

**ВИРТУАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ:  
НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ**

**АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ЛЕОНОВ\***

Развитие технологий 3D-документирования, виртуальной реальности и Интернета обеспечило возможность формирования виртуальных образов и организации взаимодействия с ними на новом, недостижимом ранее уровне. Применение этих технологий в традиционных областях, таких как история науки и техники или музейная деятельность, привело к появлению новых направлений – «виртуальная история науки и техники» и «виртуальный музей». В статье рассмотрены терминологические, социальные, методологические и технические аспекты новых направлений. Показано, что практическая значимость научных исследований в области виртуальной истории науки и техники заключается в том, чтобы сформировать методическую и техническую основу для создания виртуального музея науки и техники. Рассмотрены преимущества виртуального музея науки и техники и предложены подходы к его реализации.

*Ключевые слова:* 3D-документ, виртуальный музей, WebGL.

**VIRTUAL MUSEUMS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY:  
THEIR PRESENT AND FUTURE**

**ANDREI VLADIMIROVICH LEONOV<sup>□</sup>**

New technologies of 3D-documentation, virtual reality, and the internet have enabled the production of and interaction with virtual images at previously unimaginable levels. Introduction of these technologies into such traditional fields as history of science and museology has inspired new research trends, such as the “virtual museum” and the “virtual history of science and technology”. The paper analyzes these trends and their related social, methodological, terminological, and technological problems. It discusses the advantages of a virtual museum of science and technology and proposes some guidelines towards its development.

*Keywords:* 3D-document, virtual museum, WebGL.

Спектр значений английского слова *virtual* настолько широк, что некоторые из них имеют прямо противоположный смысл. Например, англо-русский сло-

\* Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, Россия, 117861, Москва, ул. Обручева, д. 30а, корп. В. E-mail: andrey.v.leonov@yandex.ru.

<sup>□</sup> S. I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences. Ul. Obrucheva, 30a, korp. B, Moscow, 117861, Russia. E-mail: andrey.v.leonov@yandex.ru.

варь «Мультитран»<sup>1</sup> приводит такие значения, как «возможный, гипотетический, кажущийся, мнимый» и в то же время – «действительный, фактический, истинный, текущий» (ср. англ. *virtually* – «в действительности, на самом деле, фактически»). Соответственно, слово «виртуальный» может нести разную смысловую нагрузку в зависимости от той ситуации, в которой оно употребляется. Поэтому, прежде чем применять это понятие в профессиональной терминологии, например, в таких сочетаниях, как «виртуальная история науки и техники» или «виртуальный музей», необходимо определить, какое значение ему придается. Актуальность определения понятия «виртуальный музей» и систематизации связанной с ним терминологии показана в недавней работе специалистов Государственного Эрмитажа и ГМИИ им А. С. Пушкина<sup>2</sup>.

Этимология английского прилагательного *virtual* восходит к латинским словам *vir* (мужчина) и *virtus* (доблесть). Английское *virtue* обладает множеством значений, включая «добродетель, достоинство, целомудрие, свойство, сила, действие» (ср. виртуозный). Вероятно, этим и определяется столь широкий спектр современных смыслов слова *virtual*. С XV в. английским этимологическим словарем<sup>3</sup> фиксируются такие оттенки значения, как «способный производить определенный эффект» (ср. лат. *virilitas* – «мужественность, половая потенция»; рус. вирильность); «существующий по сути или по эффекту, но не фактически». Например, в оптике *virtual focus*, *virtual image* исторически переводятся как «мнимый фокус», «мнимое изображение».

С развитием компьютерных технологий в XX в. термин «виртуальный» получил ряд новых, узких значений:

1. Реализованный с помощью программного обеспечения, а не аппаратно («виртуальный дисквод»). Синоним: логический. Антоним: физический.

2. Осуществляемый через Интернет, а не лично («виртуальное общение», «развиртуализироваться»<sup>4</sup>). Синоним: сетевой. Антоним: личный.

3. Симулированный посредством искусственного воздействия на органы чувств («виртуальная реальность»). Синоним: иллюзорный. Антоним: настоящий.

Применение указанных компьютерных технологий в традиционных областях (таких как историческая наука или музейная деятельность) привело к появлению новых, недостижимых ранее возможностей, прежде всего связанных с формированием образа объекта в воображении человека без взаимодействия с реальным объектом. Именно с этим связано возникновение таких терминов, как «виртуальный музей»<sup>5</sup>, «виртуальная археология», «виртуальная история науки и техники». При этом понятие «виртуальный» можно относить как к самому образу, так и к тем техническим средствам, которые обеспечивают его формирование (например, компьютерному файлу или программе).

<sup>1</sup> См.: <http://www.multitran.ru>.

<sup>2</sup> Гук Д. Ю., Определенов В. В. Виртуальные музеи: терминология, методология, восприятие // Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция, 2014. М.: ЛЕНАНД, 2014. С. 413–415.

<sup>3</sup> См.: <http://www.etymonline.com>.

<sup>4</sup> Познакомиться лично с человеком, которого до этого знал только по общению в Интернете.

