

УДК 069

Гуаньин Чжан

## ТЕХНОЛОГИЯ BIM И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДОУГУН ДЛЯ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ ДРЕВНЕГО КИТАЯ

*В современном Китае технология BIM внедряется в проектно-строительную практику все возрастающими темпами. Уже ведется разработка национального BIM-стандарта и готовится принятие решения об обязательном BIM для госзаказов. Так что применение информационного моделирования к памятникам архитектуры – вполне логично и хорошо укладывается в общее направление развития технологии BIM в этой стране, что и является предметом рассмотрения в данной статье.*

*Ключевые слова: BIM, информационное моделирование, традиционная архитектура Китая, культура и архитектура в эпохи Тан и Сун, музеефикация, реконструкция и реставрация памятника архитектуры, беседка, система доугун, храм Шэнмудянь.*

**Начало работы.** В рамках обучения в аспирантуре НГАСУ (Сибстрин) было решено создать модели беседки в монастыре Хуайшэнсы, которая была построена в Китае в эпоху династии Тан. Известно, что в этот период в Китае в основном строили из дерева, поэтому сооружений периода Тан сохранилось очень мало. Это делает особенно актуальной разработку моделей существующих сегодня зданий и сооружений с целью их последующей реконструкции и реставрации и музеефикации, а значит, сохранения культурного наследия этой богатой эпохи.

Сначала немного истории. На протяжении столетий как стиль деревянных построек, так и их конструкция изменялись незначительно. Главные принципы китайского зодчества сложились уже в древности (II–I тыс. до н.э.).

Основные архитектурные формы, довольно однообразные и немногочисленные, сохранялись в течение многовекового феодального периода. Типов построек в китайском зодчестве встречается немного. Одна структура здания использовалась и для дворца, и для храма, а также для обычного жилища. Она различалась только своими масштабами и отдельными декоративными деталями. Высочайшего духовного подъема средневековая культура Китая достигла в период правления династии Тан (618–907 гг.) и Сун (960–1279 гг.).

В период династии Тан большую роль в феодальном Китае играли торгово-промышленные города с огромным населением и с большими городскими усадьбами знати. В это время Китай установил прочные связи со всеми культурными странами мира. Архитектура этого времени – гармонична, монументальна и проста.

Размеры всех сооружений были строго регламентированы. Дворцы и храмы возводились по общему принципу на деревянном каркасе из покрытых лаком опорных столбов и балок и узорных кронштейнов – доугун на облицованных камнем высоких глинобитных платформах.

О сложных формах дворцового и крепостного зодчества периода Тан дают представление изображения построек в живописи, а также в стенописи VIII в., сохранившейся в пещерном Храме 1000 будд в Дуньхуане. Эти сооружения уже покрыты высокими изогнутыми крышами, которые с этих пор являются характерной особенностью китайской архитектуры.

В этот период в строительстве значительно усовершенствовалась конструкция доу-гуна (специальная система деревянных элементов, состоящая из балок и особых кронштейнов, являющаяся связующим звеном и одновременно амортизирующим элементом между балкой и опорой, своеобразная капитель). В результате была создана совершенно новая форма общей структуры сооружений. В вышедшем в 1103 г. трактате «Методы архитектуры» эту структуру назвали “зал дворца”.

Автор трактата «Инцзаофаши», или «Методы архитектуры», Ли Минчжун собрал огромный фактический материал по строительству и архитектуре Китая и сделал ценные обобщения, касающиеся вопросов деревянного зодчества. Эта работа считается одним из ранних классических трудов по архитектуре Китая.



