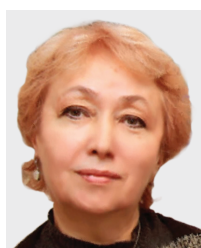


# ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ПОЛНОМЕТРАЖНЫХ 2D И 3D ФИЛЬМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРАКТАЛЬНЫХ СЛОЁВ



■ Н.К. Трубочкина, д.т.н., профессор, [ntrubochkina@hse.ru](mailto:ntrubochkina@hse.ru), Центр  
Фрактального Искусства МИЭМ НИУ ВШЭ, РФ

## Аннотация

Предлагается для 2D и 3D кинематографа дополнить к классическому визуальному ряду использовать новый слой динамической фрактальной графики. Рассматриваются технологии и комбинации использования трёх слоёв: фрактального динамического бэкграунда, слоя 3D моделей и отснятого камерой слоя реальных ландшафтов, объектов и героев. Описана технология совмещения визуального и эмоционального сценариев. Приведены примеры совмещения слоёв из фрактальных фильмов «Нашествие», «Рождение цивилизации» и «Райская планета». Показана работа над синхронизацией слоёв. Продемонстрированы примеры фрактальных и 3D сцен для героев.

**Ключевые слова:** фрактал, фрактальная динамическая визуализация, 3D фрактальный слой, послойная модель фрактального фильма, модель визуально-эмоционального сценария фрактального фильма.

PRODUCTION TECHNOLOGY FEATURE-LENGTH 2D AND 3D FILMS FROM USING FRACTAL LAYERS

N.K. Trubochkina, d.t.s., prof., [ntrubochkina@hse.ru](mailto:ntrubochkina@hse.ru), Fractal Art Center, HSE, Russia

## Abstract

For 2D and 3D artistic cinematography, in addition to the classic visual range a new layer of dynamic fractal graphic is proposed. The using of technology and a combination of three layers: the fractal dynamic backgrounds (new), a layer of 3D models and landscapes, and layer of real objects and characters, captured by the camera are considered. Technology of visual and emotional scenario combining is described. Examples of combining layers of fractal film «Invasion», «The Birth of civilization» and «Paradise Planet» are presented. Work on layers synchronization is shown. Examples of fractal and 3D scenes for real heroes are demonstrated.

**Keywords:** fractal, fractal dynamic visualization, 3D fractal layer, layered model of fractal film, model of visual-emotional scenario of a fractal film.

## ■ Введение

При анализе современного 2D и 3D кинематографа чётко просматриваются два основных направления, к которым относятся:

- фильмы, снятые на камеру, содержащие реальные ландшафты и объекты,
- фильмы, созданные с одновременным использованием реальных объектов и ландшафтов и 3D моделей: как компьютерных, так и натуральных макетов.

Натурные 3D макеты кораблей, замков, улиц и городов и пр. использовались давно. С появлением компьютеров к ним добавились 3D модели, созданные на компьютере. Примером одновременного использования 3D моделей, как натурных, так и компьютерных, является фильм о Гарри Поттере (рис. 1), а примером использования компьютерных 3D моделей, как для героев, так и для ландшафтов – фильм «Аватар» (рис. 2).

На рис. 1а реальные герои находятся в стенах замка, интерьеры которого смоделированы на компьютере – это совмещение слоёв реальных героев со слоем 3D компьютерной анимации. На рис. 1б представлен натуральный 3D макет замка – декорация, сделанная руками человека. На рис. 1в – компьютерная 3D модель одного из героев фильма.

На рис. 2а представлены скульптуры (натурные 3D модели) героев фильма «Аватар», на рис. 2б показана технология «оживления» компьютерного героя с помощью специальной технологии контрольных точек. Изменение мимики человека через датчики и специальное устройство передаётся компьютерной 3D модели как изменение координат её полигональных узлов.

Ландшафты в этом фильме тоже компьютерные (рис. 2в). Стоит отметить их псевдотрёхмерность и не очень хорошее качество изображения.

Из 162 минут фильма «Аватар» 117 минут были созданы только при помощи компьютерной графики, а 20 минут представляли собой соединение реальных съёмок и визуальных эффектов. Новый видеоряд и новые технологии сделали этот фильм очень популярным.