<sup>5</sup> Хотя некоторые исследователи относят корни понятия «виртуальный музей» к началу XX в. и работам классиков авангарда – см. напр. Huhtamo, E. On the Origins of the Virtual Museum // Museums in a Digital Age / R. Parry (ed.). London; New York: Routledge, 2010. P. 121–135.

Таким образом, мы приходим к двум возможным определениям термина «виртуальный» в нашей профессиональной области:

– виртуальный – возникающий в воображении человека за счет искусственного воздействия на органы чувств, сформированного с использованием компьютерной техники (ср. «путешествие по виртуальной модели»);

– виртуальный – реализованный в компьютерном формате (файл, программа и т. п.) и обеспечивающий формирование образа объекта в воображении человека без взаимодействия с реальным объектом (ср. «разработка виртуальной модели»).

По сути, эти определения эквивалентны. Мы рассматриваем только те образы, которые сформированы с использованием компьютерных технологий, и нас интересуют только те технологии, которые ведут к формированию виртуальных образов.

Для формирования виртуального образа могут применяться различные технические средства, начиная с фотографий и видеofilмов и заканчивая интерактивными трехмерными моделями. В развитых программно-аппаратных комплексах (системах виртуальной реальности) для формирования виртуальных образов применяется целый комплекс технологий для одновременного воздействия на разные органы чувств: стереоскопические экраны, системы трекинга, тактильные устройства, силовые установки с обратной связью, многоканальное звуковое сопровождение.

В большинстве ситуаций человек в той или иной степени осознает разницу между образом реального объекта и виртуальным образом, сформированным искусственно. Для описания того, насколько близко восприятие человеком виртуального образа к восприятию реального объекта, используется понятие «степени погружения».

Например, представим, что на экране компьютера отображается летящая в зритель стрела. Будет ли он уворачиваться? Если речь идет о фотографии или видео – то, конечно, вряд ли. А если этот образ сгенерирован компьютерной игрой, в которую играют в наушниках в темной комнате, глубоко погружившись в воображаемый мир и забыв о реальности? Глубина погружения зависит и от того, насколько успешно заблокированы сигналы из реального мира, и от полноты охвата различных сенсорных каналов человека (визуального, звукового, тактильного и др.) симулированными воздействиями, и от длительности нахождения человека в виртуальном пространстве, и от степени заинтересованности в происходящем, и от новизны ощущений.

Необходимо подчеркнуть, что способы формирования виртуальных образов меняются со временем и «компьютерная» виртуальная реальность является лишь очередным этапом их развития. Для иллюстрации можно вспомнить эпизод из фильма «Человек с бульвара Капуцинов», где ковбои, впервые увидевшие кино, начинают разбегаться в разные стороны и стрелять в экран, когда на нем появляется приближающийся поезд. Это, возможно, художественное преувеличение – но не такое большое, как может показаться на первый взгляд. Вполне вероятно, что в начале XX в. виртуальные образы, сформированные посредством кинематографа, производили не меньшее воздействие на неискушенного зрителя, чем современная «компьютерная» виртуальная реальность. Да и сами компьютерные технологии прошли большой путь за

последние два десятка лет: еще в начале 1990-х гг. под «виртуальным музеем» понимали коллекции электронных файлов (в том числе фото и видео) с расширенными возможностями поиска<sup>6</sup> и навигации<sup>7</sup>.

Таким образом, задачи виртуальной истории науки и техники или виртуального музея не сводятся лишь к трехмерному цифровому моделированию и созданию интерактивных приложений для систем виртуальной реальности. Определение «виртуального» может трактоваться (и зачастую трактуется) намного шире, включая в том числе цифровую фото- и видеосъемку или организацию интернет-доступа к базам данных<sup>8</sup>. Однако именно новые технологии фиксации информации (3D-документирование) и симуляции реальности (виртуальная реальность) обеспечили возможность создания виртуальных образов принципиально нового типа<sup>9</sup>, что позволяет рассматривать виртуальную историю науки и техники как новое научное направление, а виртуальный музей – как новый вид музея, никоим образом не эквивалентный электронному архиву или веб-сайту музея.

Здесь уместно привести две исторические аналогии.

В конце XIX в. был изобретен и получил широкое распространение фонограф – устройство для записи голоса на восковые валики. Ценность получаемых фонограмм как исторического аудио-документа была осознана практически сразу же.

Почему бы не завести – при одном из музеев, либо и самостоятельно – музей фонограмм? Там собирались бы произношения ораторов, писателей и вообще интересных людей, чтобы сохранить их «на века». Как интересно было бы услышать живое слово людей спустя десятки, даже сотни лет после них! Итак, я ставлю вопрос – об учреждении музея (даже нескольких музеев – в столицах и провинции) фонограмм. Этим установится живая связь между прошедшим, настоящим и грядущим...<sup>10</sup>

Однако на практике запись голосов выдающихся людей долгое время выполнялась далеко не систематически, силами отдельных энтузиастов. Только в 1918 г. в Петрограде был создан Институт живого слова, где в Кабинете изучения художественной речи под руководством С. И. Бернштейна стала вестись систематическая работа по записи на фонограф голоса писателей, поэтов, актеров, включая А. Ахматову, А. Блока, Н. Гумилева, С. Есенина, В. Маяковского и мн. др.<sup>11</sup>

<sup>6</sup> *Hoptman, G. H.* The Virtual Museum and Related Epistemological Concerns // *Sociomedia: Multimedia, Hypermedia and the Social Construction of Knowledge* / E. Barrett (ed.). Cambridge, MA: MIT Press, 1992. P. 141–159.