Беседка в монастыре Хуайшэнсы – современная фотография

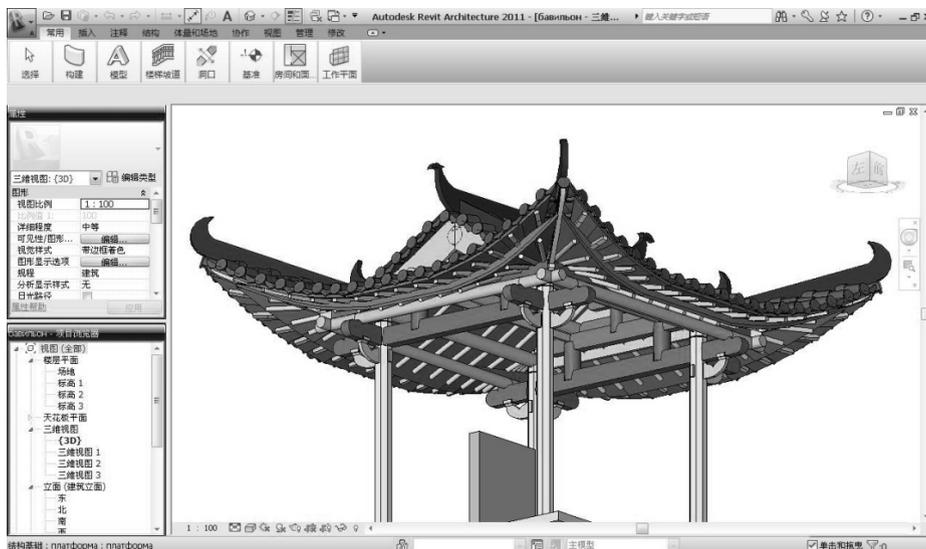
Традиции деревянной архитектуры эпохи Тан оказали огромное влияние на все дальнейшее строительство в Китае, поэтому и в настоящее время пользуются повышенным вниманием. Выдающимся примером достижений китайских архитекторов этого периода является монастырь Хуайшэнсы. Этот мо-

настурь находится в городе Гуанчжоу на юге Китая, он также известен как Храм Льва, или Гуантасы. Его построили в начале династии Тан, так что это один из старейших исламских монастырей в мире и один из четырех древнейших монастырей в Китае.

История монастыря Хуайшэнсы весьма интересна. В 618–626 гг. основатель ислама Мухаммед послал своих учеников с миссионерской миссией. Один из них, Абу Вангсуд, высадился в Гуанчжоу на Морском шелковом пути и начал свою деятельность в Китае. С 627 по 649 г. Абу Вангсуд и арабы жили в Гуанчжоу и внесли большие пожертвования на строительство монастыря с названием «Хуайшэн» в честь Мухаммеда. В монастыре имеется голая цилиндрическая пагода, поэтому его ещё называли «Гуантасы», что значит ‘пагода, дающая свет’ (в современном понимании, это был маяк). В 1343 г. монастырь был уничтожен пожаром, а через семь лет – реконструирован. В 1695 г. он опять подвергся реконструкции. После 1949 г. были произведены три крупномасштабных ремонта, но монастырь в основном сохранил стиль периода династии Тан.

В парке монастыря находится беседка, имеющая мемориальное значение: в центре размещена памятная доска с историей монастыря. Первоначально беседка была построена из дерева, а платформа и базы колонн сооружены из камня. При последующей реконструкции деревянные колонны заменили на железобетонные.

**Моделирование памятника архитектуры.** При выборе компьютерной программы для моделирования было решено работать в технологии BIM [1], позволяющей не просто повторить геометрию объекта, но и учитывать материалы и их свойства, а также специфицировать составные части беседки для последующего мониторинга и учета. В качестве основной программы был взят Revit Architecture компании Autodesk.

