

DOI: 10.17746/1563-0102.2017.45.2.142-148  
УДК 39 + 728.03

**А.Ю. Майничева<sup>1, 2</sup>, В.В. Талапов<sup>2</sup>, Чжан Гуаньин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт археологии и этнографии СО РАН  
пр. Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия  
E-mail: annmaini@gmail.com

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет  
архитектуры, дизайна и искусств  
Красный пр., 38, Новосибирск, 630099, Россия  
E-mail: talapoff@yandex.ru

<sup>3</sup>ООО «АВИК Форестри», Кунтай  
AVIC Forestry CO., LTD,  
International Business Div. 22F, N 28 Changjiang Rd, YEDA, Yantai, Shandong, China  
E-mail: clava19890602@qq.com

## Принципы информационного моделирования недвижимых объектов культурного наследия (на примере деревянных буддийских храмов)\*

В статье рассматриваются принципы использования технологии BIM (building information modeling – информационное моделирование зданий) для компьютерного воссоздания конструкций и облика деревянных буддийских храмов, накопления, анализа и обработки историко-культурной информации, а также анализа последствий эксплуатации зданий и воздействия на них природно-климатических условий. Сложность сохранения и реставрации буддийских сооружений заключается в своеобразии их конструктивной системы, основанной на использовании кронштейнов (в древнекитайской архитектуре она получила название «доугун»). Инструментарий BIM и разработанная авторами методика, историко-культурной базой которой стали трактаты об архитектуре Древнего Китая, позволили создать информационную модель недвижимого объекта культурного наследия, представляющую собой новый способ фиксации данных по зданиям. В ней информация обрабатывается средствами поиска и анализа, а также проверяется на геометрическую непротиворечивость. Для создания библиотечных элементов использовалась программа Autodesk Revit. Проверкой эффективности библиотеки стало информационное моделирование храма Шэнмудянь, расположенного в китайской провинции Шанси. Впервые в мировой практике предложена методика адаптации библиотеки элементов моделирования древнекитайской системы доугун и других подобных библиотек для создания единой системы базовых элементов, позволяющих унифицировать процесс моделирования и обработки информации вне зависимости от используемого программного обеспечения. Такая адаптация делает теоретически возможным и технически осуществимым создание единой информационной системы памятников буддийского зодчества, основанной на технологии BIM.

Ключевые слова: недвижимый объект культурного наследия, информационное моделирование, BIM, буддийский храм, доугун.

**A.Y. Mainicheva<sup>1, 2</sup>, V.V. Talapov<sup>2</sup>, and Zhang Guanying<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Archaeology and Ethnography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
Pr. Akademika Lavrentieva 17, Novosibirsk, 630090, Russia  
E-mail: annmaini@gmail.com

<sup>2</sup>Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts,  
Krasny pr. 38, Novosibirsk, 630099, Russia  
E-mail: talapoff@yandex.ru

<sup>3</sup>AVIC Forestry CO., LTD,  
International Business Div. 22F, N 28 Changjiang Rd,  
YEDA, Yantai, Shandong, China  
E-mail: clava19890602@qq.com

\*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00036).

## Principles of the Information Modeling of Cultural Heritage Objects: The Case of Wooden Buddhist Temples

*The article describes the principles and prospects of using the BIM technology, which was for the first time used to reconstruct wooden Buddhist temples, assess the cultural information relating to them, and evaluate the impact of environment and exploitation. Preserving and restoring such temples is difficult because their construction includes wooden brackets—dougong. The BIM technique and our own method based on treatises about old Chinese architecture enabled us to generate an information model of the temple (a new means of information processing) and to test it for geometric consistency. To create a library of elements, the Autodesk Revit software was used. To test the efficiency of the library we applied the information model to the Shengmudian temple in the Shanxi province. The adaptation of the dougong library elements to wooden Buddhist temples provides a possibility to apply such techniques for generating a unified system regardless of the software.*

Keywords: Architectural monuments, information modeling, BIM, Buddhist temples, dougong.