Таким образом, становится понятным, что одним из критериев привлекательности в киноиндустрии, помимо стандартных критериев (хорошие сценарии, игра актёров, режиссёрская, операторская, звукооператорская и пр. работы), существенным становится критерий визуальной новизны и новых технологий создания фильма, как 2D, так и 3D.

### Визуальная новизна

В качестве визуальной новизны в данной работе предлага-

ется математическая (фрактальная) графика [2–11], обладающая рядом преимуществ в сравнении с применяемыми растровой и векторной графиками. Фрактальная графика красочна и детализирована как растровая, и бесконечно масштабируема как векторная, но в отличие от векторной при масштабном перерасчёте появляется новая детализация, а в отличие от растровой графика не расплывается, а остаётся такой же чёткой.

В качестве новой методики создания 2D и 3D фильмов предлагается введение нового динамического художественного (фрактального) контента в качестве одного из слоёв фильма, «взаимодействующего» с основными слоями реальных героев и объектов, а также со слоем 3D моделей. На рис. 3 показана модель такого фрактального фильма, где:

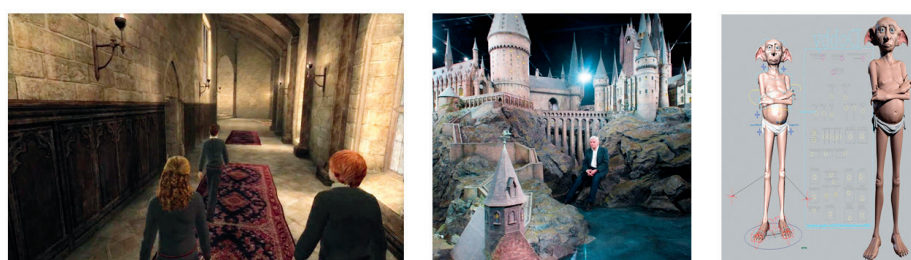


Рис. 1. 3D модели фильма «Гарри Поттер»: а – коридор в замке, б – натуральный 3D макет замка, в – 3D модель героя

Fig. 1. 3D models of the film “Harry Potter”: а - corridor in the castle, б - real - small-scale 3D layout of the castle, в - 3D model of the hero



Рис. 2. 3D модели фильма «Аватар»: а – скульптуры (натурные 3D модели) героев, б – управление мимикой компьютерной модели, в – компьютерный ландшафт

Fig. 2. 3D models of the film “Avatar”: а - sculptures of the heroes (full-scale 3D models), б - control a computer model of facial expression, в - computer landscape

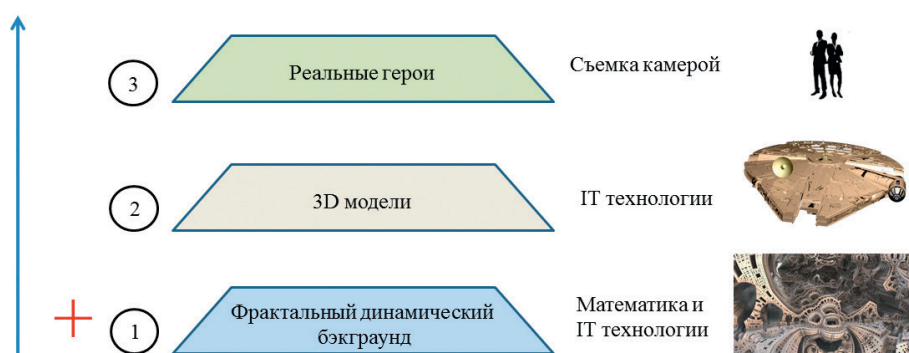


Рис. 3. Послойная модель фрактального фильма

Fig. 3. Layered model of fractal film

1. Нижний в видеоряде слой – фрактальный динамический мир (бэкграунд).
2. Над ним слой 3D моделей: рукотворных и компьютерных. Это компьютерные объекты (звездолёты, города и т.д.) и компьютерные персонажи (аватары).
3. В верхнем слое – реальные живые съёмки камерой (реальные герои, объекты, ландшафты).

Исходя из предложенной модели, возможны различные типы фильмов. Рассмотрим их подробнее.