<sup>7</sup> *Miller, G., Hoffert, E., Chen, S. E., Blacketter, D., Rubin, S., Applin, S. A., Yim, D., Hanan, J.* The Virtual Museum: Interactive 3D Navigation of a Multimedia Database // *The Journal of Visualization and Computer Animation*. 1992. Vol. 3. Iss. 3. P. 183–197.

<sup>8</sup> *Bowen, J.* The Virtual Museum // *Museum International*. 2000. Vol. 52. Iss. 1. P. 4–7.

<sup>9</sup> *Леонов А. В., Батурич Ю. М.* 3D-документ – новый тип научно-технической документации // *Вестник архивиста*. 2013. № 2. С. 192–205.

<sup>10</sup> *Бороздин А. К.* Еще о Пушкине и фонографе // *Новое время*. 14 октября 1899 г. № 8488.

<sup>11</sup> *Шилов Л. А.* Голоса, зазвучавшие вновь. Записки звукоархивиста-шестидесятника. М.: Альдаон, 2004.

На рубеже XIX–XX вв. родилась еще одна передовая на тот момент технология фиксации информации об объектах – цветная фотография. Пионером в разработке технологии передачи изображения в истинных цветах в России стал всемирно известный сегодня С. М. Прокудин-Горский – химик, изобретатель и фотограф-энтузиаст. Первые его снимки датируются 1903 годом. В 1909–1916 гг. при государственной поддержке он объехал значительную часть территории страны и сделал тысячи цветных фотоснимков. Основная часть этой коллекции с 1948 г. хранится в Библиотеке Конгресса США; в начале 2000-х гг. эти снимки были отреставрированы, оцифрованы и сегодня доступны в электронном виде всем желающим. Значение фотографий Прокудина-Горского сложно переоценить: только благодаря ему мы можем сегодня увидеть впечатляющий документальный цветной портрет Российской империи начала XX в. Его работы имели и сугубо практическое применение: например, фотографии ваз из коллекции Эрмитажа использовались впоследствии при реставрации утраченного цвета.

Современные технологии фиксации информации об объектах – такие как цифровое 3D-моделирование объектов на основе фотограмметрии и лазерного сканирования или цифровая стереоскопическая видеосъемка – находятся сегодня в том же положении, что и цветная фотография или запись фонограмм в начале XX в. С одной стороны, происходит стремительное совершенствование технологий и оборудования, благодаря чему появляется возможность их массового применения. С другой, – высокая стоимость оборудования и особенно обработки данных не позволяет выполнять крупные проекты без финансовой поддержки. Такую поддержку в порядке эксперимента получают отдельные проекты, инициированные в основном энтузиастами; полученные ими результаты привлекают широкое внимание и постепенно получают признание традиционных музеев и архивов. В то же время внедрение новых технологий в целом идет медленно, и важность тех данных, которые сегодня можно сохранить за счет применения новых методов, осознается в полной мере далеко не сразу.

Например, в 2011 г. сотрудниками ИИЕТ РАН была выполнена стереоскопическая видеосъемка гейзеров, источников и других объектов в Долине гейзеров на Камчатке<sup>12</sup>. В 2007 г. в этом районе произошел крупный оползень, в результате чего многие достопримечательности оказались завалены или затоплены. Специалисты сразу же указали на возможность повторения подобных событий в будущем и практическую невозможность их предотвращения. Таким образом, задача сохранения информации о сохранившихся объектах приобрела несомненную актуальность. Первая попытка стереосъемки в Долине гейзеров была предпринята в 2009 г. с использованием двух обычных видеокамер и любительской стерео-3D-риги<sup>13</sup>; к сожалению, полученный материал оказался большей частью неудовлетворительным по качеству. Лишь в

<sup>12</sup> *Алейников А. А., Бобков А. Е., Дрознин В. А., Еремченко Е. Н., Леонов А. В., Штиленок Т. И.* Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» // Компьютерные инструменты в образовании. 2011. № 4. С. 41–49.

<sup>13</sup> Каркас для крепления видеокамер с возможностью регулировки стереобазы и направления осей.

2011 г. появились доступные по цене модели двухматричных стереовидеокамер (*Sony HDR-TD10E* и *JVC GS-TD1*), последняя из которых была сразу же закуплена ИИЕТ РАН и уже в августе использована для выполнения съемок на территории Кроноцкого заповедника. В Долине гейзеров и кальдере Узон было отснято более семи часов материала, на основе которого смонтировано 25 стереовидеофильмов о наиболее примечательных объектах в формате *Stereo Full HD 1920 × 1080* с частотой 50 кадров в секунду. Фильмы выложены в общем доступе в сети Интернет<sup>14</sup> и доступны для просмотра всем желающим.

