

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
КИНЕМАТОГРАФИИ ИМЕНИ С.А. ГЕРАСИМОВА (ВГИК)
СОЮЗ КИНЕМАТОГРАФИСТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ СЕКЦИЯ НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА ИНЖЕНЕРОВ
КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ (SMРTE)

**ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ
ОБЪЁМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
В КИНЕМАТОГРАФЕ
И ДРУГИХ ОБЛАСТЯХ**

**IX МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

(Москва, 17–18 апреля 2017 года)

МАТЕРИАЛЫ И ДОКЛАДЫ

МОСКВА
ВГИК
2017

УДК 778.534.1 (038)
ББК 37.95
3-32

Фотографии на обложке *К.А. Чернышёвой*.

- 3-32 Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: IX Международная научно-практическая конференция, Москва, 17–18 апреля 2017 г.: Материалы и доклады / Под общей редакцией О.Н. Раева. — М.: ВГИК, 2017. — 312 с.

ISBN 978-5-87149-219-2

В сборнике приведены доклады и выступления на IX Международной научно-практической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях», состоявшейся 17–18 апреля 2017 г. в г. Москве.

Для специалистов, занимающихся исследованиями, разработкой, внедрением и эксплуатацией техники и технологий объёмных киноизображений, а также для студентов вузов, аспирантов, инженеров, операторов и других специалистов.

УДК 778.534.1 (038)
ББК 37.95

ISBN 978-5-87149-219-2

© Коллектив авторов, 2017
© ВГИК, оформление, 2017

Дауров И.Г. Практика применения визуальных спецэффектов в стереокино	140
Майоров Н.А. Решение проблемы сканирования и восстановления стереофильмов, снятых по системе «Сtereo-35/19»	153
Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В. Установка художественной послойной визуализации фрактальных статических и динамических арт-объектов	168
Литвинов Ю.А., Пец О. Стереореконструкция на примере полнометражных российских фильмов	186
Лаврушкин С.В., Ватолин Д.С. Разработка метода поиска перепутанных ракурсов в стереофильмах	194
Плошкин А.И., Ватолин Д.С. Повышение устойчивости алгоритма оценки временного сдвига между ракурсами стереоскопического видео к геометрическим искажениям	209
Анзина А.Б., Ватолин Д.С. Разработка алгоритма анализа стереофильмов, при съёмке которых оси объективов находились не в одной плоскости	222

Часть IV. ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Горбунов А.Л. Визуальная однородность сцен дополненной реальности	235
Газеева И.В., Кузнецов С.А., Тихомирова Г.В., Чафонова В.Г. Контроль параллаксов контента приложений виртуальной реальности	246
Кручинина А.П., Чертополохов В.А., Якушев А.Г. Методика получения численного критерия наличия сенсорного конфликта на этапе создания визуального контента	260

УДК 798.534.19
ББК 37.95

Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В.

**УСТАНОВКА ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ПОСЛОЙНОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ФРАКТАЛЬНЫХ СТАТИЧЕСКИХ
И ДИНАМИЧЕСКИХ АРТ-ОБЪЕКТОВ**

Трубочкина Надежда Константиновна, доктор технических наук, профессор

E-mail: nd-painting@list.ru

Национальный исследовательский университет

Высшая школа экономики

Кондратьев Николай В., кандидат технических наук

E-mail: kondr1216@mail.ru

Филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут»
АО ТПО «Киностудия им. М. Горького»

В статье описана методика и установка для показа послойной визуализации фрактальных арт-объектов, в том числе и динамических, позволяющая без очков наблюдать объёмную структуру фрактальных миров. Мобильная установка состоит из нескольких экранов, на которые проецируются соответствующие срезы синтезированного фрактального мира или другого контента, содержащего несколько плоскостей глубины сцены. Установка предназначена для визуализации цифровых 3D-арт-объектов в световых галереях, а также для безочковой демонстрации фильмов, состоящих из нескольких обычных фильмов — математически синтезированных срезов фрактальных миров.

