

Ю. М. Батурин, А. В. Леонов  
*Институт истории естествознания  
и техники им. С. И. Вавилова РАН*

### **3D-ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИСТОРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ**

Одна из задач истории науки и техники – фиксация информации об исследуемых объектах, их документирование. Важную роль здесь играет фиксация внешнего вида объекта. Для этого в истории науки и техники традиционно используются различные способы, начиная с рисунков экспедиционных художников<sup>1</sup>, проходивших специальное обучение, включая карты-чертежи<sup>2</sup>, географические карты, чертежи и схемы, до фото- и кино/видеосъёмки, в том числе стереоскопических.

Фото-, кино- и фонодокументы давно являются общепризнанными типами научно-технической документации, наряду с традиционными «бумажными» документами. По мере развития компьютерных технологий, всё большее распространение получают электронные документы – тексты, изображения, аудио- и видеозаписи, сохранённые в форме цифровых электронных файлов. Все эти типы документов хорошо известны современным специалистам в сфере документоведения и архивоведения.

Развитие технологий лазерного сканирования, фотограмметрии, трёхмерного моделирования сегодня позволяет широко применять ещё один способ фиксации информации об объектах: создание электронной трёхмерной (3D) модели объекта, его 3D-документирование<sup>3</sup>. Цифровая 3D-модель может содержать информацию о геометрии объекта, его внешнем виде, внутренней структуре, динамике во времени. Кроме того, виртуальная 3D-модель объекта, может быть связана посредством взаимных ссылок с другими типами электронных документов – текстовыми, графическими, видео- файлами, сохранёнными в базах данных или файловых системах, в том числе на удалённых серверах, доступных через интернет.

По сути, 3D-документ – это форма организации информации, предназначенная для представления пользователю визуального образа (3D-модели) объекта или процесса, а также разнообразной дополнительной информации на основе этого визуального образа.

Важно подчеркнуть, что ни один из перечисленных способов фиксации информации об объектах не отменяет предыдущие, а дополняет их. Действительно, каждый из них имеет свои преимущества перед другими, а

также и свои недостатки. Поэтому на практике необходимо применять все доступные способы закрепления информации об объекте.

Основная информация из рисунка ли, из фотографии, из чертежа или виртуальной модели поступает через зрение. Несколько огрубляя ситуацию, будем говорить, что глаз – это часть мозга, имеющая выход вне черепной коробки. Именно мозг создает (или воссоздает) внешний мир (объективную реальность) в виде некоторого представления о нем, причем отсутствующие или не увиденные детали, будут включены в это представление самим мозгом<sup>4</sup>. То, что мы «видим» посредством сложной физики формирования визуального образа, далеко выходит за пределы оптических способностей наших глаз: световые узоры (паттерны) на сетчатке (детекторе света) мозг перерабатывает в представления об объектах<sup>5</sup>.

Двумерный (2D) рисунок состоит из линий, мазков, цветовых пятен, но они дают мозгу представление об изображенном трехмерном (3D) объекте. Инженеры умеют «читать» чертежи и даже радиоэлектронные схемы, весьма далекие от внешнего образа объекта – результат работы мозга в чистом виде. Фотография, безусловно, дает более точную картину, чем схема или картина художника, но менее интересна. Для фотографии все детали равнозначны, художник же может что-то выделить, обратить внимание исследователя на ту или иную деталь. В кинодокументах двойное движение оптических систем – глаз и объектива – позволяет дать более адекватное представление о глубине пространства<sup>6</sup>. Стереоскопическая кино/видеосъемка обеспечивает ещё более реалистичное представление об объекте за счёт фиксации двух различных изображений, соответствующих левому и правому глазам наблюдателя.

Формат 3D-документа позволяет зафиксировать намного более полную информацию о геометрии, структуре и внешнем виде объекта, чем набор чертежей или фото/кинодокументов. Более того, 3D-документ позволяет пользователю самостоятельно «исследовать» объект: рассматривать 3D-модель в разных ракурсах, менять параметры отображения, изучать связанную с визуальным образом дополнительную информацию. Наибольший эффект «погружения» обеспечивается при интерактивном стереоскопическом режиме отображения, когда пользователь может свободно перемещаться в виртуальном пространстве модели и взаимодействовать с ней подобно взаимодействию с реальным объектом. Эта технология получила название «виртуальной реальности».

При создании и восприятии виртуальной модели зрительная система пользователя работает не с рисунками, чертежами, фотографиями, а с 3D-моделью в виртуальном пространстве. Поэтому роль мускульных усилий, помогающих нам воспринимать третье измерение, возрастает по сравнению со зрительными ощущениями восприятия первого и второго измерения. При этом мускульные усилия глаз механически отличаются от

усилий, привычных в реальном мире. Поэтому перед тем, как мы начинаем рассматривать 3D-документ, в течение нескольких десятков секунд (меньше минуты) требуется некоторая «настройка» глаз.

Применение 3D-документов и технологий «виртуальной реальности» долгое время сдерживалось неразвитостью средств получения трёхмерной информации об объектах и процессах, а также высокой ценой оборудования для стерео-воспроизведения. Развитие средств лазерного сканирования, фотограмметрии, томографии, 3D-моделирования, а также мощных графических процессоров с поддержкой стерео-режима и бытовых 3D-экранов (мониторов, телевизоров) неизбежно ведёт к расширению сферы применения 3D-документов в науке и технике.

