

➤ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTODESK REVIT В МОДЕЛИРОВАНИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ КИТАЯ

В современном Китае BIM-технология все шире внедряется в проектно-строительную практику. Уже ведется разработка национального BIM-стандарта и готовится принятие решения об обязательности BIM для госзаказов. Поэтому применение информационного моделирования к памятникам архитектуры — вполне логично и хорошо укладывается в общее направление развития BIM-технологии в стране.

Начало работы

Обучаясь в аспирантуре, автор решил создать модель беседки в монастыре Ху-

айшэнсы, построенной в эпоху правления династии Тан (618-917 гг.). Известно, что в этот период в Китае строили в основном из дерева. Поэтому сооружений периода Тан сохранилось немного. Это делает особенно актуальной разработку моделей существующих сегодня зданий и сооружений той эпохи с целью их последующей реконструкции, реставрации и музеефикации, а значит сохранения культурного наследия этого периода.

Сначала немного истории. Время правления династии Тан было вершиной развития экономики и культуры феодального Китая. В этот период в строительстве зна-

чительно усовершенствовалась конструкция доугун (специальная система деревянных элементов, состоящая из балок и особых кронштейнов и 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 году трактате "Инцзаофаши" ("Методы архитектуры") эту структуру назвали "зал дворца".

Автор трактата "Методы архитектуры" Ли Минчжун собрал огромный фактический материал о строительстве и архитектуре Китая и сделал ценные обобщения.



Беседка в монастыре Хуайшэнсы (современная фотография)

ния, касающиеся вопросов деревянного зодчества. Эта работа считается одним из ранних классических трудов по китайской архитектуре.

Традиции деревянной архитектуры эпохи Тан оказали огромное влияние на все дальнейшее строительство в Китае, поэтому и сегодня им уделяется большое внимание. Выдающимся примером достижений китайских архитекторов того периода является монастырь Хуайшэнсы. Этот монастырь находится в городе

Гуанчжоу на юге Китая. Он также известен как Храм Льва, или Гуантасы. Его построили в начале правления династии Тан и это один из старейших исламских монастырей в мире и один из четырех древнейших монастырей в Китае.

История монастыря Хуайшэнсы чрезвычайно интересна. В 618-626 годах основатель ислама Мухаммед послал своих учеников в разные страны для миссионерской деятельности. Один из них, Абу Вангсуд, высадился в Гуанчжоу на мор-

ском шелковом пути и начал свою деятельность в Китае. С 627 по 649 годы Абу Вангсуд и приплывшие с ним арабы жили в Гуанчжоу и делали большие пожертвования на строительство монастыря с названием Хуайшэн в честь Мухаммеда. В монастыре есть голая цилиндрическая пагода, потому его еще называли Гуантасы, что значит пагода, дающая свет (в современном понимании это был маяк). В 1343 году монастырь был уничтожен пожаром, а через семь лет — реконструирован. В 1695 году его опять реконструировали, а после 1949 года было произведено три крупномасштабных ремонта, но здания монастыря в своей архитектуре в основном сохранили стиль периода династии Тан.

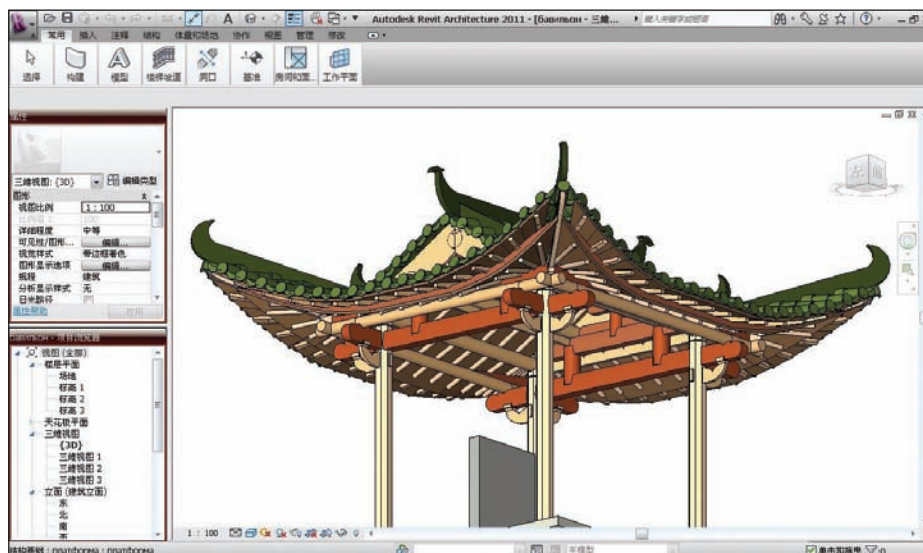
Беседка, модель которой мы создавали, находится в парке монастыря и имеет мемориальное значение: в ее центре размещена памятная доска, на которой изложена история монастыря. Первоначально беседка была построена из дерева, а платформа и базы колонн сооружены из камня. При последующей реконструкции деревянные колонны заменили на железобетонные.