### Типы фильмов

**Тип 1.** Только один слой общей модели. На рис. 4 показаны примеры фильмов первого типа.

*Первый слой модели.* Фрактальный динамический мир. Пример: видео полёта во фрактальном мире (рис. 4а); либо

*Второй слой модели.* 3D модели и эффекты. Пример: анимация компьютерных 3D полигональных объектов, в том числе, и героев (рис. 4б); либо

*Третий слой модели.* Реальные: мир, объекты, герои. Пример: классическое кино, снятое на камеру (рис. 4в).

**Тип 2.** Два слоя общей модели. На рис. 5 показаны примеры фильмов второго типа.

*Первый слой* (фрактальный динамический мир) и *второй слой* (3D модели). Пример: полёт 3D компьютерной модели звездолёта во фрактальном мире (рис. 5а); либо

*Первый слой* (фрактальный динамический мир) и *третий слой* (реальные: мир, объекты, герои). Пример: деятельность человека во фрактальном мире (рис. 5б); либо

*Второй слой* (3D модели и эффекты) и *третий слой* (реальные: мир, объекты, герои). Пример: жизнь реальных героев в 3D модели, например, замке или звездолёте (рис. 5в).

**Тип 3.** Все три слоя модели одновременно. На рис. 6 показан пример фильма третьего типа.

*Первый слой* (фрактальный динамический мир), *второй слой* (3D модели и эффекты) и *третий слой* (реальные: мир, объекты, герои), рис. 6. Пример: выход космонавтов из летательного аппарата во время полёта над фрактальным динамическим миром. Все три слоя фрактального фильма могут находиться в некотором временном взаимодействии.

### Визуальный сценарий

На рис. 7 показан пример временной диаграммы (визуального сценария) фрактального 2D фильма. В момент времени  $t_1$  на экране только динамический фрактальный мир; в момент времени  $t_2$  к нему добавляется

3D модель, например, появляется звездолёт; в момент времени  $t_3$  – сцена в реальном мире; в момент времени  $t_4$  – например, сцена с людьми в звездолёте (3D модель), и т.д.

Для стерео фрактального фильма необходимы будут по два ракурса каждого слоя (рис. 8), а для 3D фрактального фильма с просмотром без очков по девять ракурсов каждого слоя (рис. 9). Технически такой визуальный сценарий вполне реализуем.



Рис. 4. Примеры фильмов первого типа (только один слой)

Fig. 4. Examples of the first type of film (single layer)



Рис. 5. Примеры фильмов второго типа (два слоя)

Fig. 5. Examples of the second type of film (two layers)



Рис. 6. Пример фильма третьего типа (три слоя модели)

Fig. 6. Example film of the third type (three-layer model)

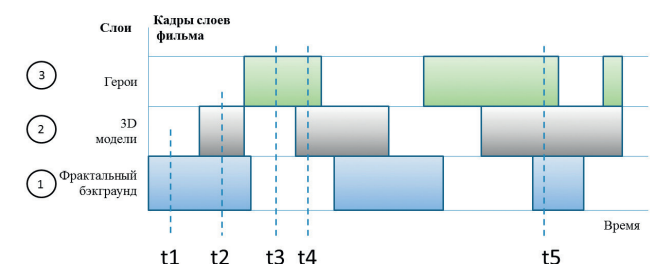


Рис. 7. Временная диаграмма фрактального 2D фильма

Fig. 7. Timing diagram of fractal 2D film



Следующим этапом в создании фрактального фильма является совмещение визуального и эмоционального сценариев.

### Эмоциональный сценарий

Технология создания фильмов с фрактальными бэкграундами несколько отличается от классической, где на первом месте сценарий, который «рождает» и визуальный ряд, и всё остальное. Классическую технологию можно назвать условно последовательной: сценарий – актёры – визуальный ряд (природные сцены, декорации) – производство [1].

Предлагаемая технология предполагает «параллельное» производство фильма, когда актёрский сценарий сильно зависит от визуального ряда, когда сценарист работает вместе с фрактальным художником и 3D дизайнером. На рис. 10 показано совмещение временной диаграммы и эмоционального сценария (план для сценариста) и визуального сценария.

