

задач (автоматизированный учет состояния балансовых и промышленных запасов угля в недрах, прогноз динамики напряженного состояния горного массива вследствие ведения очистных работ, автоматизированный контроль проведения подготовительных выработок и учет добычи угля, прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности, системы обеспечения текущего и перспективного календарного планирования горных работ и др.). Выбор остается за заказчиком и определяется его финансовыми возможностями и способностью правильно оценить перспективы создаваемой системы.

© Грищенко Н.Н., 2001

УДК 622.1:528

ШОЛОМИЦКИЙ А.А., ДЗЕКАНЮК А.О. (ДонГТУ)

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПО ЦИФРОВЫМ МОДЕЛЯМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Развитие вычислительных средств, расширение их возможностей являются главным фактором все более широкого внедрения их в различные сферы научной и практической деятельности. Очень интенсивно развивается направление компьютерного синтеза изображений. Можно считать, что в настоящее время сформировалась новая отрасль информатики — трехмерная (или 3D) машинная графика. Ее можно определить как науку о математическом моделировании геометрических форм и свойств объектов, а также методов их визуализации и управления ими.

Интерес к синтезу изображений объясняется высокой информативностью последних. Информация, содержащаяся в изображении, представлена в наиболее концентрированной форме, и эта информация, как правило, более доступна для анализа, для ее восприятия получателю достаточно иметь относительно небольшой объем специальных знаний. В маркшейдерии на открытых разработках, по мере перехода на цифровое моделирование открытых горных работ [1–4], также увеличивается интерес к трехмерному представлению маркшейдерской информации, т.к. традиционные маркшейдерские планы понятны только пользователям, которые хорошо знакомы с условными знаками. Для маркшейдеров пространственное представление очень важно, поскольку позволяет выявить ошибки цифрового моделирования, а для технологов позволяет улучшить обоснованность принятия управляющих решений. Многие геоинформационные системы и специализированные горные пакеты [2], (<http://www.gemcom.bc.ca/> и <http://www.bentley.com/>) имеют возможность пространственного представления объектов открытых горных разработок. Но при этом имеют два недостатка, во-первых, очень высокую стоимость, а во-вторых, они позволяют представлять только статичные объекты, а для поддержки принятия управляющих решений важно показать на модели и динамические объекты и каким-то образом отразить их состояние. Для автомобиля желательно знать не только траекторию его движения, но и его состояние — груженный или порожний. Экскаватор, при подъезде самосвала в зону погрузки, должен начинать работу, кроме того, цветом объекта может отражаться его работоспособность. Т.е. у динамического объекта на открытых разработках должно появиться свойство анимации и реакция на события.

Для представления таких моделей нами использовалась технология создания виртуальных миров в Internet на основе языка моделирования виртуальной реальности VRML (Virtual Reality Modeling Language) [5], (<http://web3d.org/technicalinfo>

/specifications/vrml97/index.htm — ISO/IEC 14722). Основными компонентами VRML-сцены являются узлы (nodes), они используются для описания того, как будут формироваться трехмерные объекты, а также для указания их свойств, правил движения и объединения с другими объектами. Узлы могут содержать информацию о текстуре, освещении, вращении, масштабировании, позиционировании, геометрических свойствах объектов, о формировании перспективы изображения и т.д.

Для представления цифровых моделей открытых горных работ как моделей виртуальной реальности была разработана технология, которая позволяет цифровые модели открытых горных работ, созданные с помощью Автоматизированного Рабочего Места Маркшейдера [1,3,4], преобразовывать в VRML-модели.

$$\langle VRML - модель \rangle ::= \langle Цифровая\_Модель \rangle + \{ \langle Динамический\_Объект \rangle \}_0^k,$$

т.е. VRML-модель — это цифровая модель открытых разработок + совокупность динамических объектов. В свою очередь абстрактный  $\langle Динамический\_Объект \rangle$  характеризуется:

$$\langle Динамический\_Объект \rangle ::= \left\{ \begin{array}{l} \langle X_i \rangle \langle Y_i \rangle \langle Z_i \rangle \\ \{ \langle атрибут \rangle \}_1^m \\ \{ \langle Событие \rangle_i \rightarrow \langle Действие \rangle_i \}_0^n \end{array} \right\},$$

