

Л.И. МЕЩЕРЯКОВ, д-р техн. наук,

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),

Н.С. ПРЯДКО, канд. техн. наук

(Украина, Днепропетровск, Институт технической механики НАНУ и ГКАУ),

Ю.А. СМЕТАНИН

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОЦЕССА СТРУЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Целевые функции различных методов пространственного моделирования содержат описания заданных технологических объектов с размещением их на сцене с помощью основных геометрических преобразований в соответствии с требуемыми сценариями. При этом сам процесс моделирования включает несколько этапов [1, 2]: моделирование на основе стандартных объектов, которое является начальной точкой для создания объектов более сложной структуры и прежде всего связано с использованием стандартных примитивов как элементарных частей составных объектов; анимация направлена на создание измененного состояния объекта в точке пространства и в большинстве случаев строится с помощью ключевых кадров, т.е. меток на временной шкале. При создании нескольких ключевых кадров, возможно руководство поведением объекта на экране; визуализация (рендеринг) является заключительным этапом работы над моделированной сценой, после чего можно увидеть все свойства материалов объектов, эффекты внешней среды, которые применены в составе сцены. На этом этапе математическая (векторная) пространственная модель превращается в плоскую (растровую) картинку, т.е. превращает трехмерную векторную структуру данных в плоскую матрицу пикселей. Если нужно создать фильм, то рендерится последовательность таких картинок – кадров. Этот шаг часто требует очень сложных вычислений, особенно когда нужно создать иллюзию реальности.

Использование трехмерной анимации и визуализации для создания интерактивного содержимого для различных предметных областей является актуальным. С другой стороны интересным для учебного процесса является компьютерное отображение эффектов сборки технологического оборудования и его работы, а также пространственное отображение реальных технологических процессов.

Струйная измельчительная установка состоит из помольной камеры, системы подачи энергоносителя, бункера загрузки материала, классификатора, циклона, вентилятора и бункера готового продукта. Для управления работой мельницы используется система акустического мониторинга [3]. На рис. 1 показана схема установки для противоточного струйного измельчения.