Ключевые слова: объёмные изображения, фрактальные миры, безочковая кинодемонстрация.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач представления художественной трёхмерной графической информации на выставках в составе арт-объектов является возможность просмотра этих изображений без каких-либо устройств сепарации световых потоков, предназначенных для левого и правого глаза зрителя, позволяющих осматривать объекты в широких углах наблюдения.

Целями данного исследования явились: поиск методов, алгоритмов и технических средств для создания ощущения объёмности художественных объектов, как статических, так и динамических, синтезированных на базе фрактальной математики.

Для достижения этих целей необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать метод безочковой объёмной визуализации фрактальных миров для демонстрации в световых галереях.

2. Предложить работающую модель безочковой объёмной визуализации фрактальных миров.

3. В соответствии с моделью разработать специфические алгоритмы визуализации объёмных фрактальных миров, позволяющих получить срезы объекта по глубине.

4. Разработать основы технической реализации для безочковой визуализации объёмных фрактальных миров.

5. Создать демоверсию мобильной конструкции для безочковой визуализации объёмных фрактальных миров, которую можно использовать в световых галереях изобразительного искусства и на базе которой можно демонстрировать фильмы с фрактальным контентом.

Принципиальным отличием данной работы от известных решений является метод получения графического контента в слоях установки, аналогичный работе томографа.

ОБЗОР И АНАЛИЗ АНАЛОГОВ

Примером световых арт-объектов и выставок могут служить мультимедийные выставки (рис. 1, 2), где на все возможные плоскости помещения проецируется полиэкранное движущееся изображение. Одной из таких выставок была мультимедийная выставка «БОСХ. Ожившие видения», проводившаяся в Центре дизайна ARTPLAY в 2016 г. [10, 11]. Несмотря на то, что проекция на экраны выставки была плоской, для создания ощущения пространства картины были разбиты на несколько объектов — слоёв,



Рис 1. «БОСХ. Ожившие видения», ARTPLAY 2016 г. Москва



Рис. 2. Презентации работ художников

находящихся на разных расстояниях от зрителя. Объекты, при перемещении изображения по экрану, двигались сообразно расстоянию до объекта картины (рис. 1), что создавало ощущение объёмного изображения.

Впервые кулисы, подчёркивающие, помимо прочего, глубину сцены, были применены в 1619 году в театре Фарнезе в Парме (Италия) [2]. Тогда они прикреплялись к постоянным



Рис. 3. Световой послонный дизайн в театре

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 (рис. 3) [9].

Благодаря высоким световым потокам современных проекторов появилась возможность проецировать изображения на слабо рассеивающие прозрачные экраны. Проекция на такие экраны позволяет «повесить» изображение в воздухе. Внешний вид этого изображения позволяет называть его «голографическим» (чуть похожим на голографию), хотя оно не имеет отношения к голографическому способу записи и воспроизведения изображений. Несмотря на то, что изображение плоское, оно выглядит объёмным. Особенно это видно на динамических объектах.



Рис. 4. Световая проекция на выступлениях

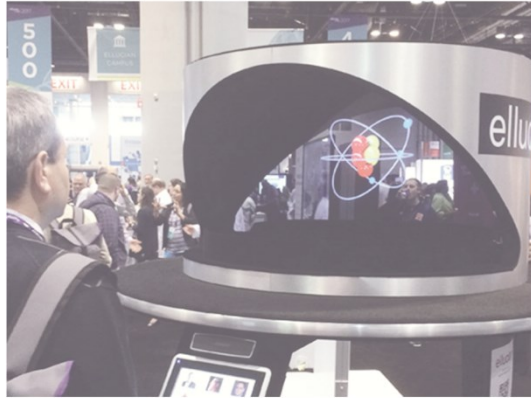


Рис. 5. Световая проекция на выставке

Такой экран может иметь большие размеры, поэтому он может применяться в показе изображений в различных арт-шоу и световых галереях. Изображение может иметь цвет, определяемый контентом и параметрами проектора, создающего эту «голографическую» картину. На рис. 4 показан пример такой проекции при чтении лекции. Виден объектив проектора, светящийся в виде точки внизу экрана.