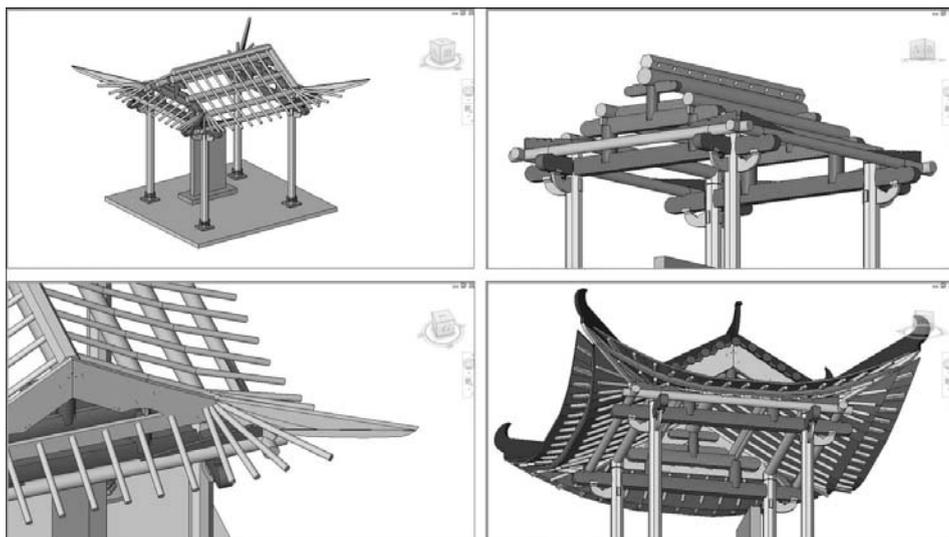


Моделирование беседки в программе Revit

Как отмечалось выше, изначально беседка была деревянной, поэтому с этого материала и началось моделирование. Поскольку программа Revit позволяет менять в модели материалы и составные элементы, из деревянной модели легко получаются все последующие виды беседки, в том числе и современный.

На первом этапе моделирования были проведены исследования по восстановлению использовавшейся ранее в этой беседке системы элементов доугун (до наших дней они не дошли, так как были заменены на железобетон при реконструкциях). Поскольку из-за отсутствия документов с полной достоверностью некоторые узлы восстановить пока не удалось, в модели они представлены в нашем современном понимании. По этим исследованиям были построены компьютерные базовые элементы, из которых и собиралась система доугун.

Аналогичная работа была проделана и с другими компонентами, из которых состоит беседка: колонны, стойки, стропила, черепица и т.п. Все эти элементы информационной модели здания играют самостоятельную роль, поэтому могут индивидуально специфицироваться и учитываться с отражением физического состояния (по результатам обследования) каждого из них.



Моделирование системы доугун и других элементов конструкции

Затем из указанных компонентов была собрана общая модель беседки.

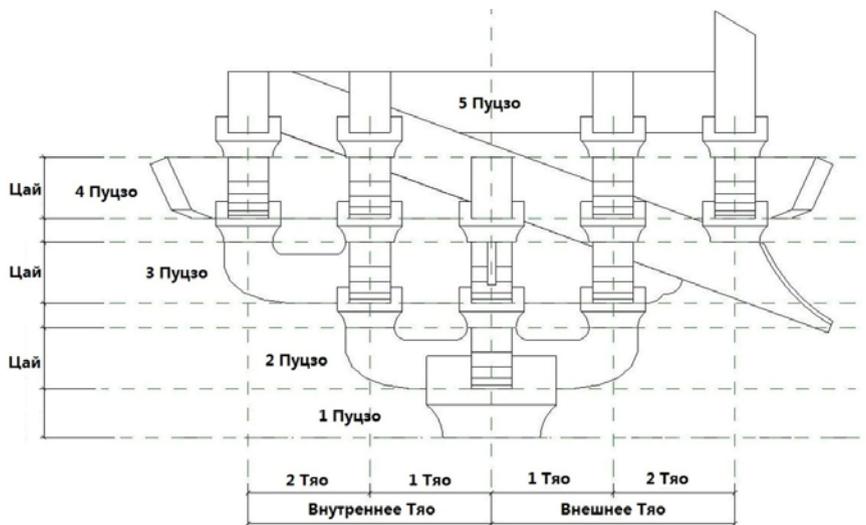


Общая модель беседки (тонируемые виды)

Проведенная работа показала, что технология BIM и конкретно программа Revit хорошо подходят для моделирования памятников архитектуры и исторических объектов, поэтому было решено более плотно заняться применением BIM к исследованию архитектурных сооружений Древнего Китая. Практически во всех серьезных сооружениях Среднего и Дальнего Востока использовалась система доугун, и моделирование в Revit мы начали именно с нее.

**Краткая справка по системе доугун.** Доугун (или доу-гун) – это консольная капитель, переходящая в карниз (в дословном переводе – «выступ», «карниз»); чрезвычайно важный элемент в древней китайской архитектуре (вообще в зодчестве буддийского Востока, Кореи, Японии). Главная задача доугуна – поддерживать вынос кровли здания, соединя опорные столбы и балки обвязки ярусов, а также передавать нагрузку от балок и крыши на колонну. Благодаря своему сложному составу такие элементы существенно снижали вероятность разрушения здания в результате сильного ветра или землетрясения.