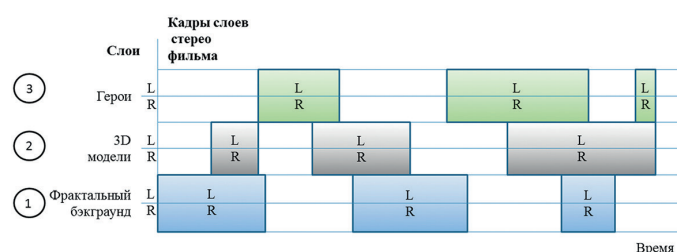


Рис. 8. Временная диаграмма фрактального стереофильма

Fig. 8. Timing diagram of fractal stereo film

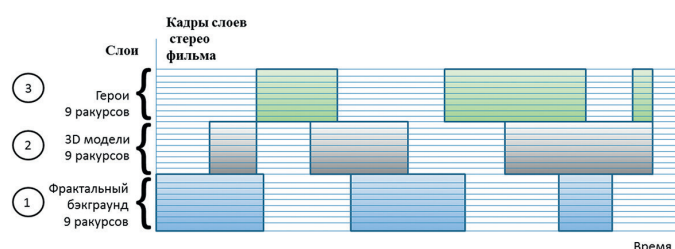


Рис. 9. Временная диаграмма фрактального 3D фильма с просмотром без очков

Fig. 9. The timing diagram of fractal 3D movie viewing without the glasses

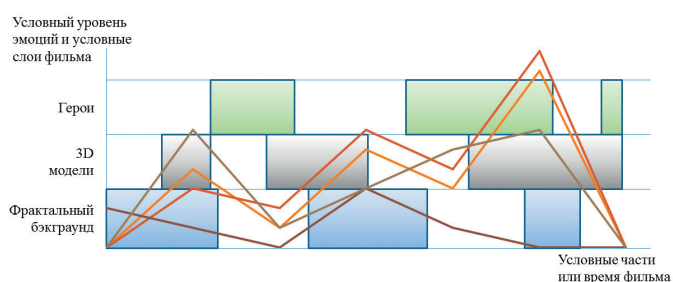


Рис. 10. Совмещение визуального и эмоционального сценариев фильмов с фрактальными бэкграундами

Fig. 10. The combination of visual and emotional screenplay of film with fractal backgrounds

Планов сценариев – бесконечное множество, но главными характеристиками их являются ритмичность различных эмоций, их подъём и снижение, первоначальная зависимость от визуального ряда, а потом и управление синтезом этого визуального ряда.

### Примеры начальных сценариев фильмов с фрактальными бэкграундами

#### 1. Фрактальный фильм «Нашествие».

На рис. 11 показан пример совмещения фрактального бэкграунда (первый слой) и 3D модели (второй слой) – кадры 2D или 3D фильма полёта звездолёта во фрактальном мире (бэкграунде). Первоначальная идея фильма «Нашествие»: на некоторую планету, где уже живут люди, прилетает армада механических существ-кораблей (фрактальный динамический бэкграунд), желающих её завоевать. На планете уже проживающая там цивилизация высылает небольшой звездолёт-разведчик навстрече-

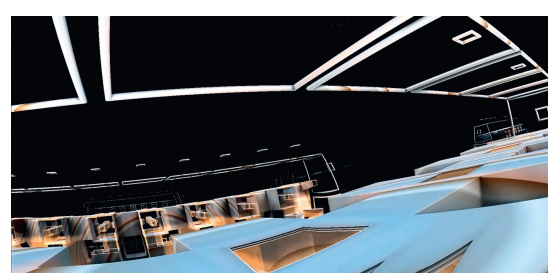
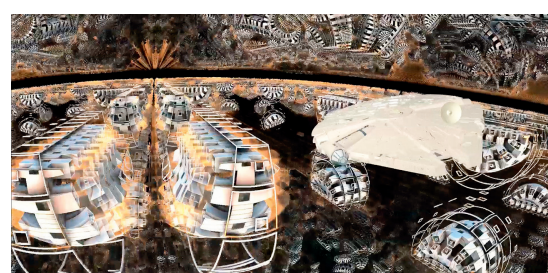
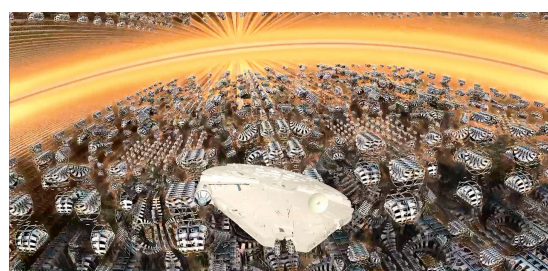