В начале 2014 г. в районе Долины гейзеров произошел новый оползень и прошел селевой поток, затронувший многие объекты и заметно изменивший внешний вид территории<sup>15</sup>. В результате этой природной катастрофы, в частности, был завален и прекратил работу гейзер Горизонтальный, сократилась до 1–2 м высота извержения гейзера Великан, лишился своей постройки гейзер Жемчужный. Объекты, зафиксированные в созданных нами фильмах, в 2014 г. по большей части прекратили свое существование либо заметно изменили внешний вид или режим работы. Таким образом, эти фильмы уже сегодня являются ценным историческим стереовидеодокументом. По съемкам можно восстановить прежние характеристики объектов (например, высоту, периодичность, характер извержения гейзеров), что может пригодиться будущим исследователям.

Другой пример – проект по 3D-документированию Шуховской башни на Шаболовке, выполненный в ИИЕТ РАН в 2011–2013 гг.<sup>16</sup> Мотивация этой работы была обусловлена удручающим техническим состоянием башни, а также анонсированными планами ее реконструкции-реставрации. В рамках проекта было выполнено лазерное сканирование и 3D-моделирование башни, которые позволили с высокой точностью зафиксировать ее геометрию и визуализировать конструкцию соединительных узлов. Таким образом, была создана основа как для независимой оценки результатов реконструкции-реставрации, так и для восстановления башни в случае неожиданной аварии.

Реконструкция-реставрация, запланированная на 2011–2013 гг., так и не была проведена: смета проекта значительно превысила объем выделенных средств и не прошла согласование Главгосэкспертизы. А в начале 2014 г. Минкомсвязи РФ выступило с предложением срочно демонтировать башню в связи с опасностью обрушения<sup>17</sup>. На заседании правительственной комиссии по телерадиовещанию 25 февраля было принято решение о демонтаже и переносе башни<sup>18</sup>. 7 марта на общественное обсуждение был представлен проект постановления Правительства РФ о демонтаже башни и восстановле-

<sup>14</sup> См.: <http://valleyofgeysers.com/videos>.

<sup>15</sup> *Леонов В. Л.* Обвал и оползень, произошедшие 4 января 2014 г. в Долине гейзеров, Камчатка, и их последствия // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2014. № 1 (23). С. 7–14.

<sup>16</sup> *Аникушкин М. Н., Леонов А. В.* 3D-моделирование Шуховской башни на Шаболовке на основе лазерного сканирования // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 4. С. 56–58.

<sup>17</sup> *Козлов П.* Шуховскую башню демонтируют // Известия. 4 февраля 2014 г. № 19 (29019).

<sup>18</sup> *Козлов П.* В правительстве готовят постановление о переносе Шуховской башни // Известия. 27 февраля 2014 г. №36 (29036).

нии ее на новом месте в пределах города Москвы «в объемах и пропорциях, повторяющих аналогичное сооружение, созданное в 1922 г.»<sup>19</sup>.

Инициатива Минкомсвязи РФ вызвала волну общественного протеста. Эксперты Центрального научно-исследовательского и проектного института строительных металлоконструкций (ЦНИИПСК) им. Н. П. Мельникова, в чьем ведении башня находилась до начала 2000-х гг., не были допущены к экспертизе, а сами ее результаты недоступны общественности. В связи с этим выводы об опасности обрушения башни представляются необоснованными. Более того, есть основания предполагать коммерческую заинтересованность в «избавлении» от башни, так как это откроет возможность постройки высотного здания с использованием освободившегося земельного участка и части прилегающей территории, которая уже находится в частной собственности.

По мнению экспертов ЦНИИПСК и других специалистов, опасности обрушения башни на сей день нет, и возможна ее реставрация на месте. Демонтаж же башни по предлагаемому плану фактически означает ее уничтожение. Конструкция не предполагает возможность ее сборки-разборки, при демонтаже башни ее корректная сборка в будущем практически невозможна. Кроме того, «новодел», если он и будет построен, уже не будет являться памятником. «Перенос» башни полностью исключит возможность ее включения в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Открытые письма в защиту башни подписали многие известные российские и зарубежные архитекторы.

Активный общественный протест заставил Правительство РФ пересмотреть свои планы и фактически отменить скандальное постановление о «переносе» башни. Однако проблема нормализации ее технического состояния и будущего использования до сих пор остается не решенной, таким образом, дальнейшая судьба башни не ясна.

Ситуация, сложившаяся вокруг Шуховской башни на Шаболовке, наглядно демонстрирует возможность утери даже важнейших, «знаковых» для государства и общества памятников техники – как в результате объективного ухудшения их технического состояния, так и из-за необдуманных решений чиновников. Это дополнительно подтверждает важность 3D-документирования памятников, которые находятся под угрозой разрушения<sup>20</sup>.