Наибольшее развитие, доходящее до совершенства, доугуны получили в период эпохи Тан (618–907 гг.) и Сун (960–1279 гг.). В силу целого ряда причин такое развитие привело к высокому уровню стандартизации и унификации составляющих элементов (сейчас бы это назвали параметризацией и типоразмерами по ГОСТ), что позволило говорить о создании своеобразной *системы доугун*. Так появилось понятие *цай* – масштабной размерности, или модуля для соотношения элементов. Цай имеет 8 уровней, которые используются в зависимости от размеров здания. Были введены также величины: *тяо* – расстояние от главной до второстепенной оси и *пуцзо* – уровень вложенности элементов.



Пример сложного элемента системы доугун



Храм Шенмудянь (1102–1106) в монастыре Цзиньцы в провинции Шаньси – один из дошедших до нас деревянных памятников архитектуры, построенных с помощью системы доугун

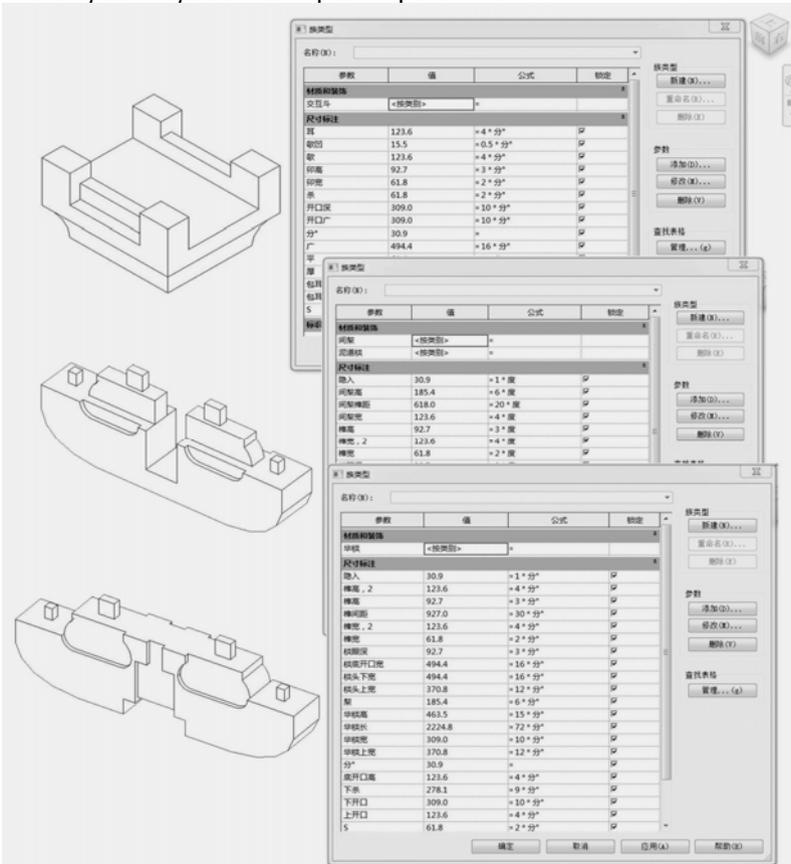
К началу XII в. система доугунов уже стала основой для определения размеров и пропорций зданий. Более того, на ней основано руководство по расчету прочности несущих конструкций.

Доугуны выполнялись преимущественно из дерева, хотя этот материал в Китае был весьма дефицитным. Последнее обстоятельство определило применение доугунов главным образом для дворцов и храмов и сделало их в дальнейшем престижными элементами здания.