На рис. 5 показано другое решение этого метода визуализации объекта наблюдения, висящего в пространстве.



Рис. 6. Проекция на большой экран из прозрачной плёнки

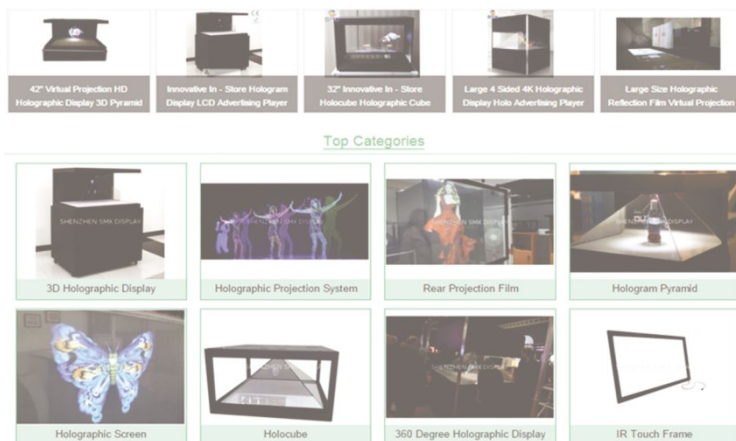


Рис. 7. Устройства визуализации объёмных изображений

На рис. 6 показана проекция на экран высотой 6 метров. Светящаяся точка — объектив проектора, создающего изображение, висящее в пространстве рядом с лектором.

На рис. 7 показаны другие устройства, позволяющие создавать «висящие в воздухе» полупрозрачные объекты [14].

В последнее время получили распространение автостереоскопические растровые системы создания объёмных динамических изображений. Такие устройства реализованы на базе жидкокристаллических или плазменных панелей, перед которыми установлен растр. Число ракурсов в таких системах многостереопарной визуализации изображений — около десяти.

Такая технология была применена впервые и запатентована при разработке автостереоскопического дисплея 3D-LCD исследовательской лабораторией фирмы Philips [5–7]. Эти устройства состоят из обычной ЖК-панели, на которую устанавливается наклонный линзовый растр. Однако размеры этих устройств относительно невелики, а разрешение изображения, увиденного зрителем, недостаточно. Кроме того, из-за небольшого количества ракурсов, которые может воспроизводить такая система зона наблюдения, составляет 8–10 градусов, что составляет на расстоянии 2–3 метров ширину зоны — 300–500 мм, что для световой галереи недостаточно. Количество зон для наблюдения также невелико, примерно 5 зон по горизонтали.

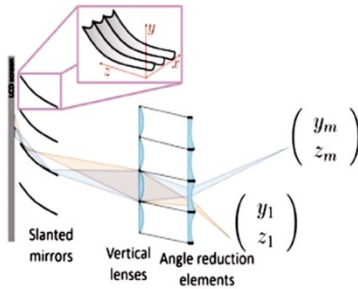


Рис. 8. Схема формирования зон в кинотеатре с помощью зеркально-линзового раstra, предложенного Массачусетским Технологическим институтом [8]

Авторами данной статьи в этой технологии были проведены эксперименты по объёмной визуализации фрактальных фильмов [3, 4].

Для увеличения числа зон просмотра в Массачусетском Технологическом институте предложена сложная система зеркально-линзового раstra [8] (рис. 8–10).

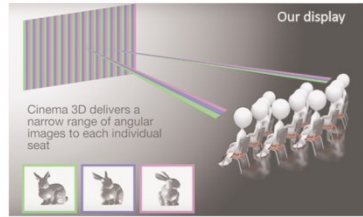


Рис. 9. Размещение индивидуальных зон для зрителей на разных местах в кинотеатре [8]

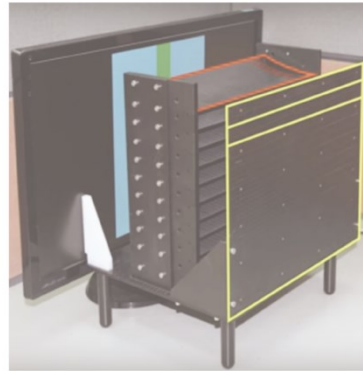


Рис. 10. Внешний вид системы безочкового объёмного кино [8]