Рис. 11. Кадры фрактального фильма «Нашествие»

Fig. 11. Frames of fractal film "Invasion"



чу космическим захватчиком. Летящие, как металлическая саранча, полчища — это анимация мультифрактала, звездолёт — компьютерная 3D модель. На рис. 11 показано динамическое «взаимодействие» вычислительной фрактальной математики (новое) и 3D компьютерной анимации.

Это визуальный ряд, определяющий весь дальнейший ход событий, в том числе, и с реальными героями, который для фильма будут одновременно придумывать сценарист, фрактальный художник-вычислитель и 3D дизайнер. При взаимодействии первого и второго слоя фрактального фильма дополнительно встают проблемы синхронизации слоёв по смыслу, движению, цвету и свету.

## 2. Фрактальный фильм «Рождение цивилизации»

На рис. 12 показаны кадры из фрактального фильма «Рождение цивилизации».

Первоначальная идея фильма «Рождение цивилизации»: на планету падает светящийся плазмодид (рис. 12а). После взрыва на месте падения появляется маленький каменный «бугорок», который начинает расти и постепенно превращается в пирамиду (рис. 12б). Эта Пирамида — необычная форма жизни, которая живёт за счёт энергии ближайшей звезды, способна принимать, перерабатывать и отправлять информацию. Пирамида растёт (рис. 12в), на ней образуются «почки» — маленькие Пирамиды (рис. 12г), которые постепенно «разбредаются» по планете. Вокруг сооружений постепенно начинают собираться аборигены (слой реальных героев), обучаясь тем знаниям, которые дают Пирамиды. Так рождается Цивилизация. И всё это происходит под присмотром космических кораблей (рис. 12в, г, д, е).

После такого визуально-смыслового сценария, определяемого фрактальным миром (динамическим мультифракталом), необходимо писать сценарий взаимодействия всех трёх слоёв, включая жизнь аборигенов.

## 3. Фрактальный фильм «Райская планета»

Первоначальная идея фильма «Райская планета»: где-то во вселенной есть красивая планета, очень похожая на то, что мы называем раем (рис. 13а). Прекрасные светлые дали, башни, держащие небо, чтобы они не упали на землю, и даже светлый под-

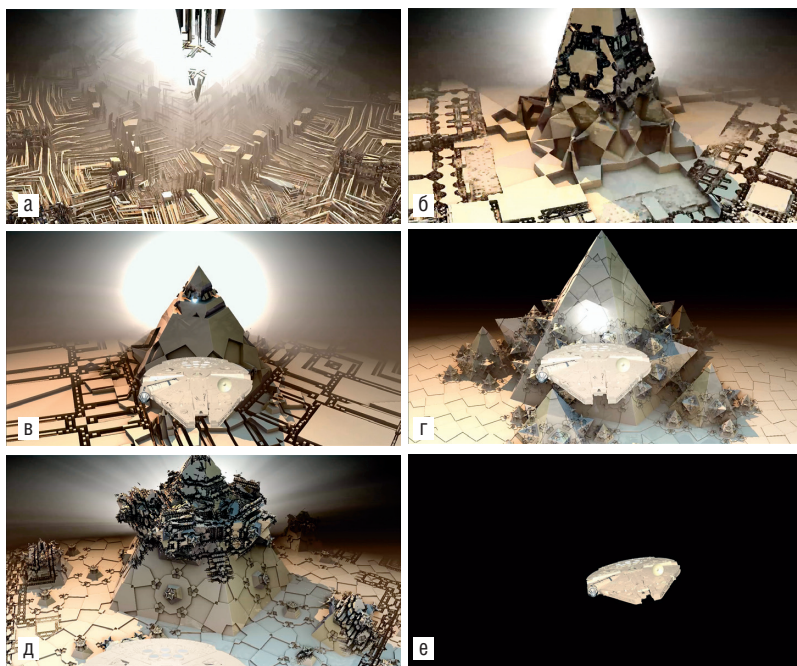


Рис. 12. Кадры из фрактального фильма «Рождение цивилизации»