Моделирование памятника архитектуры

При выборе компьютерной программы для моделирования мы решили работать в технологии BIM, позволяющей не просто повторить геометрию объекта, но и учитывать материалы, из которых построен объект, и их свойства, а также специфицировать составные части беседки для последующего мониторинга. В качестве основной программы для моделирования была избрана Revit Architecture компании Autodesk.

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

На первом этапе моделирования были проведены серьезные исследования для восстановления использовавшейся ранее в этой беседке системы элементов доугун (до наших дней они не сохранились, так как при реконструкциях были заменены на железобетон). Из-за отсутствия документов восстановить некоторые узлы с полной достоверностью пока не удалось, в модели они представлены в нашем современном понимании. На



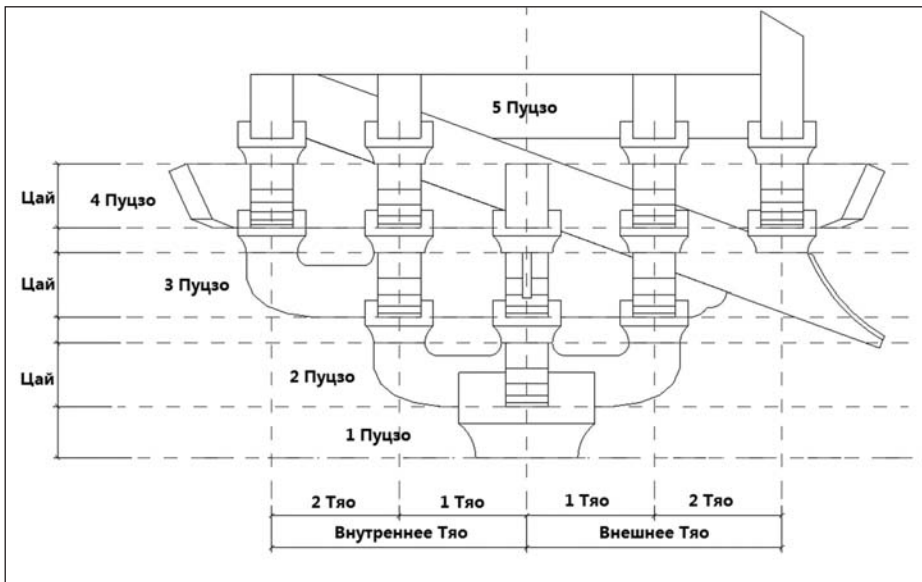
Моделирование беседки в программе Revit



Моделирование системы доугун и других элементов конструкции



Общая модель беседки (тонированные виды)



Пример сложного элемента системы доугун

основе этих исследований были построены компьютерные базовые элементы, из которых и собиралась система доугун. Аналогичная работа была проделана и с другими компонентами, из которых состоит беседка: колоннами, стойками, стропилами, черепицей и т.п. Все эти элементы информационной модели здания играют самостоятельную роль, поэтому могут специфицироваться и учитываться индивидуально с отражением физического состояния (по результатам обследования) каждого из них.

Затем из этих компонентов была собрана общая модель беседки.