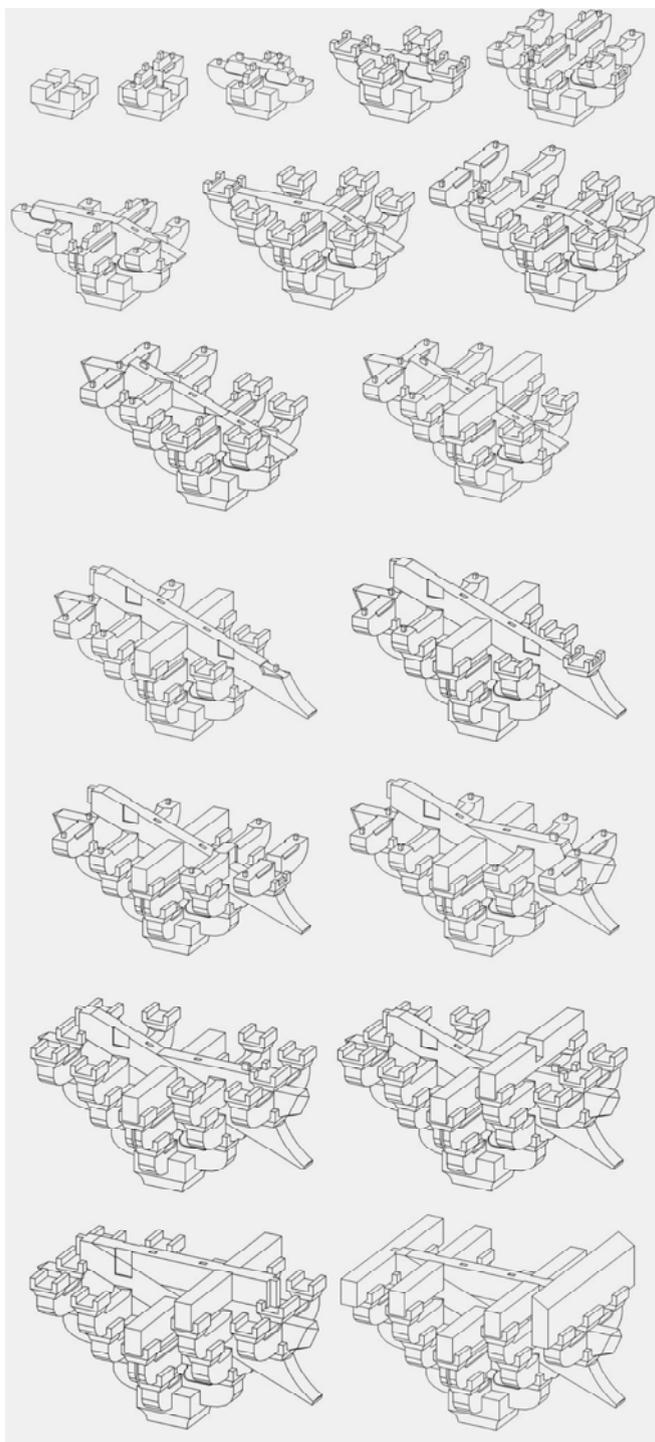
В более поздние периоды китайская архитектура была ориентирована уже на каменные и кирпичные постройки с черепичными крышами, но большинство элементов системы доугун из дерева перешло в эти новые материалы, сохраняя стиль и красоту, но частично потеряв функциональность. При этом система продолжала развиваться и совершенствоваться вплоть до начала XX в.

Сегодня доугуны – неотъемлемая часть практически всех архитектурных памятников Китая, а также модные элементы современного строительства.

**Создание библиотечных элементов в Revit.** Как уже отмечалось, за более чем трехтысячелетний период своего существования доугун по своей сути явил миру параметрическую систему базовых элементов, использующихся в *объектно-ориентированном* проектировании.



Некоторые из основных элементов доугун, реализованные в виде семейств Revit, с их таблицами параметров: цзао ху доу, ни дао гун и хуа гун



Процесс формирования консольной капители из базовых элементов системы доугун

Поэтому, следуя логике развития доугун, вполне естественным было наше желание:

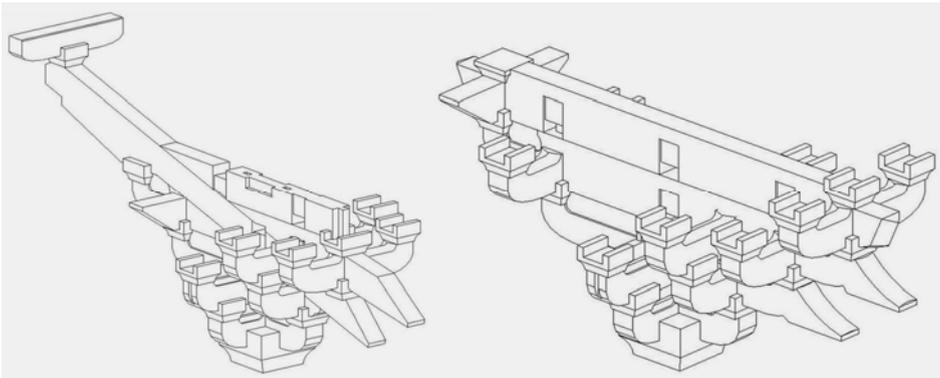
- сделать данную систему древнекитайского зодчества интегрированной в современную технологию BIM;
- создать задел для информационного моделирования с целью музеефикации, исследования и управления обслуживанием памятников древнекитайской архитектуры и даже шире – всего буддийского Востока;
- адаптировать систему доугун для современной проектно-строительной индустрии.