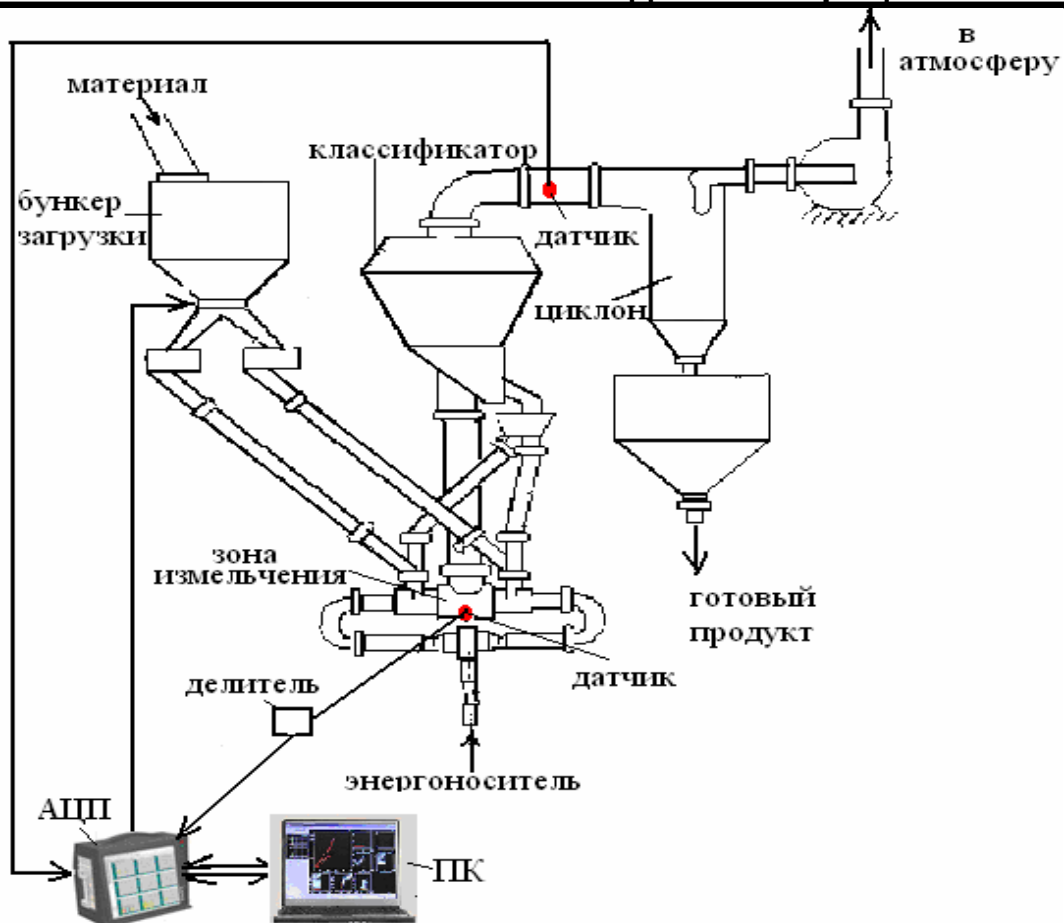


Рис. 1. Схема структурних елементів струйної измельчительної установки

Пространственная модель струйной мельницы в составе измельчительной установки представляет собой наиболее объемную часть работы, ее конечная презентация, выполненная в программе 3D Studio MAX, содержит больше 200 составных частей. При этом большинство элементов создавалось методом полигонального моделирования из созданных примитивов и с сеткой, рассчитанной на последующее сглаживание. Для более простых поверхностей использовалось моделирование сплайнами, которые потом конвертировались в редактируемые полигоны (Editable Poly) и модифицировались.

Начальным объектом компьютерного моделирования являлась помольная камера (рис. 2, а). В центре координат было создано несколько пересекающихся примитивов Cylinder, объединенных методом булевого составления (boolean subtraction). Для упрощения дальнейших операций полученная поверхность снова конвертировалась в Editable Poly и все вершины исправлялись вручную. Ребра создавались инструментом Chamfer.

Фланцы камеры моделировались методом клонирования ребер, булевыми операциями, ручной правкой вершин и ребер, инструментом Chamfer, Bridge и модификатором Symmetry. Для создания резьбы использовался сплайн типа Helix. Ко всему элементу применен модификатор TurboSmooth с одной итерацией сглаживания. Аналогичным образом создана модель соплового блока с разгонной трубкой (рис. 2, б).