### Введение

Деревянные буддийские храмовые сооружения являются частью мирового культурного наследия. Наибольшее распространение они получили в местах традиционного распространения буддизма: на Дальнем Востоке, в Центральной и Юго-Восточной Азии. В России на территории Республики Бурятия, Забайкальского края и Иркутской обл. известно 26 дацанов, часть дуганов которых деревянные и требуют постоянного мониторинга их состояния. Археологические раскопки последнего времени в Приморье позволили выявить остатки древних буддийских храмов, что актуализирует проблему воссоздания их облика. Сложность сохранения и реставрации буддийских сооружений заключается в своеобразии их конструкции. Большинство из них создавалось на основе системы кронштейнов, обеспечивавших связь между горизонтальными балками и вертикальными колоннами. В древнекитайской архитектуре она получила название «доугун». Главная функция такой сложносоставной композиции специально спроектированных элементов между балкой и колонной заключается в обеспечении эластичности и снятии напряжения, возникающего при сильном внешнем влиянии на здание природно-климатических условий, например, ураганов и землетрясений. Построение модели сооружения, находящегося под таким многофакторным воздействием, требует специальных технологий, основанных на возможностях компьютерной обработки больших массивов информации. Сейчас используются как компьютерное моделирование формы исторических зданий, так и виртуальная реконструкция облика памятников, проводимая с документально подтвержденной исторической достоверностью [Бородкин и др., 2015; Майничева, Кулаков, 2015]. Вместе с тем стало очевидным, что принципиальное продвижение вперед в вопросах обработки больших массивов информации возможно лишь при ее четком структурировании на основе единых правил с одновременной привязкой к конкретному объекту исследования и его частям. Уже предпринимаются попытки

компьютерного моделирования деревянных буддийских сооружений. Например, японскими специалистами из университета г. Чиба создана информационная модель пятиэтажной деревянной пагоды в храме Хокекио буддистской школы Нитирэн-сю [Новый взгляд..., 2008]. Эта пагода, построенная в 1622 г., выдержала многочисленные землетрясения. Она и сегодня посещается верующими, поэтому основной целью работы были моделирование и проверка прочностных характеристик памятника архитектуры в современных условиях с учетом реального состояния деревянных элементов, а также решались задачи мониторинга состояния и эксплуатации здания. Однако информационное моделирование деревянных буддийских сооружений до сих пор широкого распространения не получило, поскольку пока не создана компьютерная библиотека элементов, в первую очередь системы кронштейнов для крепления колонн и балок. В данной статье рассматриваются принципы использования сравнительно недавно появившейся технологии BIM (building information modeling – информационное моделирование зданий, см.: [Eastman et al., 2011]) для воссоздания облика и мониторинга состояния таких значимых недвижимых объектов культурного наследия, как деревянные буддийские храмы, и впервые в мировой практике предложена методика адаптации библиотеки элементов моделирования древнекитайской системы доугун и других подобных библиотек для создания единой системы базовых элементов, позволяющих унифицировать процесс моделирования и обработки информации вне зависимости от используемого программного обеспечения.

### Информационное моделирование памятников деревянного зодчества буддийского Востока

Система BIM уже широко используется в мире для проектирования новых и эксплуатации существующих зданий [Талапов, 2015б], что позволяет предположить успешность ее применения в работе

с недвижимыми объектами культурного наследия, в т.ч. полностью или частично утраченными. С помощью этой технологии можно создать модель здания, которая не только передает его внешний облик, но и служит своеобразным «контейнером» для хранения и обработки разнородной информации о сооружении. Инструментарий BIM и авторская методика позволяют создать информационную модель недвижимого объекта культурного наследия, представляющую собой новый способ фиксации данных по зданиям. В ней информация обрабатывается средствами поиска и анализа, а также проверяется на геометрическую непротиворечивость, что особенно важно при использовании обмерных чертежей сооружений [Талапов, 2015а].