Фактически нам предстояло создать в Autodesk Revit библиотеку параметрических семейств, содержащую все (хотя бы основные) элементы системы доугун. И эта библиотека была создана.

На сегодняшний день проделана основная часть работы – создано более двухсот параметрических семейств элементов, пополнение библиотеки продолжается, и этот процесс, похоже, будет носить перманентный характер.

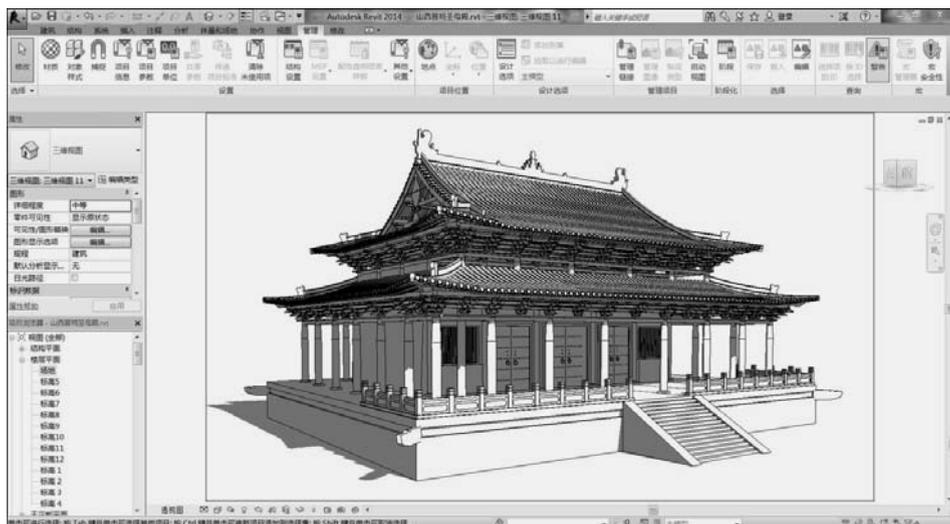
В процессе работы для получения целостной картины системы доугун автором было переработано много специальной литературы разных временных периодов. По понятным причинам основным языком, на котором выполнялась эта работа, стал китайский. Но библиотечные элементы можно напрямую использовать в любой локализованной версии Revit. Что касается перевода этой библиотеки на другие языки, например на русский, то эта работа выполнима, но она упирается в отсутствие утвержденного перевода многих терминов, так что можно просто использовать для названия элементов их китайское звучание.

**Моделирование памятника архитектуры.** Следующим шагом после создания библиотеки элементов была проверка этих параметрических семейств на практике. Для моделирования был выбран храм Шенмудянь – памятник деревянного зодчества, имеющий возраст более 900 лет. На выбор именно этого объекта повлияло и то обстоятельство, что при его создании использовались доугуны разных типов.



Различные типы доугунов на балках под нижней и верхней крышами

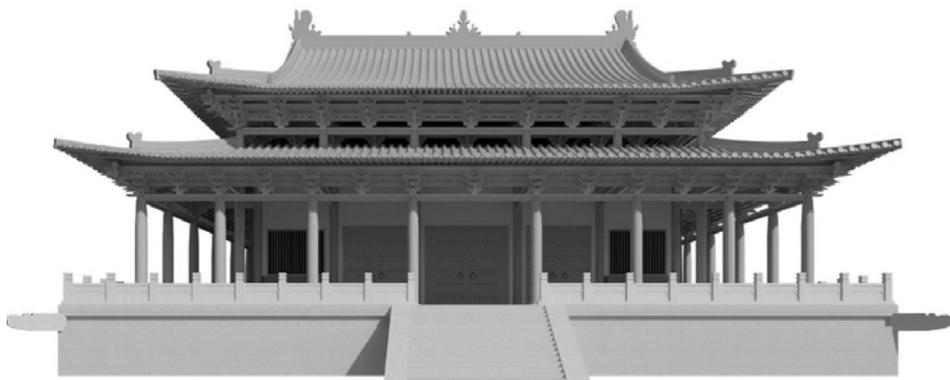
Естественно, храм состоит не только из доугунов, поэтому при его моделировании пришлось создавать семейства и других конструктивных элементов, что, впрочем, после работы с доугунами труда уже не представляет.