Підготовчі процеси збагачення

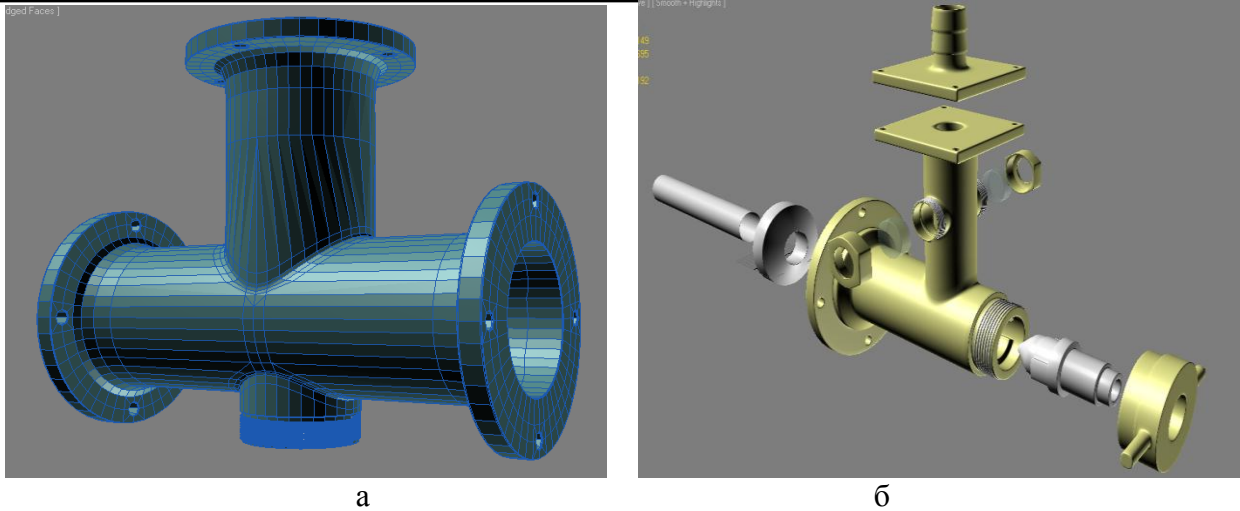


Рис. 2. Компьютерное моделирование помольной камеры (а) и соплового блока с разгонной трубкой (б)

Классификатор состоит из нескольких габаритных составных частей, при моделировании которых преимущественно использовалось полигональное моделирование (рис. 3, а).

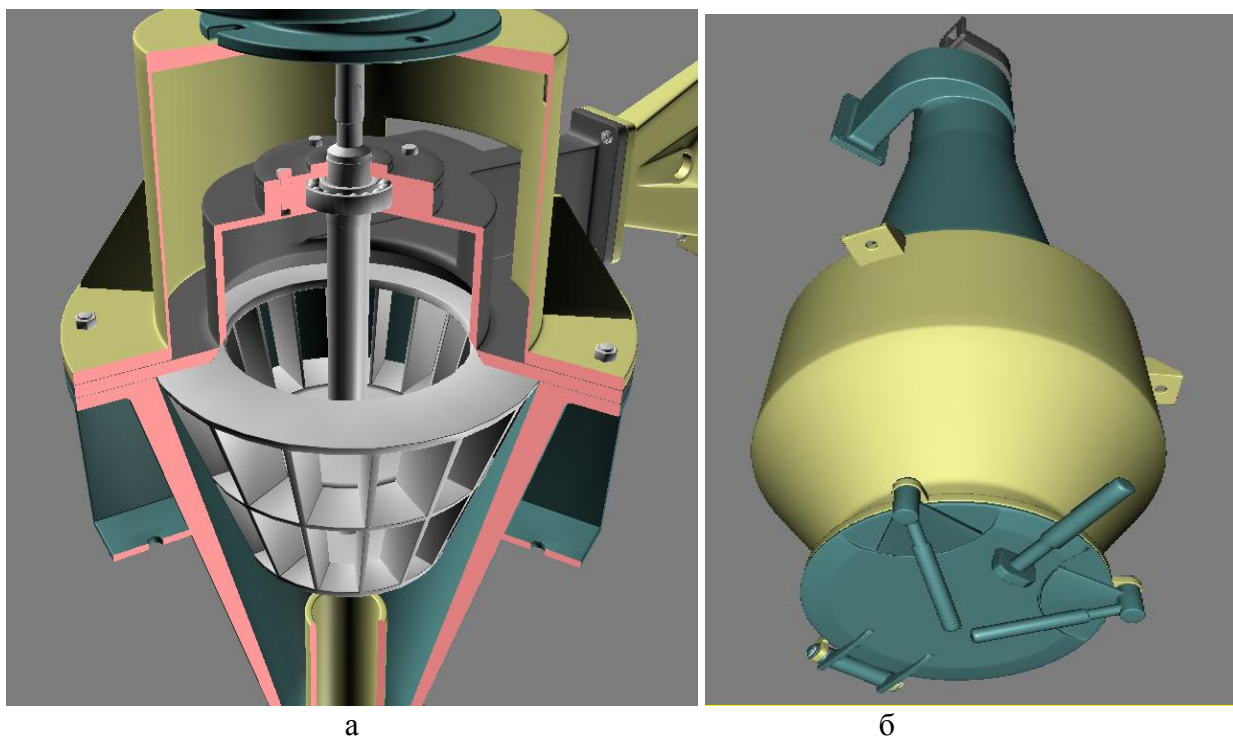


Рис. 3. Пространственное моделирование классификатора (а) и циклонного сепаратора (б)

Дальнейшее моделирование составляющих структурных компонентов технологической установки для струйного измельчения в большинстве выполнялось с использованием этих же методов. Например, модель циклонного сепаратора (рис. 3, б).

