

Например, можно продублировать соответствующие векторы в точках их приложения на кинематической схеме. Более того, расположив все размеры и вспомогательные линии на отдельном слое, можно достаточно просто создавать покадровые анимации движения механизмов. Далее кадры собираются в единую анимацию в формате GIF или MP4 при помощи графического редактора или онлайн-сервисов. Подобная визуализация значительно улучшает восприятие студентами теоретических выкладок в виде дифференциальных уравнений при аналитическом исследовании плоско-рычажных механизмов. Это приводит к повышенной мотивации студентов, улучшению посещаемости и успеваемости.

Список литературы

1. **Воронцов, Д. С.** Использование модуля SolidWorks Motion при изучении дисциплины «Теория механизмов и машин» / Д. С. Воронцов // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов междунар. конф., Брест, Новосибирск, 19 апреля 2019 г. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2019. – С. 57–63.
2. **АСКОН:** библиотека обучающих материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/publications/docs/>. – Дата доступа: 31.03.2022.
3. **Фролов, К. В.** Теория механизмов и машин : учебник / К. В. Фролов [и др.]. – Москва : Высшая школа, 1987. – 496 с.

УДК 004.921

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СРЕДЕ ARNOLD RENDERER

В. А. Столер, канд. техн. наук, доцент,
Д. В. Рабеко, магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь

Ключевые слова: компьютерная графика, Arnold Renderer, визуализация, трассировка лучей, рендеринг, фотореализм, сэмплы, шумы, освещение.

Работа посвящена изучению и настройке параметров программного продукта Arnold Renderer, которые влияют на качество получаемых изображений, их фотореалистичность, а также производительность системы.

В компьютерной графике под визуализацией (рендерингом) понимают создание плоской картинки – цифрового растрового изображения трехмерной сцены с помощью компьютерной программы. От возможностей программного обеспечения зависит качество обработанной картинка, что принципиально важно при создании фотореалистичного изображения. Известные «старые» software рендеры не имеют такого расширенного функционала, который предлагает Arnold Renderer [1, 2]. Arnold – новый высококачественный

кроссплатформенный программный продукт, который имеет множество преимуществ по отношению к конкурирующим программам, превосходя их в плане фотореализма и быстродействия, и возможности получить как фотореалистичный рендер, так и экспрессионистскую картинку. Визуализация в Arnold основана на физических законах, что означает использование физических характеристик для материалов и освещения [3].

Arnold известен как алгоритм brute force (грубая сила), означающий, что глобальное освещение рассчитывается в каждом пикселе кадра. В этом и состоит отличие от таких методов как final gathering или irradiance mapping, которые этого не позволяют сделать. Преимущество в том, что алгоритм brute force оптимизирован и гораздо быстрее аналогичных рендеров. Arnold попадает в категорию рендеров Monte Carlo path tracer, использующих метод, при котором лучи беспорядочно отражаются от каждой поверхности трехмерного изображения, что придает ему характерный зернистый вид и позволяет управлять рендером в интерактивном режиме. Точность вычислений мы можем контролировать либо глобально, либо через каждый отдельный источник света или материал. При этом можно контролировать выборку, а также глубину излучений, которая определяется количеством переотражений для каждого из компонентов сцены.

Настройка рендера в Arnold разбита на пять этапов: Common (Общее); Arnold Renderer (Настройки визуализатора); System (Настройки системы); AOVs (Управление произвольными переменными вывода); Diagnostics (Диагностика).

В меню Common располагаются настройки таких параметров, как формат выходного файла, выбор камеры для рендера и размера выходного изображения.

Основные функции рендера располагаются в настройках визуализатора (рисунок 1). Важным разделом настроек визуализатора является Sampling, так как Arnold – это рейтрейсинговый рендер, а семплинг и глубина лучей служит основой Arnold как рейтрейсера.

При рендеринге изображения в рассматриваемой программе ей надо определить цветовое значение для каждого отдельного пикселя, что бы составить общую картину и получить финальное изображение. Для этого в Arnold выпускаются лучи из камеры, задевающие разные объекты и поверхности, после чего лучи считывают информацию и возвращают ее обратно. Этот процесс можно назвать сэмплингом (Sampling) [4]. Настройки сэмплинга влияют на качество рендера и отвечают за шум изображения. Количество лучей, выпускаемых камерой, может быть установлено сэмплом Camera (AA). Сэмплы Camera являются глобальным множителем – чем выше его значение, тем выше качество обработки изображения. Вместе с тем, увеличение данного значения увеличит время рендеринга и повлияет на количество вторичных лучей различного типа (рисунок 2).