Технология BIM полностью отвечает специфике строительства из дерева сооружений, которые состоят из отдельных элементов (бревен, досок, лемехов, кобылок и т.п.), что определяет дискретный характер информационного моделирования, идущего в два этапа: сначала создаются составляющие «первичные» элементы, а затем из них собирается основная модель [Козлова и др., 2014]. Такой способ, основанный на предварительно созданной библиотеке элементов, особенно удобен при дальнейшем использовании моделей для мониторинга состояния деревянных недвижимых объектов культурного наследия. Успех использования технологии информационного моделирования зависит от наличия и непрерывного пополнения библиотеки «первичных» деревянных элементов, что возможно при сочетании трех факторов:

- получения в результате историко-культурных исследований сведений о конструктивных особенностях памятников деревянного зодчества и классификации деталей и конструкций сооружений;
- развития программного инструментария информационного моделирования и общей методики создания библиотек элементов;
- обновления этих библиотек с учетом расширения знаний об объектах культурного наследия, технологии информационного моделирования, а также появления новых потребностей в работе с информацией.

Информационное моделирование памятников архитектуры, как и других зданий и сооружений, можно рассматривать как процесс создания наследующих друг друга информационных моделей, которые, являясь промежуточными результатами, завершают отдельные этапы исследований.

При формировании библиотеки элементов была использована система кронштейнов доугун [Талапов, Чжан Гуаньин, 2016], применяемая в строительстве буддийских храмовых сооружений, которая, согласно трактата Ли Цзе «Инцзао фаши» («Методы архитектуры», 1103 г.), в XII в. достигла вершины своего развития. В трактате давалась параметрическая

и функциональная классификация элементов доугун, позволявшая уже в то время проектировать новые сооружения и оценивать их прочность [Ма Бинцзянь, 2003]. В ее основе лежат восемь основных типов размеров (цай), которые задают габариты всех используемых в сооружении элементов системы, масштабируя, но не меняя их взаимосвязи. Такой подход позволил типизировать и поднять на более высокий технологический уровень строительство деревянных храмов, дворцов и беседок в Древнем Китае, а также придать ему в определенном смысле массовый характер.

Основными трудностями применения информационных технологий к древнекитайской системе были сложность чтения документов на старокитайском языке, а также неполная информация о трехмерном характере элементов системы доугун, содержавшаяся в дошедших до нас плоских чертежах или схемах. Последняя проблема решалась в процессе компьютерного моделирования, когда возникавшая на основе чертежей гипотеза о предназначении того или иного кронштейна и особенностях его внешнего вида проверялась и корректировалась на объемной модели.

Для создания библиотечных элементов системы доугун использовалась показавшая свою эффективность при моделировании памятников архитектуры BIM-программа Autodesk Revit. Каждый из них имеет несколько (количество зависит от сложности формы) геометрических параметров, основным из которых является значение главного размерного типа цай системы доугун. Работа с элементом начинается с ввода этого значения. Затем вводятся остальные геометрические параметры, но их величины меняются в допустимом диапазоне, определяемом значением цай. После этого программа генерирует нужный элемент системы доугун, который можно вставлять в конкретный узел модели памятника архитектуры (рис. 1). Кроме геометрических параметров, каждый библиотечный элемент дополнительно имеет определенное количество незаполненных строк для атрибутивных значений, куда можно вводить историко-культурную информацию, данные о материале, характере износа элемента, сроке и качестве его последней реставрации или замены, прикрепленные ссылки на результаты лазерного сканирования, чертежи и исторические документы, а также прочие сведения, необходимые для работы с этим элементом как составной частью памятника архитектуры.

Всего библиотека содержит несколько сотен основных файлов формата RFA (основной формат библиотечных элементов программы Autodesk Revit), которые при различных вариациях параметров дают ок. 100 тыс. моделей конкретных элементов системы доугун. Это число может увеличиваться, поскольку созданная библиотека допускает пополнение новыми