В мире сегодня активно развивается направление «виртуального наследия» (Virtual Heritage), суть которого заключается в 3D-документировании выдающихся рукотворных и природных объектов. 3D моделирование позволяет точно воспроизводить, а иногда и воссоздавать утраченные объекты и сохранять их для последующих поколений.

Первыми появились работы по культурному виртуальному наследию (виртуальные музеи и экскурсии, археологические и архитектурные реконструкции), затем по природному наследию (уникальные природные ландшафты, в том числе, находящиеся под угрозой необратимых изменений). Виртуальное наследие в области истории науки и техники (моделирование и виртуальная реконструкция памятников техники, создание 3D-портретов выдающихся ученых и др.) – самая молодая область в этом ряду.

В качестве примера 3D-документирования памятника техники можно привести проект по лазерному сканированию и 3D-моделированию Шуховской башни на Шаболовке (г. Москва), который был выполнен Центром виртуальной истории науки и техники ИИЕТ РАН<sup>7</sup>.

Радиобашня на Шаболовке, построенная в 1919–1922 годах – всемирно известный памятник архитектуры русского авангарда<sup>8</sup>. Сегодня её чаще называют Шуховской башней, по имени её создателя – выдающегося русского инженера В. Г. Шухова (1853–1939). В связи с 90-летним юбилеем башни в 2012 году и 160-летним юбилеем В. Г. Шухова в 2013 году, в ИИЕТ РАН было принято решение о создании точной цифровой 3D-модели башни.

Проектная и рабочая документация по башне практически не сохранилась, в Архиве РАН и РГАНТД находятся четыре разрозненных чертежа<sup>9</sup>. В 1947 году был выполнен подробный обмер конструкции башни<sup>10</sup>. В последующих проектах 1973 и 1991 гг. основные геометрические размеры башни принимались в соответствии с обмером 1947 года.<sup>11</sup> Эти сведения не отражают современного состояния башни: в частности, многие дополнительные элементы были установлены после 1947 года. Поэтому для со-

здания детальной современной 3D-модели башни в 2011 году было выполнено высокоточное лазерное сканирование башни.

Лазерное сканирование позволило зафиксировать общую геометрию конструкции с высокой точностью и пространственным разрешением. Полученное облако точек стало наиболее полной первичной 3D-документацией геометрии башни на сегодняшний день. Средняя точность цифровой 3D-модели башни, построенной по результатам лазерного сканирования, составила около 1 см в единой системе координат. Созданный 3D-документ – виртуальная модель башни – сохраняет детальную информацию о шуховской гиперболоидной конструкции и обеспечивает доступ к этим данным для широкого круга исследователей.

Применение 3D-документов сегодня стремительно развивается, как за рубежом, так и в России – прежде всего, в сфере «виртуального наследия». Эта тенденция ставит ряд вопросов по организации архивного хранения и публичного доступа к 3D-документам, а также их правовому статусу. Своевременный ответ на эти вопросы – одна из актуальных задач современного документоведения и архивоведения.

---

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов и академические экспедиции XVIII века. Авторы-составители О. А. Александровская, В. А. Широкова, О. С. Романова, Н. А. Озерова. М., 2011. С. 8.

<sup>2</sup> Хорографическая чертежная книга Сибири С.У.Ремезова. Тобольск, 2011.

<sup>3</sup> *Fellner, D. W. et al.* Guest Editors' Introduction: 3D documents // *IEEE Computer Graphics and Applications*. 2007. Vol. 27. No. 4. P. 20–21.

<sup>4</sup> Хакен Г., Хакен-Крелль М. Тайны восприятия. Синергетика как ключ к мозгу. М., 2002. С. 237.

<sup>5</sup> *Грегори Р. Л.* Разумный глаз. М., 2003. С. 42–43.

<sup>6</sup> *Арнхейм Р.* Искусство и визуальное восприятие. М. 1974. С. 266.

<sup>7</sup> *Аникушкин М. Н., Иванов А. В., Леонов А. В.* О первых результатах лазерного сканирования и 3D-моделирования Шуховской башни на Шаболовке // Труды XVIII годичной научной конференции, посвящённой 80-летию ИИЕТ РАН, 17–19 апреля 2012 г., Москва. 2012. (в печати).

<sup>8</sup> *Петропавловская И. А.* Башня радиостанции на Шаболовке // В. Г. Шухов (1853–1939). Искусство конструкции / пер. с нем. М., 1994. С. 92–103.

<sup>9</sup> Шаболовская радио-башня системы инж. Шухова. Высота 150 мт. Проскт 1919 г. // Архив РАН. Ф. 1508. Оп. 1. Д. 85. Л. 1.; Сетчатая башня системы Инженера В. Г. Шухова. Высота башни = 150 метр. для беспроводного телеграфа. Фундамент. 1921 г. // РГАНТД. Ф. 166. Оп. 1. Д. 36. Л. 1.; Верхнее кольцо 2-й секции радио-башни. 1921 г. // РГАНТД. Ф. 166. Оп. 1. Д. 36. Л. 2.

<sup>10</sup> Обследование металлоконструкций башни системы Шухова Московского телевизионно-го центра. 1947 г. // Архив ЦНИИПСК им. Мельникова. Шифр 281.

<sup>11</sup> Определение несущей способности металлоконструкций телебашни системы Шухова и составление заключения о возможности её дальнейшей эксплуатации. 1971 г. // Архив ЦНИИПСК им. Мельникова. Шифр ОРИС-569.; Металлоконструкции надстройки башни Шухова для крепления антенн УКВ-ЧМ. 1991 г. // Архив ЦНИИПСК им. Мельникова. Шифр 20-Ф 5720-1-КМ.