БЛИЖАЙШИЙ АНАЛОГ

Ближайшим аналогом предлагаемой системы показа объёмного изображения является система проекции на прозрачный слабо рассеивающий экран, но для подчеркивания 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 дисплей с объёмным экраном, состоящим из пакета светорассеивающих жидкокристаллических модуляторов и с видеопроектором на основе микродисплея, формирующим изображения сечений трёхмерного объекта в плоскостях расположения све-

торассеивающих жидкокристаллических модуляторов» [1]. Принцип работы такого дисплея показан на рис. 11.

В [1] 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 объёмной визуализации, большая стоимость аппаратной части и сложности с динамической визуализацией.

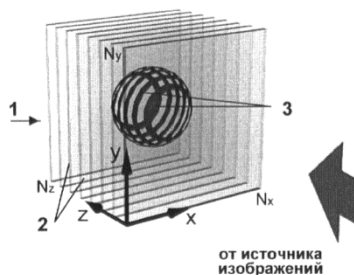


Рис 11. Принцип визуализации объекта в трёхмерном дисплее — воспроизведение объёмного шара с помощью срезов [1]

МЕТОДИКА И МОДЕЛЬ ЭКСПЕРИМЕНТА

При создании демоверсии установки для безочковой объёмной визуализации из прототипа был взят принцип проекции на прозрачных экранах и послойной визуализации срезов объёмных объектов. Принципиальным отличием от прототипа является способ создания в слоях графической информации. Схематичный вид установки изображён на рис. 12, где показаны пять прозрачных слабо рассеивающих экранов, или плоскостей, на которые будут проецироваться разные плоскости (сечения) син-

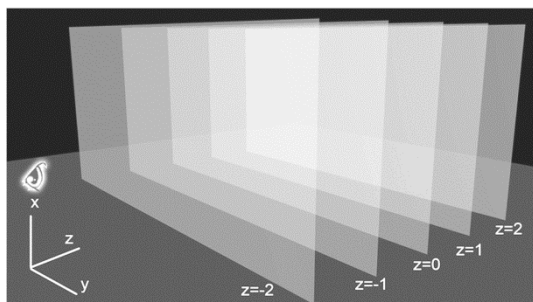


Рис. 12. Вид установки, содержащей 5 прозрачных экранов

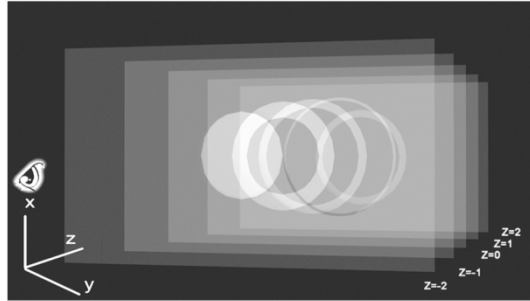


Рис. 13. Модель экранов с изображением сечений шара

тезированного математически или специальным способом снятого объёмного объекта.

На рис. 13 показано, как будет выглядеть объёмная визуализация шара, состоящая из пяти его сечений, проецируемых на 5 прозрачных экранов.

При синтезе рис. 13 были сделаны следующие допущения: экран не поглощает свет, пропускает 90% света, а 10% отражает с равномерной индикатрисой. На рис. 13 видно, что 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 слоев в сторону зрителя.

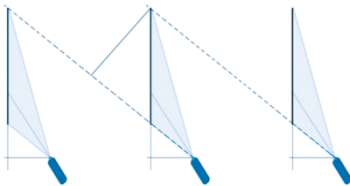


Рис. 14. Схема установки с тремя прозрачными слабо рассеивающими экранами и тремя проекторами

Для моделирования были выбраны три плоскости проекции изображений, исходя из имеющегося в наличии количества проекторов. Схема установки с тремя проекторами показана на рис. 14.