После формирования потока данных вышеописанных действий из полученных моделей составляющих объектов была собрана в окончательном виде трехмерная модель измельчительной установки (рис. 4), которая содержит около $15 \cdot 10^6$ полигонов и $9 \cdot 10^5$ точек.

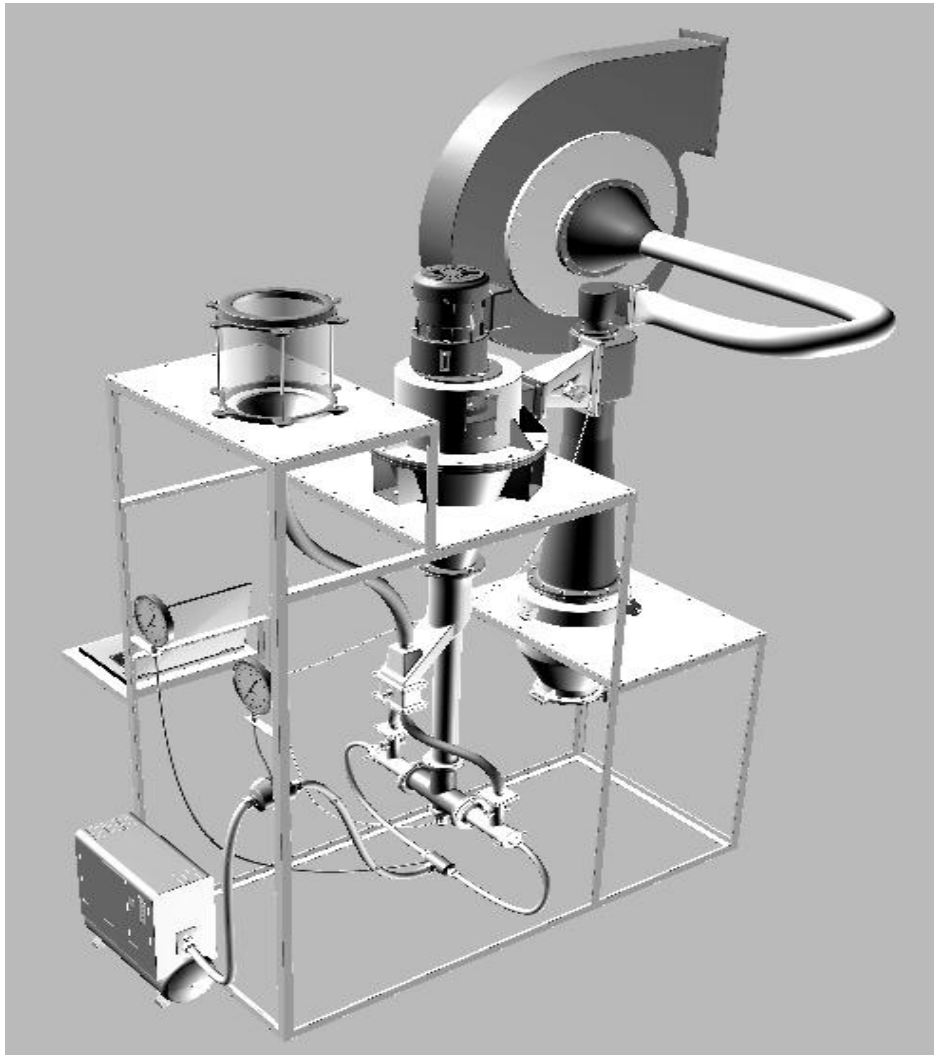


Рис. 4. Трехмерная модель измельчительной установки

После окончания всех главных этапов моделирования для повышения быстродействия ресурсоемкой визуализации анимации отработка и текстурования материалов проведено с расчетом на стандартный визуализатор Default Scanline Renderer.