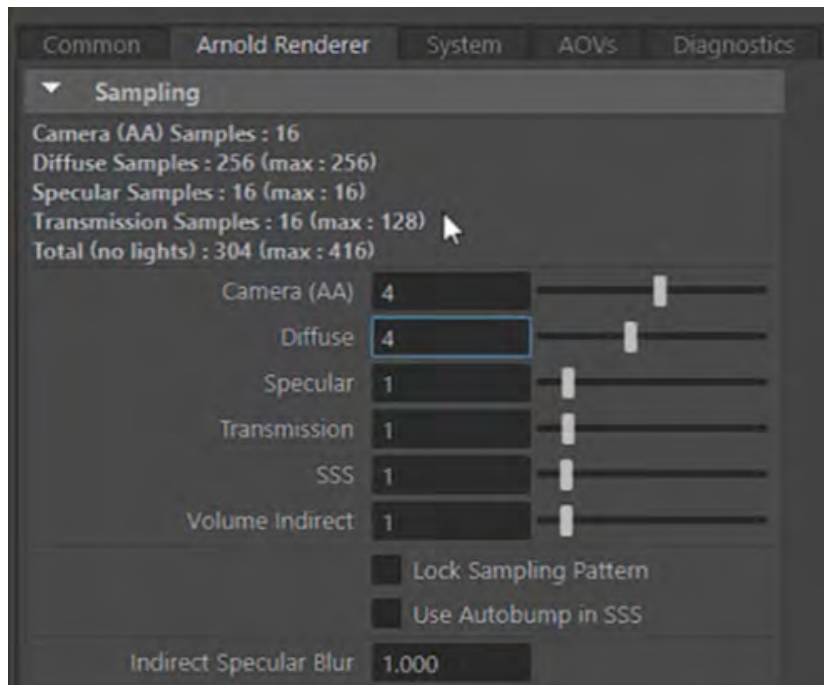


Рисунок 1 – Меню сэмпирования Arnold

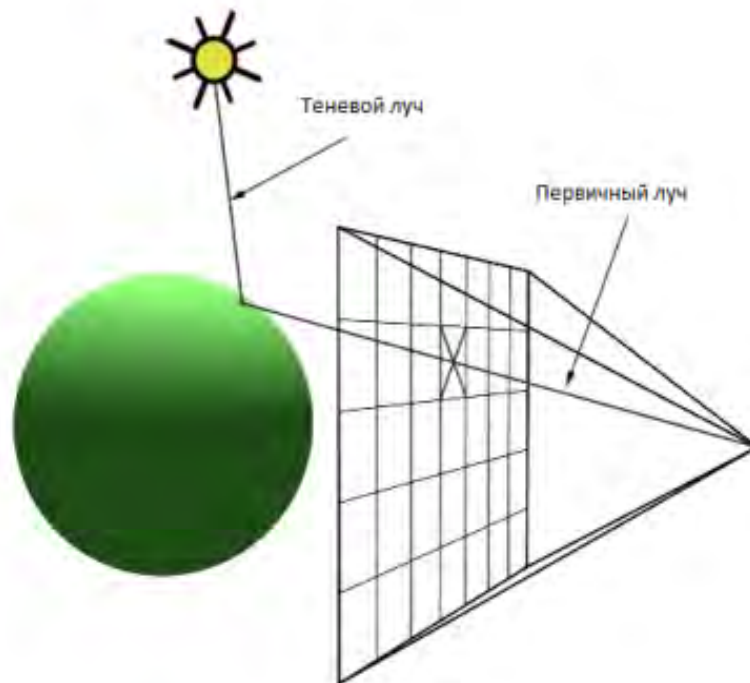


Рисунок 2 – Трассировка лучей

При отражении света от поверхности и дальнейшем следовании к другим поверхностям, на последних может возникать шум от отраженных не прямых лучей. Для уменьшения данного шума применяется Diffuse сэмпирование путем увеличения количества Diffuse сэмплов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Уменьшение шума при увеличении diffuse сэмплов

Сэмлы Specular используются для управления качеством не прямых зеркальных отражений. Увеличение данного значения улучшает точность и качество отражений. Сэмлы Transmission связаны с прозрачными и преломляющими поверхностями. Увеличение данного параметра улучшает качество не прямой трансмиссии и приводит к уменьшению количества шума от не прямых преломлений (рисунок 4).