Fig. 12. Images from the fractal film “Birth of Civilization”

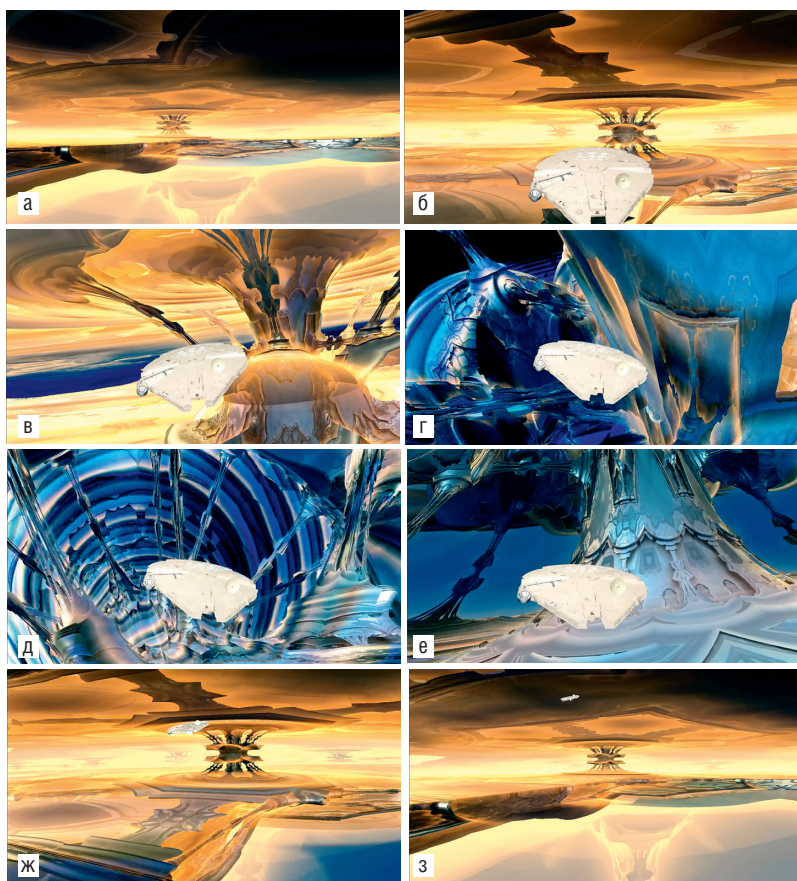


Рис. 13. Кадры из фрактального фильма «Райская планета»

Fig. 13. Images from the fractal film “Paradise Planet”

земный мир. Люди, используя и замусорив Землю и боясь её наказания — голода, болезней, наводнений и землетрясений, устремляются в космос в поисках нового

места обитания и находят эту планету, которая им кажется раем. Далее события могут развиваться как угодно, но только очень бы хотелось, чтобы эта планета (с помощью сценариста) показала людям, что рай – это не столько «где», а больше «кто»...

### Работа над деталями

Важной задачей фрактального фильма является «художественная синхронизация» визуального ряда. Это достигается совместной работой фрактального (математического) художника и 3D дизайнера. На рис. 14 показана текстурная «синхронизация» визуального ряда первого и второго слоя фрактального фильма «Райская планета», где свет и цвет фрактального бэкграунда учтены в отражениях на поверхности 3D объекта второго слоя.



Рис. 14. Текстурная «синхронизация» визуального ряда первого и второго слоя фрактального фильма

Fig. 14. Textural “synchronization” of visual range of the 1st and 2nd layer of fractal film

### Создание сцен для героев

Очень важной задачей фрактальных фильмов является задача создания сцен и фонов, в которых будут действовать герои, отснятые в технологии хромакей.

На рис. 15 показан интерьер фрактальной башни, в которой находится 3D звездолёт. На рис. 16 – интерьер самого звездолёта.

Это те двух- и однослойные бэкграунды, на фоне которых могут происходить действия героев.