где  $(\langle X_i \rangle \langle Y_i \rangle \langle Z_i \rangle) = f(t)$  — положение объекта в данный момент времени, является функцией от времени;  $\{ \langle атрибут \rangle \}_1^m$  — совокупность атрибутов объекта — характеризует размеры объекта, его свойства, направление, состояние и т.д.  $\{ \langle Событие \rangle_i \rightarrow \langle Действие \rangle_i \}_0^n$  — список событий и связанных с ними действий. От абстрактного динамического объекта порождаются все типы объектов на открытых разработках. Для каждого типа объектов формируется свой список событий и связанных с ними действий. Действием может быть и изменение состояния объекта, которое может породить другое событие. Динамические объекты, на самом деле могут быть условно динамическими в смысле их пространственного перемещения. Так и самосвал, и экскаватор являются динамическими объектами, но положение самосвала необходимо отслеживать с помощью GPS-приемников для показа его на модели в реальном времени. Положение экскаватора определяется раз в месяц во время маркшейдерского замера. Хотя в немецком проекте SATAMA на экскаватор устанавливались три GPS-приемника, для определения не только его положения в плане и по высоте, но и продольного и поперечного наклонов, чтобы в реальном времени отслеживать перемещение рабочего органа и определения объема вынутой горной массы. В нашем случае экскаватор является динамическим объектом потому, что он совершает движения рабочим органом, имитируя погрузку горной массы в самосвалы.

Для построения дневной поверхности открытых разработок использовались линейные и точечные объекты цифровой модели по которым строились грани:

$$\langle Дневная\_Поверхность \rangle ::= \{ \langle грань \rangle \{ \langle атрибут \rangle \}_0^m \}_1^k,$$

т.е.  $\langle Дневная\_поверхность \rangle$  — это множество граней и соответствующих им атрибутов. Набор этих атрибутов должен позволять наиболее адекватно и реалистично представить открытые горные работы, уступы, полезное ископаемое и вскрышу и другие объекты.

Грань представляет собой плоскость, заданную тремя точками:

$$\langle \text{Грань} \rangle := \langle \text{точка} \rangle_1 | \langle \text{точка} \rangle_2 | \langle \text{точка} \rangle_3.$$

Каждая пара точек объекта  $\langle \text{Грань} \rangle$  представляет собой линию. При построении поверхности на объект  $\langle \text{Грань} \rangle$  накладывается следующее условие:

$$(\forall \langle \text{линия} \rangle_i \in \langle \text{Грань} \rangle) \cap (\forall \langle \text{линия} \rangle_k \in \langle \text{ЦМ} \rangle) \rightarrow \begin{cases} \text{nil} \\ \langle \text{линия} \rangle_i \in \langle \text{линия} \rangle_k \end{cases}$$

т.е. пересечение линии, принадлежащей грани и линии цифровой модели, должно породить два варианта — линии не пересекаются или соответствующая линия грани принадлежит линии цифровой модели.

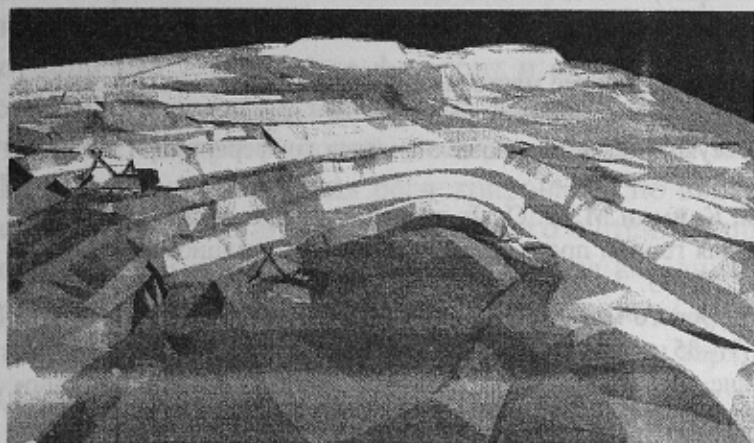


Рис. 1. VRML-модель карьера Рыбальский

(<http://www.parallelgraphics.com> или [www.paragraph.ru](http://www.paragraph.ru)), любезно предоставленного нам фирмой на время исследований. Окончательная сборка модели, т.е. размещение динамических объектов на поверхности модели осуществлялась в «Internet Scene Assembler» (рис.2).

Результаты исследований по созданию VRML-моделей открытых разработок показывают, что язык VRML является очень мощным средством пространственного представления модельных данных, как применительно к открытым горным разработкам, так и для визуализации любых данных научных экспериментов, которые требуют пространственного представления и анимации. В этой области исследования только начинаются.