Из схемы видно, что для того, чтобы исключить подсветку проектором предыдущего экрана следующего экрана и максимально использовать пло-

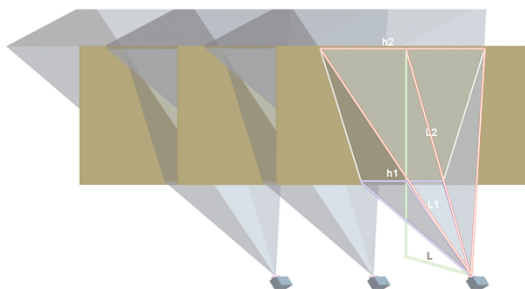


Рис. 15. Возникновение искажений типа трапеции

щадь 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 наклонён под большим углом к экрану, то расстояние от проектора до плоскости экрана L_1 , L_2 различно для нижней и верхней частей экрана, и, следовательно, ширина изображения h_1 , h_2 на них будет разной (рис. 15). В результате возникают геометрические искажения. Решить эту проблему можно либо введя предварительные искажения в проецируемую 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.

В настоящее время существуют сверхширокоугольные проекторы с ультракороткофокусными зеркально-линзовыми объективами. Они имеют проекционные отношения порядка 0,1 и менее, что позволяет формировать изображение на больших экранах, располагая проектор на близком расстоянии от экрана. Пример дешёвого проектора такого типа — Sanyo PLC-XL50 с проекционным отношением 0,08–2,2 [13]. У такого проектора для формирования экрана шириной 2 м расстояние между экранами может быть равно $2 \times 0,08 = 0,16$ м. На рис. 16 показана принципиальная оптическая схема проекторов подобного типа [12].

Так как у прозрачного экрана практически весь свет проходит через экран, процент рассеянного света очень мал. Это зна-

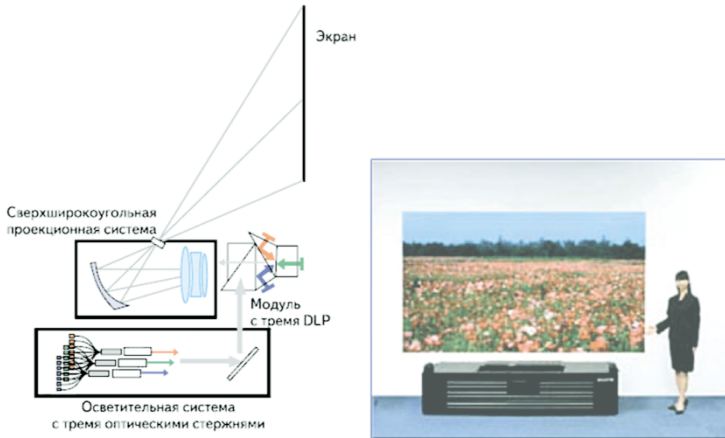


Рис. 16. Оптическая схема сверхширокоугольного проектора

чит, что для получения яркого изображения необходимы проекторы с большим световым потоком.

Для того чтобы понять, какие яркости экрана нужно получить, рассмотрим таблицу 1.

Из таблицы 1 следует, что для рассматривания изображения без напряжения, яркость изображения не должна быть много меньше 300 люкс. Так, например, экран шириной $h = 2$ м, име-

Таблица 1

Освещённость и её восприятие человеком [15]

Освещённость, лк	Внешнее восприятие
10	Освещённость около свечи
15–20	Свет от сигареты на расстоянии 30 см
15–35	Свет в кинотеатре во время перерыва
50	Можно читать газету, но зрение напрягается
100	Длительное чтение утомляет глаза
300	Комфортные условия для чтения
400–500	Стандартное освещение офисов, библиотек
1000	Ясный день, за 1 час до заката
2000	Ясный день, через 1 час после восхода
25000	Облачный летний день, в 10 утра

ющий 2% рассеянного света, направленного в сторону наблюдателя, с соотношением сторон 9:16 и имеющий площадь

$$S = hh \frac{9}{16} = 2,25 \text{ м}^2,$$

потребуется проектор со световым потоком равным

$$\frac{300 \cdot 2,25 \cdot 100}{2} = 33750 \text{ ANSI люмен.}$$

Для того чтобы снизить поток от проектора, нужно увеличить интенсивность рассеянного света с 2% до 10%, а также снизить допустимую яркость изображения до 50–100 люкс. Для снижения допустимой яркости изображения необходимо использовать затемнённое помещение, что для световой галереи и кинотеатра допустимо. Для увеличения рассеяния поверхность прозрачной плёнки покрывается тонким порошком или слегка матируется. Используя экраны с неравномерной индикатрисой рассеяния (коэффициентом усиления >1), можно ещё уменьшить требуемую мощность проектора.