Модель храма Шенмудянь в интерфейсе Autodesk Revit 2014 (экстерьер)



Модель храма Шенмудянь в интерфейсе Autodesk Revit 2014 (фрагмент интерьера)



Визуализация модели, выполненная в том же Revit учетом используемых в здании материалов

**Вывод.** Средневековая культура Китая характеризуется как консервативная, мало подверженная изменениям. Это имело свои корни в конфуцианстве: «Человек должен жить так, как жили его предки». Любые новации, особенно пришедшие из других стран, не приживались. И только в эпохи Тан и Сун произошли изменения. Они стали возможны благодаря политическому объединению страны, оживлению внешней торговли, связанной с этим «открытостью» страны, интересу к чужим культурам, усвоению их лучших образцов. От этих династий осталось в архитектуре немного памятников. Их сохранение – трудная и актуальная задача. Для ее решения сегодня мы предлагаем использовать технологию BIM.

Компьютерные модели, выполненные по технологии BIM с помощью разработанной библиотеки элементов доугун, позволяют теперь моделировать практически любой памятник древнекитайской архитектуры. При этом подобная модель позволяет не только сделать все пространство памятника визуальным доступным, но и специфицировать компоненты строения с целью музейного учета, контроля состояния и управления эксплуатацией.

Не менее важной для поддержания культурных традиций и преемственности поколений является появившаяся благодаря разработанной библиотеке элементов технологическая возможность использовать методы и формы древнекитайского зодчества в современной архитектуре Китая<sup>1</sup>.

#### *Литература*

1. *Таланов В.В.* Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. М. : ДМК-пресс, 2011. 392 с.

*Zhang Guanying.* Chair of Architecture and Building Design, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin) (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: 249754217@qq.com

---

<sup>1</sup> Автор выражает благодарность компании Autodesk за программное обеспечение, бесплатно предоставленное для проведения исследований. Более подробно с работой можно познакомиться на форуме Autodesk University Russia 2013 (Москва 2–3 октября 2013 г.).

**BIM TECHNOLOGY AND MODELING OF SYSTEM DOUGONG FOR ARCHITECTURAL MONUMENTS OF ANCIENT CHINA**

**Key words:** BIM (building information modeling); museification; reconstruction and restoration of monuments of architecture; pavilion; system dougong; temple Shengmudian.

This article gives a brief history of ancient Chinese architecture of the Tang Dynasty and the Song Dynasty. During these periods in China mainly built of wood and structures remained very small, it makes especially urgent to develop models of existing buildings and structures today for subsequent reconstruction and restoration, and museification, and thus preserve the cultural heritage data epochs.

Traditions of wooden architecture of the Tang Dynasty had tremendous influence on all further construction in China. To create the model, we chose the gazebo in the monastery Huaishengsi in Guangzhou. This gazebo is located in the park of the monastery and has a memorial purpose: in the center is placed a memorial plaque with the history of the monastery. For choosing a computer program for modeling, it was decided to work in technology BIM, for not just repeat the geometry of the object, but also take into account the materials and their properties, as well as specify the components of the gazebo for monitoring.

Virtually all major structures of the Middle and Far East dougong system was used so that the modeling in Revit, we started it with it. Dougong system - the most important element in Chinese architecture. Its main tasks - to support removal of the roof of the building, connecting the supporting pillars and beams tying tiers, as well as transfer the load from the roof beams and at the column. Due to its complex structure such elements significantly reduced the probability of destruction of a building as a result of strong winds or earthquakes.

We present some of the main terms of dougong and show the formation of a system of individual parts dougong.

For the research, we first created libraries of basic elements of the system and more than 200 parametric families of dougong. To test these parametric families was chosen temple Shengmudian, which was build more than 900 years. It was important when created dougong were used by different types. For modeling the temple created not only dougong families, but other structural elements.

Computer models, which were made by using BIM technology developed library elements dougong, now allow to simulate almost any monument of ancient Chinese architecture. At the same time, such a model not only makes the whole space of the monument visually accessible, but also allows you to specify the components of the structure for the purpose of collection management, status monitoring and building control its operation.

*References*

1. *Talapov V.V.* Osnovy BIM. Vvedenie v informatsionnoe modelirovanie zdaniy. M.: DMK-press. 2011. 392 s.