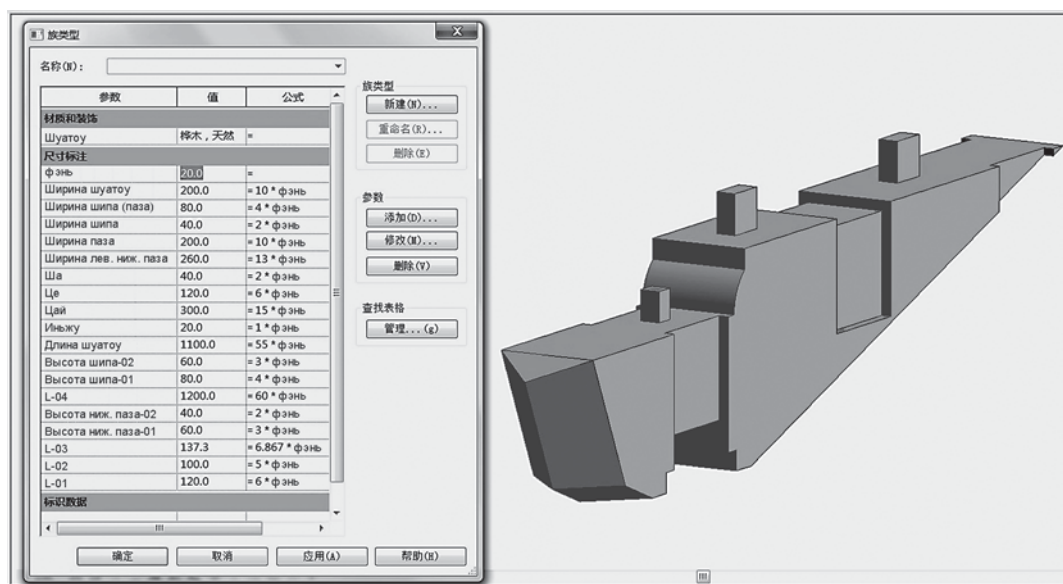


Рис. 1. Библиотечный элемент шуатоу системы доугун и его параметры.



Рис. 2. Храм Шэнмудянь – памятник буддийского деревянного храмового зодчества XII в.

ми элементами, создаваемыми не только ее авторами, но и другими пользователями. Языки, на которых заполняется таблица параметров (первоначально китайский и русский), могут легко заменяться на другие, т.к. программа Autodesk Revit адаптирована для многих языков мира.

С целью проверки эффективности использования библиотеки элементов системы доугун была создана информационная модель храма Шэнмудянь, расположенного в китайской провинции Шанси (рис. 2). Этот действующий деревянный храм, построенный в 1102–1106 гг. и дошедший до нас почти в первоначальном виде, для моделирования интересен еще

и тем, что содержит элементы системы доугун сразу двух размерных типов цай (рис. 3–5).

Созданную библиотеку элементов нужно и технически возможно адаптировать к буддийским сооружениям различных регионов, т.к. несмотря на существующее сходство, в формах кронштейнов имеются и некоторые региональные отличия (см.: [Архитектура..., 1971; Минерт, 1983]). С учетом основных положений BIM [Талапов, 2016] адаптация должна базироваться на принципе прагматизма, который формулируется как «адаптировать только то, что необходимо для непосредственной работы», и осуществляться по трем основным направлениям:



Рис. 3. Различные системы кронштейнов доугун в конструкции храма Шэнмудянь.

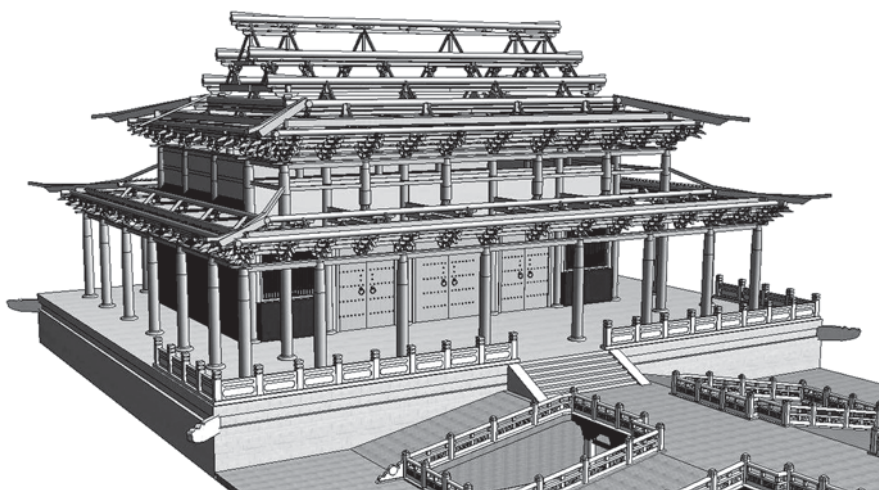


Рис. 4. Одна из стадий построения информационной модели храма Шэнмудянь, повторяющая этапы его строительства.