Для принятой аппаратной конфигурации к графическому контенту слоёв (для каждого из экранов) предъявляются особые требования. Как видно из рис. 13, шар, при наблюдении сбоку, распадается на ряд колец. Следовательно, для более «целостного» видения общей картины при создании графического контента в каждом слое должны размещаться графические остатки от «обрезания» объёмного объекта соответствующим сечением (экраном).

Так как одной из задач проекта является объёмная визуализация «художественных» объектов (для галерей и кино), то в качестве контента для установки были выбраны мультифракталы, математические объёмные объекты.

На рис. 17–21 представлены изображения объёмных фракталов в 5 плоскостях (сечениях, слоях).

В предлагаемой установке в качестве экрана использовалась прозрачная плёнка, на которую с помощью краскопульта был нанесён слой мелкого порошка. Для увеличения рассеяния использовалась тёмная сетка, которая размещалась совместно с прозрачной плёнкой.

В качестве экспериментов рассматривались различные сочетания и последовательности сечений мультифрактала. Окончательно для трёх слоёв (экранов) установки были выбраны три сечения мультифрактала с параметрами $z = -2$, $z = 0$, $z = 2$.

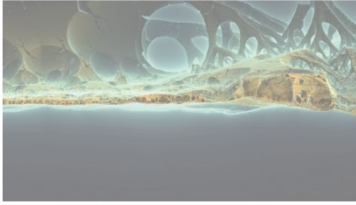


Рис. 17. Сечение мультифрактала, имеющее максимальное удаление от зрителя $z = 2$

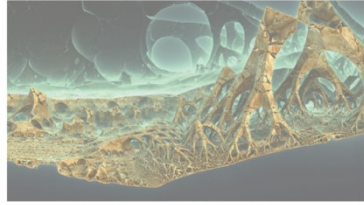


Рис. 18. Сечение мультифрактала, имеющее отдаление от зрителя $z = 1$

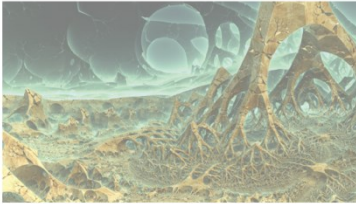


Рис. 19. Сечение мультифрактала, имеющее отдаление от зрителя $z = 0$

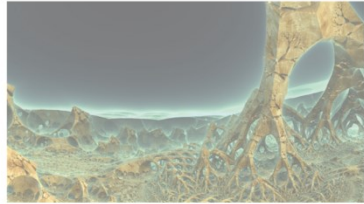
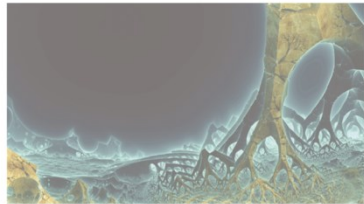


Рис. 20. Сечение мультифрактала, имеющее отдаление от зрителя $z = -1$

Рис. 21. Сечение мультифрактала, максимально близкое к зрителю $z = -2$



Модель большой установки безочковой объёмной визуализации фрактального мира (прообраз будущего кинотеатра) показана на рис. 22.

В реальной установке (рис. 23) были использованы проекторы с изображением, расположенным на оси объектива. Из рис. 23, а видно, что геометрические искажения не устранены.