Информация, сохраняемая новыми методами, должна не только надежно сохраняться для будущих поколений, но и быть доступной для просмотра всем желающим, а также использоваться для изучения объектов. Таким образом, цели создания виртуальных образов в виртуальной истории науки и техники – «сохранение», «демонстрация», «изучение» – во многом совпадают с традиционными задачами музеев. Можно сказать, что практическая значимость научных исследований в области виртуальной истории науки и техники

<sup>19</sup> Проект постановления Правительства Российской Федерации «О мерах по сохранению для дальнейшего использования объекта культурного наследия регионального значения Радиобашни Шухова, г. Москва, ул. Шухова, д. 10, стр. 2 федерального государственного унитарного предприятия «Российская телевизионная и радиовещательная сеть», находящегося в ведении Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям», 2014 г.

<sup>20</sup> *Леонов А. В., Батурин Ю. М., Петропавловская И. А.* О необходимости 3D-документирования памятников техники: пример Шуховской башни на Шаболовке // ВИЕТ. 2013. № 3. С. 156–170.

заключается в том, чтобы сформировать методическую и техническую основу для создания виртуального музея науки и техники.

Важность применения новых технологий формирования и воспроизведения виртуальных образов для развития музейной деятельности признана на государственном уровне. Указом Президента Российской Федерации № 597 «О мероприятиях по реализации государственной социальной политики» от 7 мая 2012 г. правительству поручено создать к 2018 г. 27 виртуальных музеев. В 2014 г. Министерством культуры Российской Федерации были разработаны технические рекомендации по созданию виртуальных музеев<sup>21</sup>. В этих рекомендациях виртуальный музей определяется как компьютерная программа<sup>22</sup>, и описываются три уровня его технологической реализации: на основе фотографий, на основе сферических фотопанорам и на основе 3D-моделей.

С технической точки зрения указанный документ составлен достаточно грамотно, однако, по мнению автора, в нем упущены два важных методических момента.

Во-первых, в рекомендациях не проведено четкое различие между виртуальным музеем и «музеем, в котором представлены виртуальные объекты». Виртуальные объекты могут быть представлены в самом обычном, реальном музее (например, в форме интерактивных 3D-моделей на сенсорных экранах) или на веб-сайте музея, что само по себе еще не делает его виртуальным музеем. Под виртуальным же музеем, по мнению автора, должно подразумеваться создание целостного виртуального образа, включающего виртуальные экспонаты, среду, в которой они расположены, и способ организации взаимодействия человека с этими виртуальными экспонатами. Виртуальный музей – это не только комплекс технических средств, обеспечивающий формирование образа, но и сам виртуальный образ, который должен возникать в воображении человека.

Во-вторых, определение виртуального музея в рекомендациях сводит его задачи лишь к представлению музейных коллекций в электронном виде. Это существенно ограничивает спектр возможностей по сравнению с теми, которыми потенциально мог бы обладать подобный музей. В частности, из сферы виртуального музея исключаются образы объектов, не являющихся музейными экспонатами; образы частично или полностью утраченных объектов (виртуальная реконструкция<sup>23</sup>); динамическая визуализация процессов и явлений (например, визуализация работы технического устройства, визуализация исторического эксперимента, историко-географическая визуализация на виртуальном глобусе и т. п.). А ведь, например, для музея науки и техники эти типы виртуальных объектов представляют не меньшую важность, чем цифровые копии музейных коллекций.

Музей – это нечто большее, чем склад экспонатов. Разница заключается в погружении посетителя в некоторую среду (т. е. наличие фона, на котором

---

<sup>21</sup> Технические рекомендации по созданию виртуальных музеев (актуальная версия 1.0). М.: Министерство культуры РФ, 2014 // <http://mkrf.ru/documents/recommendations/virtuseums>.

<sup>22</sup> «Виртуальный музей – интерактивный мультимедийный программный продукт, представляющий музейные коллекции в электронном виде» (Там же. С. 5).

<sup>23</sup> То есть восстановление исторического образа объекта в форме визуально реалистичной цифровой трехмерной модели.



демонстрируются экспонаты) и организации взаимодействия посетителя с экспонатами по определенному сюжету (т. е. формирование экспозиции). Точно так же виртуальный музей – это нечто большее, чем набор (коллекция) виртуальных экспонатов. Необходимо обеспечить формирование цельного виртуального образа, в рамках которого посетитель может перемещаться от экспоната к экспонату, не теряя при этом степени погружения, и выбирать тот или иной вариант просмотра заранее сформированной экспозиции.

Виртуальный музей не обязательно должен являться точной цифровой копией реального музея. Этот вариант оправдан в некоторых ситуациях, например, когда здание или интерьеры музея сами по себе являются историческими объектами и памятником архитектуры. Но намного более широкие возможности открываются при создании синтетических сред, не имеющих аналога в реальности.

Целый ряд задач может быть практически решен только в виртуальной форме, в частности:

1) демонстрация в музейной экспозиции объектов большого масштаба (например, технических объектов: домны, прокатные станы, башни, мосты, верфи, шахты и т. п.);

2) демонстрация в рамках единой экспозиции территориально разнесенных объектов, которые невозможно переместить физически в одно место (например, экспонатов из коллекций разных музеев);

3) демонстрация разрушенных, утраченных объектов, восстановленных по чертежам или фотографиям, воссозданных в форме цифровых 3D-моделей;

4) динамическая визуализация работы исторических технических устройств (в том числе существующих музейных экспонатов), технологических процессов, исторических экспериментов;

5) динамическая визуализация исторических процессов (в том числе связанных с историей науки и техники), с географической привязкой к виртуальным картам или глобусу.