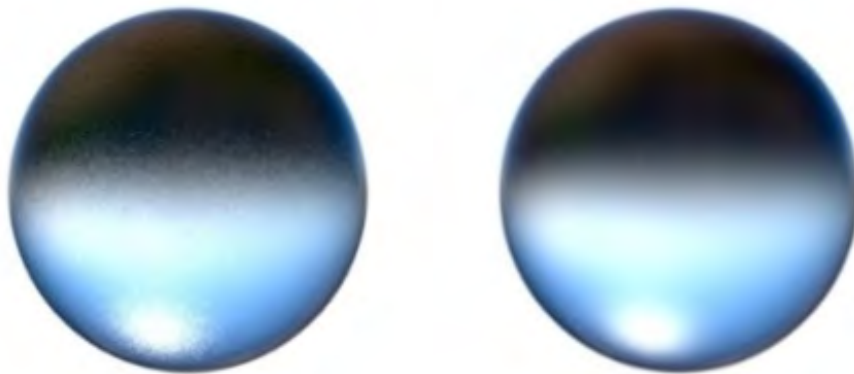


Рисунок 4 – Уменьшение шумов при увеличении transmission сэмплов

Следующий параметр настройки программы – это подповерхностное рассеивание SSS (Subsurface scattering). Его значение определяет количество выборок освещения (прямого и непрямого), которое будет взято для оценки освещения в пределах радиуса затеняемой точки для расчета подповерхностного рассеяния. Более высокие значения дают более чистое решение, но для рендеринга требуется больше времени.

Volume indirect управляет количеством лучей, которые запускаются для вычисления непрямого освещения объема (рисунок 5).

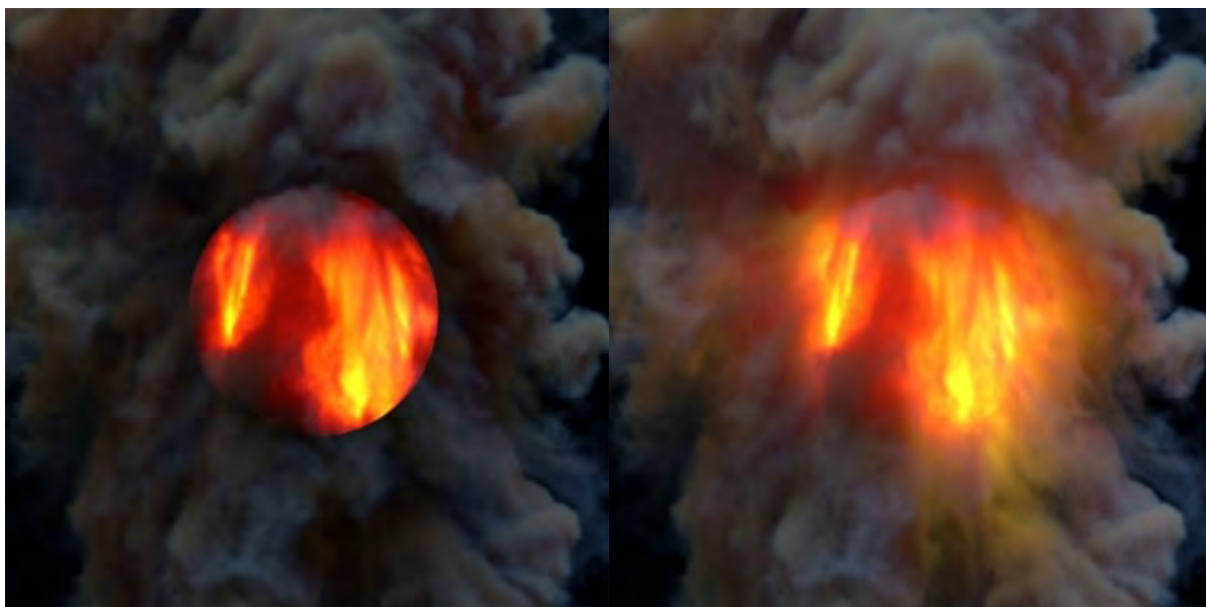


Рисунок 5 – Уменьшение шумов при увеличении volume indirect сэмплов

Еще одним важным фактором настройки рендера в Arnold является Ray Depth, отвечающий за то, насколько далеко лучи могут пройти в трехмерной сцене и сколько раз луч может в ней менять направление [5].

В результате проведенных исследований было установлено следующее. Варьируя значениями Transmission, Diffuse, Specular, Transmission, Volume, Transparency Depth, можно увеличивать или уменьшать количество переотражений лучей от поверхностей в трехмерной сцене и тем самым влиять на качество полученного изображения.

Список литературы

1. Рендеринг: что это, зачем нужно и как работает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://videozayac.ru/blog/rendering-3d-cg-animacii-programmy/>.
2. Arnold renderer – русский взгляд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://render.ru/ru/articles/post/10578>.
3. Arnold for maya user guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.arnoldrenderer.com/display/A5AFMUG/Arnold+for+Maya+User+Guide>.
4. Sampling [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.arnoldrenderer.com/display/A5AFMUG/Samples>.
5. Ray Depth [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.arnoldrenderer.com/display/A5AFMUG/Ray+Depth>.