В большинстве случаев анимация строится с помощью ключевых кадров (keyframe), т.е. меток на временной шкале, которая создается для изменения состояния объекта в этой точке. При создании нескольких ключевых кадров, можно руководить поведением объекта на экране. Руководить всеми параметрами создания, редактирования, копирования и удаления ключей анимации всех объектов на временной шкале, назначать контроллеры анимации и установление их параметров помогает окно Track View со своим собственным интерфейсом.

Підготовчі процеси збагачення

Выполненный поэтапно поток данных трехмерной модели струйной измельчительной установки позволяет далее подвергнуть технологическую операцию сборки непосредственной анимации составляющих подобъектов в реальном масштабе времени. Разбитая на кадры во время визуализации анимация технологии сборки модели установки может быть в учебных целях отображена различным образом. В частности на рис. 5 показана модель струйной установки с системой акустического мониторинга процесса.

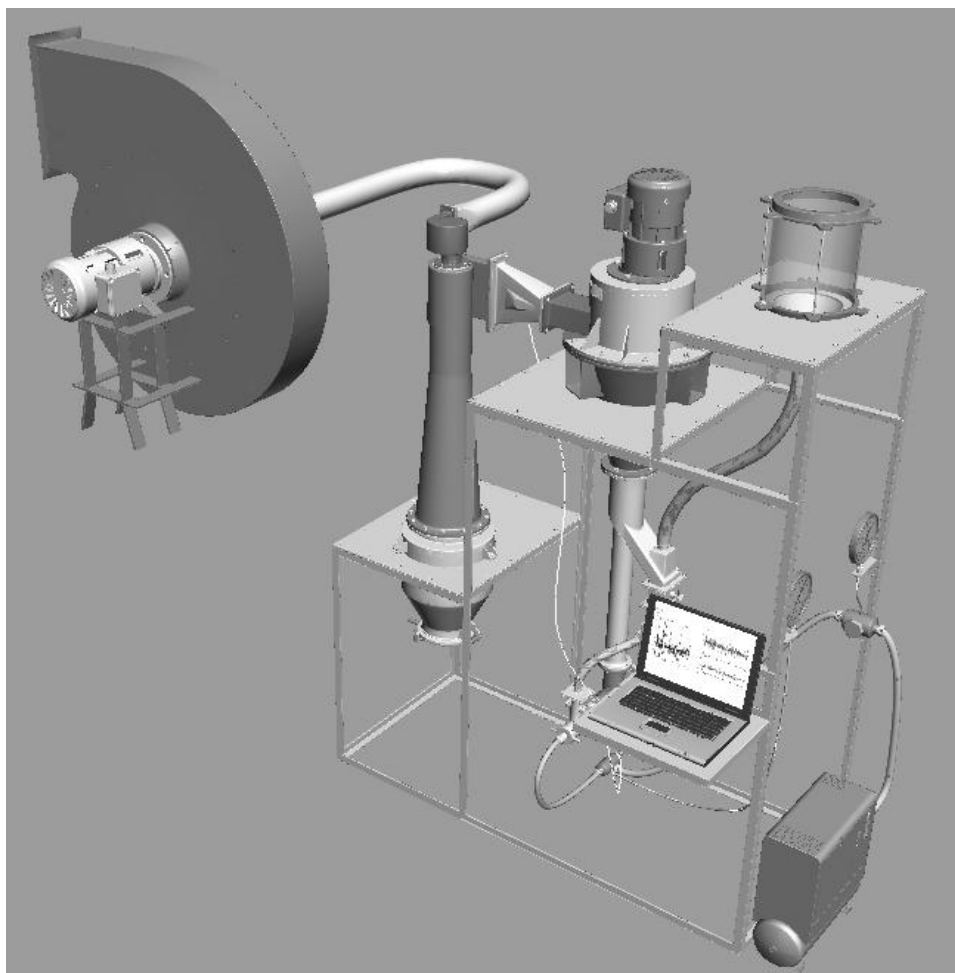


Рис. 5. Модель струйной установки с системой акустического мониторинга процесса измельчения