Все преимущества виртуального моделирования могут быть в полной мере реализованы при создании виртуального музея науки и техники. Отметим, что аналогичные задачи решаются в рамках еще одного научного направления – виртуальной археологии<sup>24</sup>.

С технологической точки зрения для обеспечения доступа к коллекции 3D-документов и реализации виртуального музея могут применяться два подхода: индивидуализированный или массовый.

Индивидуализированный подход предполагает использование стационарного или мобильного программно-аппаратного комплекса, как правило с большим экраном, зачастую с поддержкой специфических функций отображения (например, стерео) или взаимодействия (сенсорные экраны, манипуляторы). При этом может подразумеваться либо непосредственное взаимодействие пользователя (зрителя) с данным комплексом, либо наличие оператора, осуществляющего демонстрацию. Программное обеспечение в этом случае

<sup>24</sup> Гуж Д. Ю. Актуальные проблемы виртуальной археологии // Виртуальная археология (эффективность методов): материалы Второй международной конференции, состоявшейся 1–3 июня 2015 года в Государственном Эрмитаже. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2015. С. 6–11.

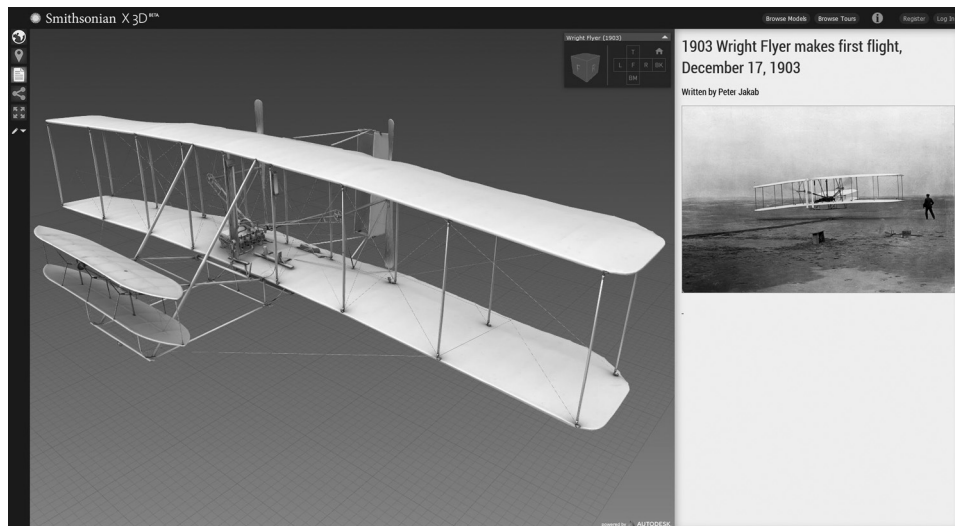


Рис. 1. Интерактивная 3D-модель самолета братьев Райт на сайте Смитсоновского института. Справа для сравнения представлена историческая фотография

разрабатывается с учетом индивидуальных технических особенностей используемого оборудования и не может быть перенесено на другой аппаратный комплекс (или в Интернет) без значительной переработки.

Массовый подход предполагает создание автономного программного продукта, который можно установить на пользовательском компьютере, либо создание веб-приложения, предназначенного для просмотра с использованием браузера. В обоих случаях предполагается самостоятельное взаимодействие пользователя с программным продуктом без возможности обратиться к помощи оператора. Веб-приложение, в свою очередь, может быть реализовано в двух вариантах – требующем установки плагина (например, *Unity3D*, *Flash*) или работающем непосредственно в браузере (например, *WebGL*, *Canvas*). Безусловно, наиболее массовый доступ может быть обеспечен за счет создания веб-приложения, не требующего установки плагина.

Реализация веб-приложений, обеспечивающих интерактивную демонстрацию 3D-документов, долгие годы сдерживалась отсутствием единого стандарта (технологии) представления 3D-графики для браузеров. В 2011 г. была представлена спецификация *WebGL*, которая в течение нескольких лет была поддержана почти всеми популярными браузерами: *Mozilla Firefox*, *Google Chrome*, *Safari*, *Opera*. В ноябре 2013 г., наконец, поддержка *WebGL* была реализована и в наиболее массовом браузере *Internet Explorer (IE)*. Официальный релиз *IE11* с поддержкой *WebGL* вышел 7 ноября 2013 г., таким образом, *WebGL* стал де-факто стандартом представления 3D-графики в Интернете без использования плагина. Отметим, например, что в 2015 г. компания *Unity Technologies* поддержала *WebGL* в очередной версии своего программного обеспечения (*Unity 5.0*).