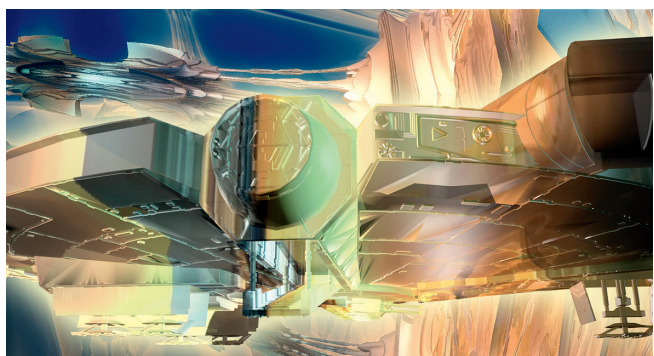


Рис. 15. Сцена «Звездолёт в башне»

Fig. 15. Scene “The spaceship in the tower”

Хочется отметить, что переход на новый кинематографический (визуальный) уровень с использованием последних достижений в области фрактальной математики и IT технологий потребует:

- новых знаний для специалистов: сценаристов, режиссёров, 3D визуализаторов (как компьютерных, так и математических), монтажёров и пр.;
- очень мощной вычислительной техники, способной просчитывать динамику фрактальных миров, используемых во фрактальных фильмах;
- изменения технологии производства фильма.

### Достоинства использования в фильмах фрактальной визуализации:

1. более качественный (яркий, фантастический, попиксельно проработанный визуальный ряд);
2. новые математические визуальные миры, стимулирующие формирование сценария;
3. возможность создания на новом математическом материале 3D фильмов (с очками и без очков), и в дальнейшем многоакурсной круговой световой 3D визуализации.

### Заключение

1. Предложена технология создания художественных 2D и 3D (в очках и без очков) фильмов с использованием фрактальных бэкграундов, основанная на том, что к съёмке камерой и компьютерной 3D графике добавляется математическая (фрактальная) динамическая визуализация.
2. Предложена модель послойной структуры фрактальных 2D и 3D фильмов.
3. Рассмотрены типы фрактальных фильмов.
4. Описана технология совмещения визуального и эмоционального сценариев.
5. Приведены примеры совмещённых слоёв из фрактальных фильмов «Нашествие», «Рождение цивилизации» и «Райская планета».
6. Показана работа над деталями слоёв.
7. Приведены примеры сцен (первый и второй слой) и (второй слой) для героев. ■

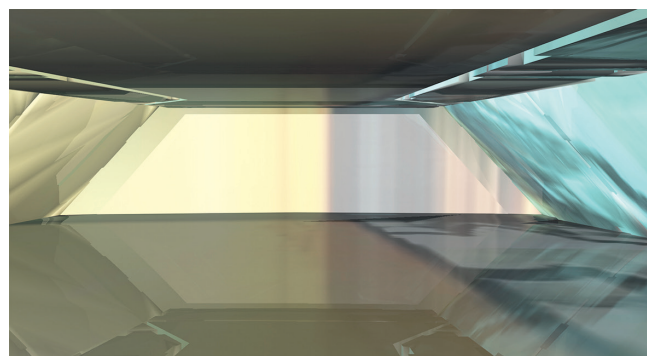


Рис. 16. Сцена «Внутри 3D звездолёта»

Fig. 16. Scene «Inside 3D spaceship»