Таким образом, возможно, выбрать различные методы отображения, соответствующие традиционной анимации и стандартам видеозаписи, либо выбрать режим работы в реальных минутах и секундах. Кроме того, можно установить частоту кадров в зависимости от различных стандартов, либо указать любую специальную частоту кадров, удовлетворяющую конкретным потребностям. Все это использовалось при разработке пространственного моделирования процесса струйного измельчения. Движущимися стрелками разной длины и цвета показан путь загружаемого, измельчаемого материала и полученного продукта. Длина стрелок символизировала величину частиц материала, а цвет – стадию измельчения.

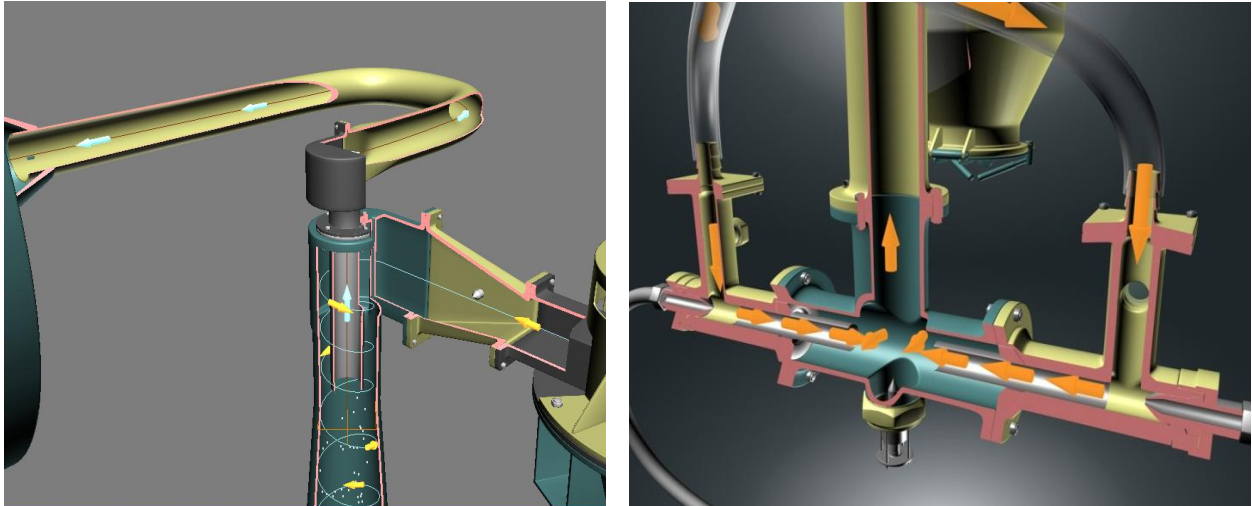


Рис. 6. Отображение технологического процесса измельчения в модели струйной установки

Итак, на основе объектно-ориентированной программы 3D Studio MAX с помощью разработки системы моделирования, анимации и визуализации создана пространственная модель сборки измельчительной струйной установки и показан технологический рабочий процесс измельчения с использованием его акустического мониторинга.

Список литературы

1. Ким Ли 3D Studio MAX для дизайнеров. Искусство трехмерной анимации. Второе издание переработанное и дополненное: Пер. с англ. – К.: ООО "ТИД"ДС", 2003. – 864 с.
2. Пэрент Р. Компьютерная анимация: Пер. с англ. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 560 с.
3. Информационная технология получения тонкодисперсных материалов струйным измельчением / Н.С. Прядко, Т.М. Буланая, Л.Ж. Горобец и др. // Системные технологии: региональный межвузовский сборник научных трудов. – 2010. – Вып. 3(58). – С. 40-46.

© Мещеряков Л.И., Прядко Н.С., Сметанин Ю.А., 2012

*Надійшла до редколегії 10.05.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Л.Ж. Горобець*