Эксперименты с применением *WebGL* для реализации виртуального музея ведут многие организации, наиболее ярким примером является проект

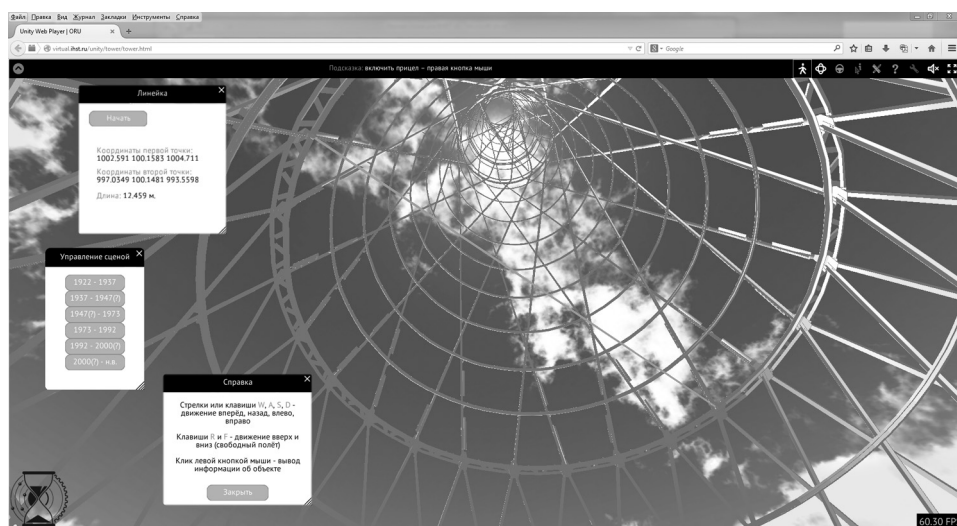


Рис. 2. Интерактивная 3D-модель Шуховской башни на Шаболовке на сайте ИИЕТ РАН. Измерение внутреннего диаметра опорного кольца пятой секции.

*Smithsonian X 3D* Смитсоновского института (США)<sup>25</sup>. Проект посвящен оцифровке наиболее интересных экспонатов, доступных в коллекциях Смитсоновского института, и общедоступному представлению созданных 3D-моделей и связанной с ними информации в Интернете. Для просмотра 3D-документов на сайте Смитсоновского института используется специальный плагин для браузера на основе *WebGL*, разработанный компанией *Autodesk*. Пример 3D-модели памятника техники, представленной на сайте Смитсоновского института в рамках проекта *Smithsonian X 3D*, приведен на рис. 1. Интересно отметить, что проект *Smithsonian X 3D* был представлен широкой публике 13 ноября 2013 г. – т. е., очевидно, приурочен к официальному выходу *IE11*.

Эксперименты с организацией веб-доступа к 3D-документам ведутся и в ИИЕТ РАН. В частности, создано веб-приложение на основе *Unity3D* для демонстрации 3D-модели Шуховской башни<sup>26</sup> (рис. 2). Приложение позволяет рассмотреть модель башни в режиме прогулки или свободного полета, отобразить конструкцию башни в соответствии с выбранным историческим периодом. Реализована также возможность измерения произвольных расстояний между элементами модели. При обновлении программного обеспечения *Unity3D* планируется переход к бесплагинной технологии на основе *WebGL*.

Разработанное веб-приложение может использоваться для демонстрации различных 3D-документов, в том числе в виртуальной среде (которая может имитировать реальность или быть полностью синтетической). Технически реализована также возможность связи элементов 3D-модели с базой данных, доступной через Интернет, например, вывод изображения или переход по гиперссылке при выделении элемента модели. Необходимо, однако, отметить,

<sup>25</sup> См.: <https://3d.si.edu>.

<sup>26</sup> См.: <http://virtual.ihst.ru/unity/tower/tower.html>.

что для размещения в свободном доступе исторических чертежей или фотографий требуется согласие правообладателя данных. Разработанные методы и технологии могут использоваться как основа для создания коллекции виртуальных 3D-моделей или полноценного виртуального музея.

Отметим, что разработка качественных веб-приложений требует привлечения соответствующих специалистов. Неслучайно даже такая финансово обеспеченная организация, как Смитсоновский институт, не пошла по пути самостоятельного создания программного обеспечения, а привлекла для разработки веб-приложения признанного мирового лидера в области трехмерных систем автоматизированного проектирования (САПР) – компанию *Autodesk*. Очевидно, что для создания виртуального музея науки и техники необходима тесная кооперация и взаимодействие между научными организациями, профильными музеями и коммерческими компаниями, которые обладают штатом квалифицированных инженеров и программистов-разработчиков.

По оценкам ведущих зарубежных исследователей, работа по созданию виртуальных музеев на основе трехмерных цифровых моделей находится сегодня в своей начальной стадии<sup>27</sup>. В лучшем случае речь идет о коллекциях виртуальных трехмерных экспонатов, а чаще – об отдельных виртуальных реконструкциях, причем, как правило, в форме автономных (а не веб-) приложений. Однако современный технологический потенциал, имеющиеся технические и методические наработки (в том числе в виртуальной истории науки и техники и виртуальной археологии), а главное – выраженный интерес к данной тематике со стороны ведущих музеев мира позволяют надеяться на ее быстрое развитие.