Создание сложных анимированных динамических объектов целесообразно выполнять с помощью специализированного программного обеспечения фирмы Par-

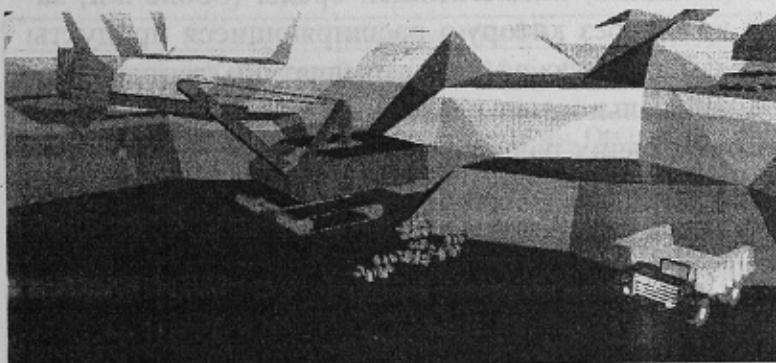


Рис. 2. Динамические объекты на VRML-модели

allelGraphics, используя возможности визуального конструирования и анимирования объектов.

На наш взгляд, создание VRML-моделей будет чрезвычайно эффективно в обучении. На таких моделях можно показать не только схемы вскрытия и разработки месторождений полезных ископаемых, но и

технологические схемы добычи, транспортировки, складирования и т.д. Анимационные модели, которые можно рассмотреть с любой точки, в любом масштабе дают для понимания студента больше информации, к тому же в естественном визуальном представлении. Немаловажным фактором является и то, что просмотр моделей осуществляется с помощью бесплатных VRML-клиентов, которые можно найти в Internet (<http://www.parallelgraphics.com>).

Язык VRML развивается, хочется надеяться, что следующие версии языка будут обладать более развитыми средствами управления объектами и появится стереоскопический VRML-клиент, который сделает виртуальные миры по-настоящему объемными. Уже сейчас есть примеры построения стереоскопического изображения высокого качества по паре снимков (<http://www.vinnitsa.com/geo>), технически персональные компьютеры это уже позволяют, осталось реализовать эти возможности для просмотра VRML-миров.

### Библиографический список

1. Шоломицкий А.А. Автоматизированное рабочее место маркшейдера на открытых разработках // Современные пути развития маркшейдерско-геодезических работ на базе передового отечественного и зарубежного опыта: Сб. трудов, 2-я Всеукраинская научно-техническая конференция, 13–15 мая 1998г. — Днепропетровск. — С. 176–178.
2. Крыловский И.Л., Душен Г.В., Каймин М.Ю. Опыт внедрения зарубежного и создания отечественного программного обеспечения для горной промышленности // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации, 1997. — №4(11) — С. 32–33.
3. Шоломицкий А.А. Принципы цифрового моделирования открытых горных работ // Труды ДонГТУ, Выпуск 11, — Донецк, 2000. — С.77–85.
4. Шоломицкий А.А. Моделирование пространственных объектов на открытых горных работах. // Известия Донецкого горного института. — Донецк: ДонГТУ, 2000. — № 1, С. 44–49.
5. Эд Тител, Клэр Сандерс и др. Создание VRML-миров. — К.: BHV, 1997. — 320 с.

© Шоломицкий А.А., Дзеканюк А.О., 2001

УДК 622.235

ШЕВЦОВ Н.Р. (ДонГТУ)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВОСПЛАМЕНЕНИЙ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ ВЗРЫВОМ ЗАРЯДА ВВ

Существенным отличием характера протекания химического взрыва (взрыв ВВ, метановоздушной и пылевоздушной смесей) от горения жидкостей и твердых тел является то, что продукты взрыва распространяются вдоль канала (шпура, выработки) и на определенном расстоянии от места взрыва сохраняют высокую температуру.

Минимальная протяженность (толщина) пламегасящей среды (оболочки, забойки, предохранительной завесы и др.), через которую расширяющиеся продукты взрыва не способны воспламенить размещенную за ней взрывчатую газопылевоздушную смесь, называется критической дальностью разлета высокотемпературных продуктов взрыва ( $L_k$ ). Она зависит при прочих равных условиях от тепловой мощности взрыва ( $Q_1$ ) и от теплофизических свойств пламегасящей среды, которые характеризуются относительным показателем ( $\eta$ ) (безразмерная величина). Последний зависит от удельного теплопоглощения взрывоподавляющих веществ ( $\lambda$ ), их насыпной плотности ( $\rho_3$ ) и фактической концентрации в пламегасящей среде ( $C$ ).