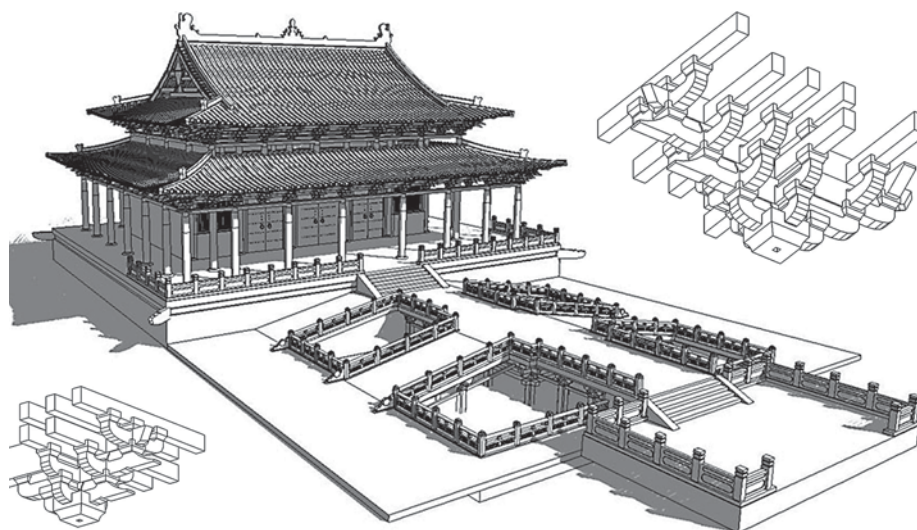


Рис. 5. Информационная модель храма Шэнмудянь и некоторые ее элементы.

– пересмотр общего содержания библиотеки элементов, что является результатом историко-архитектурного анализа рассматриваемой системы, выявления ее характерных особенностей, присущих этому региону или эпохе, и отличий от системы доугун, а также появления новых элементов, не свойственных системе доугун;

– изменение геометрии и параметрической таблицы конкретных, созданных ранее библиотечных элементов в соответствии с новыми историко-культурными сведениями. Для этого лучше всего использовать имеющиеся библиотечные элементы в их первоначальном формате RFA, а работу с ними вести в редакторе семейств программы Autodesk Revit. Альтернативным и наиболее радикальным вариантом адаптации является формирование новой библиотеки по методике, разработанной для создания элементов системы доугун (рис. 6);

– переход на другое программное обеспечение. Такой путь осложнен использованием отличных от Autodesk Revit программ информационного моделирования. Методика работы в этом случае сильно зависит от того, как там организовано создание информационной модели и структурированное хранение атрибутивной информации. Но геометрия библиотечного объекта переносится в новые программы полностью, общее содержание атрибутивных параметров остается тем же.

Одним из наиболее вероятных является переход на программы информационного моделирования, хорошо совместимые с Autodesk Revit. К ним прежде всего относится Bentley AECOsim Building Designer, которая хорошо импортирует файлы в форматах RVT и RFA, используемых в Autodesk Revit, хотя при осо-

бых условиях может потребоваться дополнительная «доводка» элемента для удобного использования в новой программе. Из программ, не импортирующих напрямую файлы RVT и RFA, наиболее известная и часто применяемая в архитектуре – ArchiCAD. Передача элементов в новую программу может осуществляться через универсальный и открытый, т.е. не привязанный к конкретному программному обеспечению, формат IFC, специально разрабатываемый для обмена данными между информационными моделями. Но универсальность имеет и обратную сторону – такая передача данных может приводить к потерям качества библиотечных элементов, в частности утрате ограничительных и логических связей и зависимостей между геометрическими параметрами, что снова может потребовать доработки.