## ЛИТЕРАТУРА

1. Молчанов А. Как написать сценарий успешного сериала. ISBN: 978-5-4474-1140-4, Москва. 2009.
2. Трубочкина Н.К. Прекрасная фрактальная математика и её приложения // В кн.: XXI Международная студенческая школа-семинар «Новые информационные технологии». Тезисы докладов. Отв. ред. А.Н. Тихонов, В.Н. Азаров, Ю.Л. Леохин, Н.С. Титкова, С.С. Фомин. М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. С. 58–65.
3. Трубочкина Н.К. Новый промышленный дизайн и технологии, как результат математическо-компьютерных фрактальных исследований // Качество. Инновации. Образование. 2012. Т. 84. № 5. С. 76–82.
4. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В. Методика синтеза трёхмерных фрактальных видео для видеоарта, телевидения и очкового стереокино // Мир техники кино. 2015-2(9). С. 11–18.
5. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В. Фрактальные графические образы – новые возможности для кино и телевидения // Мир техники кино. 2015-4(9). С. 10–17.
6. Трубочкина Н.К. Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: VII Международная научно-практическая конференция, Москва, 23- 25 апреля 2015. Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2015.
7. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В. Мультимедиа в современном искусстве // В кн.: Инновационные технологии в кинематографе и образовании: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 21–25 сентября 2015. Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2015. С. 168–175.
8. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В. Технология фрактальной 3D-визуализации // В кн.: Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: VII Международная научно-практическая конференция, Москва, 23– 25 апреля 2015. Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2015. Гл. 11. С. 99–113.
9. Трубочкина Н.К., Лиховцева А.В., Кондратьев Н.В. Инновационные технологии в кинематографе и образовании: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 21–25 сентября 2015. Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2015.
10. Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В. Перспективы развития трёхмерного кино без очков с использованием фрактальной графики // В кн.: Инновационные технологии в кинематографе и образовании: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 21–25 сентября 2015. Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2015. С. 60–69.
11. Трубочкина Н.К., Кондратьев Н.В. Создание фрактальных статических и динамических изображений для автостереоскопических систем // Мир техники кино. 2015-3(9). С. 6–16.

## REFERENCES

1. Molchanov A. Kak napisat' scenarij uspehnogo seriala. ISBN: 978-5-4474-1140-4 Moskva. 2009.
2. Trubochkina N.K. Prekrasnaya fraktal'naya matematika i ee prilozheniya / V kn.: XXI Mezhdunarodnaya studencheskaya shkola-seminar «Novye informacionnye tekhnologii». Tezisy dokladov / Otv. red. A.N. Tihonov, V.N. Azarov, YU.L. Leohin, N.S. Titkova, S.S. Fomin. M.: MIEHM NIU VSHEH, 2013. S. 58–65.
3. Trubochkina N.K. Novyj promyshlennyy dizajn i tekhnologii, kak rezul'tat matematicheskoy-komp'yuternykh fraktal'nykh issledovaniy / Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. 2012. T. 84. № 5. S. 76–82.
4. Trubochkina N.K., Lihovceva A.V. Metodika sinteza tryohmernykh fraktal'nykh video dlya videoarta, televideniya i ochkovogo stereokino / Mir tekhniki kino. 2015-2(9). S. 11–18.
5. Trubochkina N.K., Lihovceva A.V. Fraktal'nye graficheskie obrazy – novye vozmozhnosti dlya kino i televideniya / Mir tekhniki kino. 2015-4(9). S. 10–17.
6. Trubochkina N.K. Zapis' i vosproizvedenie ob'yomnykh izobrazhenij v kinematografe i drugih oblastyah: VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 23–25 aprelya 2015: Materialy i doklady. – M.: VGIK, 2015.
7. Trubochkina N.K., Lihovceva A.V. Mul'timedia v sovremennom iskusstve / V kn.: Innovacionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 21–25 sentyabrya 2015. Materialy i doklady. – M.: VGIK, 2015. S. 168–175.
8. Trubochkina N.K., Lihovceva A.V. Tekhnologiya fraktal'noj ZD-vizualizacii / V kn.: Zapis' i vosproizvedenie ob'yomnykh izobrazhenij v kinematografe i drugih oblastyah: VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 23–25 aprelya 2015. Materialy i doklady. – M.: VGIK, 2015. Gl. 11. S. 99–113.
9. Trubochkina N.K., Lihovceva A.V., Kondrat'ev N.V. Innovacionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 21–25 sentyabrya 2015. Materialy i doklady. – M.: VGIK, 2015.
10. Trubochkina N.K., Kondrat'ev N.V. Perspektivy razvitiya tryohmernogo kino bez ochkov s ispol'zovaniem fraktal'noj grafiki / V kn.: Innovacionnye tekhnologii v kinematografe i obrazovanii: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, Moskva, 21–25 sentyabrya 2015. Materialy i doklady. – M.: VGIK, 2015. S. 60–69.
11. Trubochkina N.K., Kondrat'ev N.V. Sozdanie fraktal'nykh staticheskikh i dinamicheskikh izobrazhenij dlya avtostereoskopicheskikh sistem / Mir tekhniki kino. 2015-3(9). S. 6–16.