Так как в эксперименте были использованы обычные проекторы, то коррекция геометрических искажений проводилась при монтаже фильма путём введения искажений противополо-

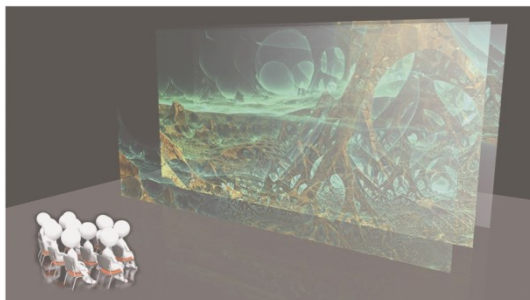


Рис. 22. Синтезированное изображение, которое должно получиться в реальной установке

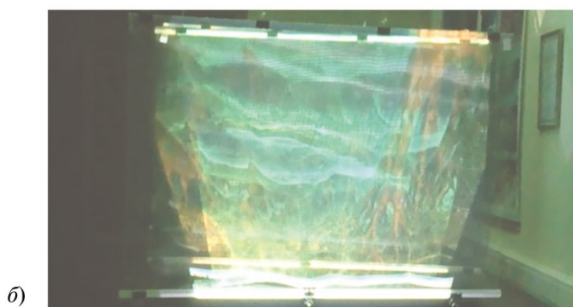


Рис. 23. Вид сбоку реальной установки, содержащей три экрана: *a)* вид сбоку; *б)* вид со стороны зрителя

ложных тем, которые образуются при показе. Результат показан на рис. 24.

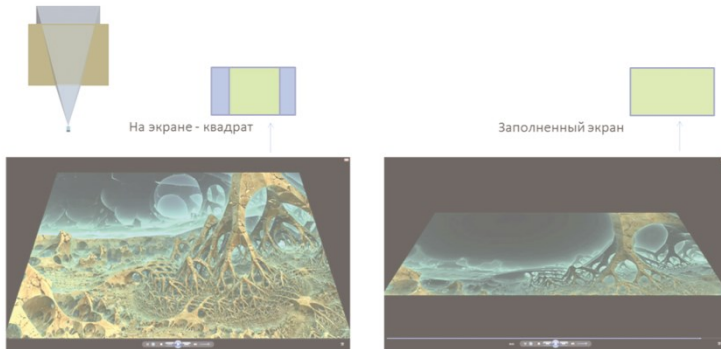


Рис. 24. Предисказания для коррекции геометрических искажений



Рис. 25. Демонстрация на установке динамической объёмной фрактальной визуализации с устранёнными геометрическими искажениями

В результате коррекции были получены прямоугольные полойные сечения, создающие безочковую объёмную визуализацию правильной прямоугольной формы (рис. 25).

ДИНАМИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

При использовании разработанной методики и многоэкранной установки была продемонстрирована не только статическая,

но и динамическая безочковая объёмная 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена методика безочковой объёмной визуализации фрактальных миров для демонстрации арт-объектов в световых галереях и кинотеатрах.

Предложена модель безочковой объёмной визуализации фрактальных миров.

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

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

Создана демоверсия мобильной установки для безочковой объёмной визуализации фрактальных миров, которую можно использовать в световых галереях изобразительного искусства, демонстрировать на ней фильмы с фрактальным контентом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.Л., Соболев А.Г., Компанец И.Н. Патент RU 2 429 513 С1. Трёхмерный дисплей.
<http://www.findpatent.ru/patent/242/2429513.html>
2. Смолина К.А. Сто великих театров мира. М.: Вече, 2002.
3. Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В. Перспективы развития трёхмерного кино без очков с использованием фрактальной графики // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 21–25 сентября 2015 г.: Материалы и доклады. М.: ВГИК, 2015. М.: ВГИК, 2015. С. 60–69.
4. Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В. Создание фрактальных статических и динамических изображений для автостереоскопических систем // Мир техники кино. 2015. Т. 37. № 3. С. 6–16.
5. Berkel C., Clarke J.A. Autostereoscopic display apparatus. US Pat. No. 6.064.424, May 2000.

6. Berkel C., Clarke J.A. Characterisation and Optimisation of 3D-LCD Module Design // Proc SPIE. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III. 1997. Vol. 3012. P. 179–186.