Если осуществляется переход на программы, не работающие (частично или полностью) по требованиям технологии BIM, т.е. программы «обычного» трехмерного моделирования, например, AutoCAD, 3ds MAX, SketchUp и некоторые другие, то из имеющейся библиотеки элементов хорошо переносится геометрическая форма объекта, но параметрические зависимости и связи исчезают. Однако само параметрическое многообразие библиотечных элементов, созданных для BIM, все же можно использовать, сначала задав параметры в основной BIM-программе, а потом перенеся получившуюся геометрическую фигуру в новую программу. Сам перенос хорошо осуществляется через форматы DWG, DXF, FBX или SKP.

В настоящее время наблюдается большое оживление в области разработки отечественных инструментов информационного моделирования, так что в недалеком будущем встанет вопрос и о переходе на них.

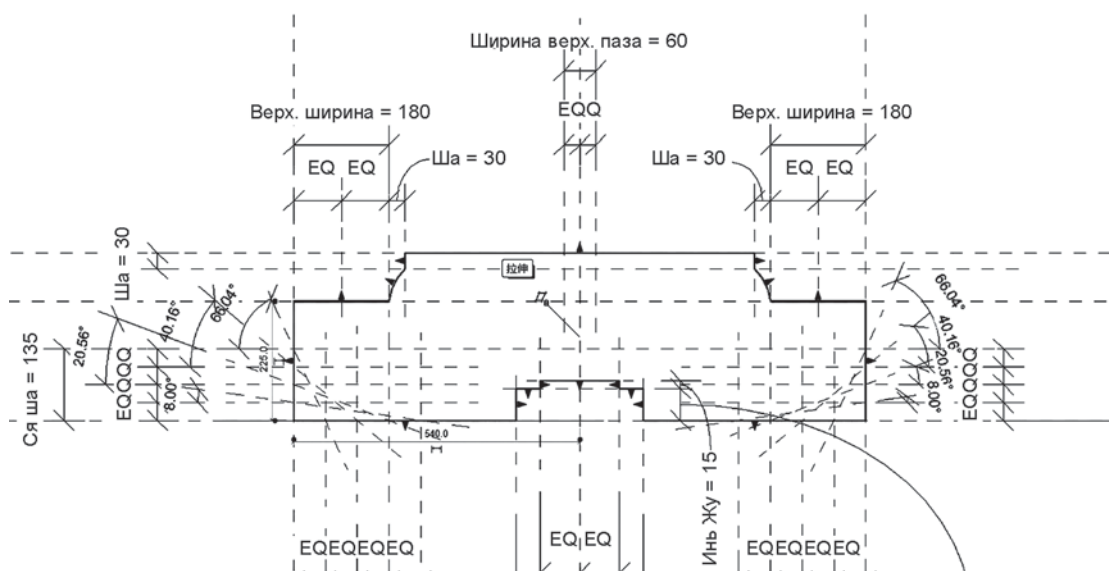


Рис. 6. Геометрические параметры кронштейна хуа гун, используемые в процессе создания библиотеки элементов системы доугун.

Сейчас трудно давать однозначные рекомендации для такого перехода, но гарантированно информацию по библиотечным элементам можно будет передавать в формате IFC.

Что касается самого просмотра моделей и их элементов, то здесь ситуация более простая, т.к. в мире существует несколько программ-просмотрщиков, распространяемых бесплатно, например, Autodesk NavisWorks, Bentley Navigator, Tekla BIMsight, Solibri, которые эффективно справляются с поставленной задачей.

### Заключение

Таким образом, принципы создания информационных моделей деревянных буддийских храмовых сооружений эффективно основывать на технологии BIM, применяемой для недвижимых объектов культурного наследия. Достоинствами информационных моделей являются возможность мониторинга и прогнозирования поведения объекта в изменяющихся условиях внутреннего состояния и воздействия различных факторов внешней среды, компьютерная паспортизация на любых стадиях работы с ним, а также визуализация информации о памятнике архитектуры, позволяющая осуществлять музейную и культурно-просветительскую деятельность с уменьшением эксплуатационной нагрузки на сам памятник.

