», 1961–1979.
11. Hayes R.M. A History and Filmography of Stereoscopic Cinema, US, North Carolina, 1989.