7. Berkel C., Parker D.W., Franklin A.R. Multi-view LCD Display // Proc SPIE. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III. 1996. Vol. 2653. P. 32–39.

8. Efrat N., Didyk P., Foshey M., Matusik W., Levin A. Cinema 3D: Large Scale Automultiscopic Display/Weizmann Institute, Saarland University, MMCI / MPI Informatic; MIT CSAIL <http://news.mit.edu/2016/glasses-free-3d-larger-scale-0725>

9. <http://bse.sci-lib.com/article067268.html>

10. <http://carrieres-lumieres.com/fr/home>

11. <http://grushenka.livejournal.com/33178.html>

12. http://kit-e.ru/articles/displ/2010_08_13.php

13. <https://market.yandex.ru/product/1598505/spec?nid=55009&track=char>

14. <http://www.hologram3ddisplay.com/>

15. http://www.infologics.ru/present/page.phtml?page_id=51

Nadezhda K.Trubochkina, Nikolay V. Kondratyev

THE LAYER-BY-LAYER VISUALIZATION OF FRACTAL STATIC AND DYNAMIC ART OBJECTS

Nadezhda K.Trubochkina, Sc.D., professor

E-mail: nd-painting@list.ru

Higher School of Economics

Nikolay V. Kondratyev, PhD (Engineering)

E-mail: kondr1216@mail.ru

Cinema and Photo Research Institute, Gorky Film Studio

The article describes the methods and the device for showing the layer-to-layer visualization of fractal art objects including dynamic ones allowing to watch the 3D structure of fractal world by the unaided eye. The mobile device consists of several screens on which slices of synthesized fractal worlds or other content with a number of depth planes are projected. It is intended for visualizing digital 3D art objects in light galleries as well as for showing 3D films comprising mathematically synthesized slices of fractal worlds without glasses.

Key words: 3D images, fractal worlds, showing films without glasses.

REFERENCES

1. Andreev A.L., Sobolev A.G., Kompanets I.N. Patent RU 2 429 513 C1. Trekhmernyi displei. <http://www.findpatent.ru/patent/242/2429513.html>

2. Smolina K.A. Sto velikikh teatrov mira. M.: Veche, 2002.
3. Trubochkina N.K., Kondrat'ev N.V. Perspektivy razvitiya trekhmernogo kino bez ochkov s ispol'zovaniem fraktal'noi grafiki // Innovatsionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moskva, 21–25 sentyabrya 2015 g.: Materialy i doklady. M.: VGIK, 2015. M.: VGIK, 2015, pp. 60–69.
4. Trubochkina N.K., Kondrat'ev N.V. Sozdanie fraktal'nykh staticheskikh i dinamicheskikh izobrazhenii dlya avtostereoskopicheskikh sistem // Mir tekhniki kino, 2015, Vol. 37, No 3, pp. 6–16.
5. Berkel C., Clarke J.A. Autostereoscopic display apparatus. US Pat. No. 6.064.424, May 2000.
6. Berkel C., Clarke J.A. Characterisation and Optimisation of 3D-LCD Module Design // Proc SPIE. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III, 1997, Vol. 3012, pp. 179–186.
7. Berkel C., Parker D.W., Franklin A.R. Multi-view LCD Display // Proc SPIE. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems III. 1996, Vol. 2653, pp. 32–39.
8. Efrat N., Didyk P., Foshey M., Matusik W., Levin A. Cinema 3D: Large Scale Automultiscopic Display / Weizmann Institute, Saarland University, MMCI / MPI Informatic; MIT CSAIL <http://news.mit.edu/2016/glasses-free-3d-larger-scale-0725>
9. <http://bse.sci-lib.com/article067268.html>
10. <http://carrieres-lumieres.com/fr/home>
11. <http://grushenka.livejournal.com/33178.html>
12. http://kit-e.ru/articles/displ/2010_08_13.php
13. <https://market.yandex.ru/product/1598505/spec?nid=55009&track=char>
14. <http://www.hologram3ddisplay.com/>
15. http://www.infologics.ru/present/page.phtml?page_id=51