## References

- Aleinikov, A. A., Bobkov, A. E., Droznin, V. A., Eremchenko, E. N., Leonov, A. V. and Shpilenok, T. I. (2011) Interaktivnoe 3D-prilozhenie «Virtual'naia Dolina geizerov» [Interactive 3D Application “Virtual Valley of Geysers”], *Komp'uternye instrumenty v obrazovanii*, no. 4, pp. 41–49.
- Anikushkin, M. N. and Leonov, A. V. (2013) 3D Modelirovanie Shukhovskoi bashni na Shabolovke na osnove lazernogo skanirovaniia [3D-modeling of the Shukhov Tower on Shabolovka Based on Laser Scanning], *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, no. 4, pp. 56–58.
- Borozdin, A. K. (1899) Eshche o Pushkine i fonografe [Once More about Pushkin and Phonograph], *Novoe vremia*, October 14, no. 8488.
- Bowen, J. (2000) The Virtual Museum, *Museum International*, vol. 52, no. 1, pp. 4–7.
- Hookk, D. Yu. (2015) Aktual'nye problemy virtual'noi arkheologii [Actual Problems of Virtual Archaeology], in: *Virtual'naia arkheologiia (effektivnost' metodov)*. *Sbornik trudov vtoroi mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, sostoiavsheisia 1–3 iunია 2015 g. v Gosudarstvennom Ermitazhe [Virtual Archaeology (Methods and Benefits). Proceedings of the Second International Scientific Conference Held at the State Hermitage Museum 1–3 June 2015]*. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo Gosudarstvennogo Ermitazha, pp. 6–11.
- Hookk, D. Yu. and Opredelenov, V. V. (2014) Virtual'nye muzei: terminologiia, metodologiia, vospriiatie [Virtual Museums: Terminology, Methodology, Perception], in: *Institut istorii estestvoznaniia i tekhniki im. S. I. Vavilova. Godichnaia nauchnaia konferentsiia, 2014 [S. I.*

<sup>27</sup> Santos, P., Serna, S. P., Stork, A., Fellner, D. The Potential of 3D Internet in the Cultural Heritage Domain // 3D Research Challenges in Cultural Heritage. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 8355 / M. Ioannides, E. Quak (eds.). Berlin; Heidelberg: Springer, 2014. P. 1–17.

- Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences. Annual Scientific Conference, 2014*]. Moskva: LENAND, pp. 413–415.
- Hoptman, G. H. (1992) The Virtual Museum and Related Epistemological Concerns, in: Barrett, E. (ed.) *Sociomedia: Multimedia, Hypermedia and the Social Construction of Knowledge*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 141–159.
- Huhtamo, E. (2010) On the Origins of the Virtual Museum, in: Parry R. (ed.) *Museums in a Digital Age*. London and New York: Routledge, pp. 121–135.
- Kozlov, P. (2014) Shukhovskuiu bashniu demontiruiut [The Shukhov Tower Will Be Dismantled], *Izvestia*, February 4, no. 19 (29019).
- Kozlov, P. (2014) V pravitelstve gotoviat postanovlenie o perenose Shukhovskoi bashni [The Government Is Preparing a Decree to Move the Shukhov Tower], *Izvestia*, February 27, no. 36 (29036).
- Leonov, A. V. and Baturin, Yu. M. (2013) 3D-dokument – novyi tip nauchno-tekhnicheskoi dokumentatsii [3D Document – the New Type of the Scientific and Technical Documentation], *Vestnik arkhivista*, no. 2, pp. 192–205.
- Leonov, A. V., Baturin, Yu. M. and Petropavlovskaja, I. A. (2013) O neobkhodimosti 3D-dokumentirovaniia pamiatnikov tekhniki: primer Shukhovskoi bashni na Shabolovke [On the Need of 3D Documentation of Technical Monuments: the Case Study of the Shukhov Tower on Shabolovka], *Voprosy istorii estestvoznaniia i tekhniki*, no. 3, pp. 156–170.
- Leonov, V. L. (2014) Obval i opolzen', proizoshedshie 4 ianvaria 2014 g. v Doline geizerov, Kamchatka, i ikh posledstviia [The January 4, 2014 Collapse and Landslide in the Valley of Geysers, Kamchatka, and Their Aftermath], *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle*, no. 1 (23), pp. 7–14.
- Miller, G., Hoffert, E., Chen, S. E., Blacketter, D., Rubin, S., Applin, S. A., Yim, D. and Hanan, J. (1992) The Virtual Museum: Interactive 3D Navigation of a Multimedia Database, *The Journal of Visualization and Computer Animation*, vol. 3, no. 3, pp. 183–197.
- Santos, P., Serna, S. P., Stork, A. and Fellner, D. (2014) The Potential of 3D Internet in the Cultural Heritage Domain, in: *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8355, pp. 1–17.
- Shilov, L. A. (2004) *Golosa, zazvuchavshie vnov'*. *Zapiski arkhivista-shestidesiatnika* [Voices That Started Sounding Again. Notes of an Archivist of the Sixties]. Moskva: Al'daon.