Важно и то, что модель представляет собой элемент глобальной информационной системы недвижимых объектов культурного наследия, т.к. уже сейчас «внутренняя» информация о здании через специальные интернет-сервисы становится общедоступной для исследователей во всем мире. Благодаря информационным моделям создается своеобразный «культурный мост» между прошлым и современностью, когда библиотеки элементов, созданных при моделировании архитектурного памятника, можно использовать в проектировании современных зданий, что делает технологически доступными идеи древней архитектуры при новом строительстве.

Адаптация библиотеки элементов доугун для деревянных буддийских храмов позволяет начать широкое внедрение информационного моделирования в работу с недвижимыми объектами культурного наследия и создание единой информационной среды для этого. Сейчас, даже до появления специализированных «исторических» программ, необходимое программное обеспечение для функционирования такой среды уже имеется. Оно было создано для мировой проектно-строительной отрасли, хорошо отлажено и продолжает совершенствоваться. Это программы управления про-

ектами, единая среда работы с проектами и комплексного их использования. У таких программ хорошо организован поиск атрибутивной информации по информационным моделям, выполненным практически в любом виде и подходящем формате. Они рассчитаны на работу с большим количеством как исполнителей, так и обычных пользователей.

### Список литературы

**Архитектура** Восточной и Юго-Восточной Азии до середины XIX в. / ред. А.М. Прибыткова, Б.В. Веймарн, О.Н. Глухарева, Л.И. Думан, А.С. Мухин. – Л.; М.: Изд-во лит. по архитектуре и строительству, 1971. – 643 с. – (Всеобщая история архитектуры: в 12 т.; т. IX).

**Бородин Л.И., Валетов Т.Я., Жеребятнев Д.И., МIRONENKO М.С., Моор В.В.** Репрезентация и визуализация в онлайн-результатов виртуальной реконструкции // Историческая информатика. – 2015. – № 3-4. – С. 3–18.

**Козлова Т.И., Куликова С.О., Талапов В.В., Чжан Гуаньин.** BIM и памятники деревянной архитектуры // Историческая информатика. – 2014. – № 2/3. – С. 50–73.

**Ма Бинцзянь.** Чжунго гуцзяньчжу муцзую инзаоцишу (Технологии строительства деревянных памятников архитектуры Китая). – Пекин: Кэсюе, 2003. – 355 с. (на кит. яз.).

**Майничева А.Ю., Кулаков А.Н.** Церковь Владимирской Богоматери в Братске: архитектурные особенности в этнокультурном контексте Сибири XVII–XVIII вв. // Гуманитарные науки в Сибири. – 2015. – Т. 22, № 2. – С. 80–85.

**Минерт Л.К.** Памятники архитектуры Бурятии. – Новосибирск: Наука, 1983. – 192 с.

**Новый взгляд** на традиционную японскую архитектуру с помощью ArchiCAD. – 2008. – URL: <http://openbim.ru/events/news/20081204-1237.html> (дата обращения: 20.12.2016).

**Талапов В.В.** О некоторых закономерностях и особенностях информационного моделирования памятников архитектуры // Архитектура и современные информационные технологии: Международный электронный научно-образовательный журнал AMIT. – 2015а. – № 30. – URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/talapov/abstract.php> (дата обращения: 20.12.2016).

**Талапов В.В.** Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. – М.: ДМК-пресс, 2015б. – 410 с.

**Талапов В.В.** О некоторых принципах, лежащих в основе BIM // Изв. высш. учеб. заведений: Строительство. – Новосибирск, 2016. – № 4. – С. 108–114.

**Талапов В.В., Чжан Гуаньин.** Информационное моделирование памятников архитектуры на примере древнекитайской системы доугун. – Новосибирск: Изд-во Новосибир. гос. ун-та архитектуры, дизайна и искусств, 2016. – 186 с.

**Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K.** BIM Handbook. – 2nd ed. – Hoboken, N. J.: Wiley, 2011. – 626 p.

*Материал поступил в редколлегию 21.12.16 г.*