Проведенная работа показала, что BIM-технология — и конкретно программа Revit — хорошо подходит для моделирования памятников архитектуры и исторических объектов. Поэтому было решено более широко использовать BIM-технологии для исследования архитектурных памятников Древнего Китая. А поскольку практически во всех серьезных сооружениях Среднего и Дальнего Востока применялась система доугун, то моделирование в Revit мы начали именно с нее.

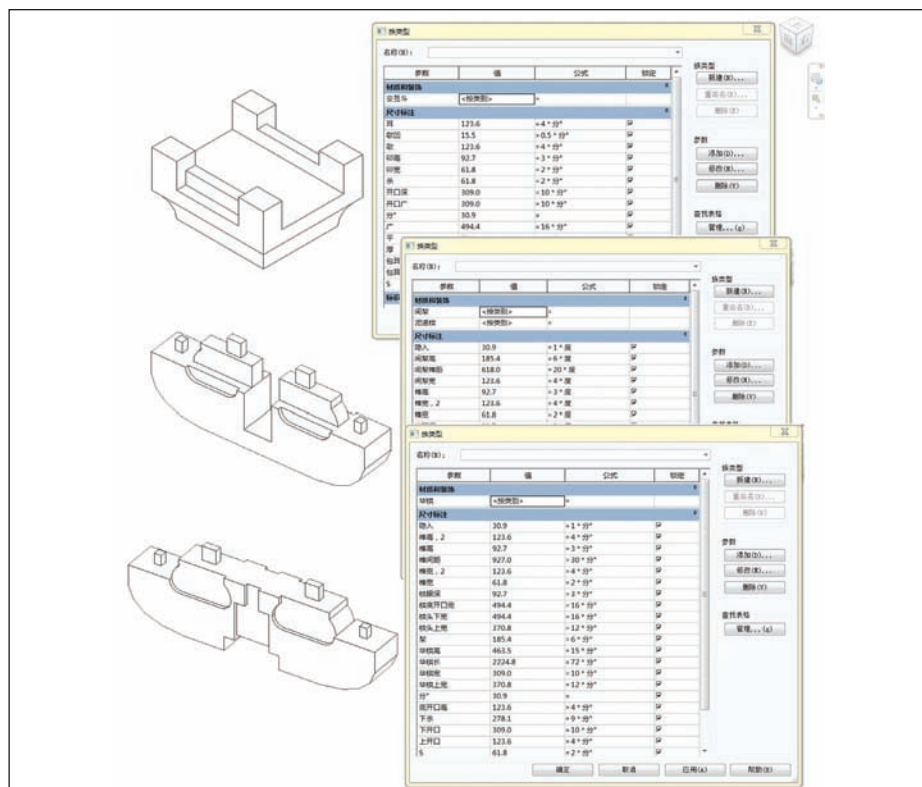
Краткая справка о системе доугун

Доугун (или доу-гун) — это консольная капитель, переходящая в карниз (в словесном переводе — "выступ", "карниз"). Это чрезвычайно важный элемент в древней китайской архитектуре (и вообще в зодчестве всего буддийского Востока, в том числе Кореи и Японии). Главная задача доугун — поддерживать вынос кровли здания, соединяя 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.

Наибольшего развития доугун достигла в эпохи Тан (618–907 гг.) и Сун (960–1279 гг.). В силу целого ряда причин это 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 восемь уровней, которые используются в зависимости от размеров здания. Были введены также величины *тяо* — расстояние от главной до второстепенной



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



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

оси, и *пуцзо* – уровень вложенности элементов.

К началу XII века система доугун уже стала своеобразным стандартом для определения размеров и пропорций зданий. Более того, на ее основе появилось руководство по расчету прочности несущих конструкций.

Элементы системы доугун выполнялись преимущественно из дерева, хотя этот материал считался в Китае весьма дефицитным. Последнее обстоятельство определило их применение главным образом при строительстве дворцов и храмов и сделало их в дальнейшем весьма престижными элементами здания.

В более поздние периоды китайская архитектура была ориентирована 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 века.

Сегодня система доугун – неотъемлемая часть практически всех архитектурных памятников Китая, а также модный элемент современного строительства.

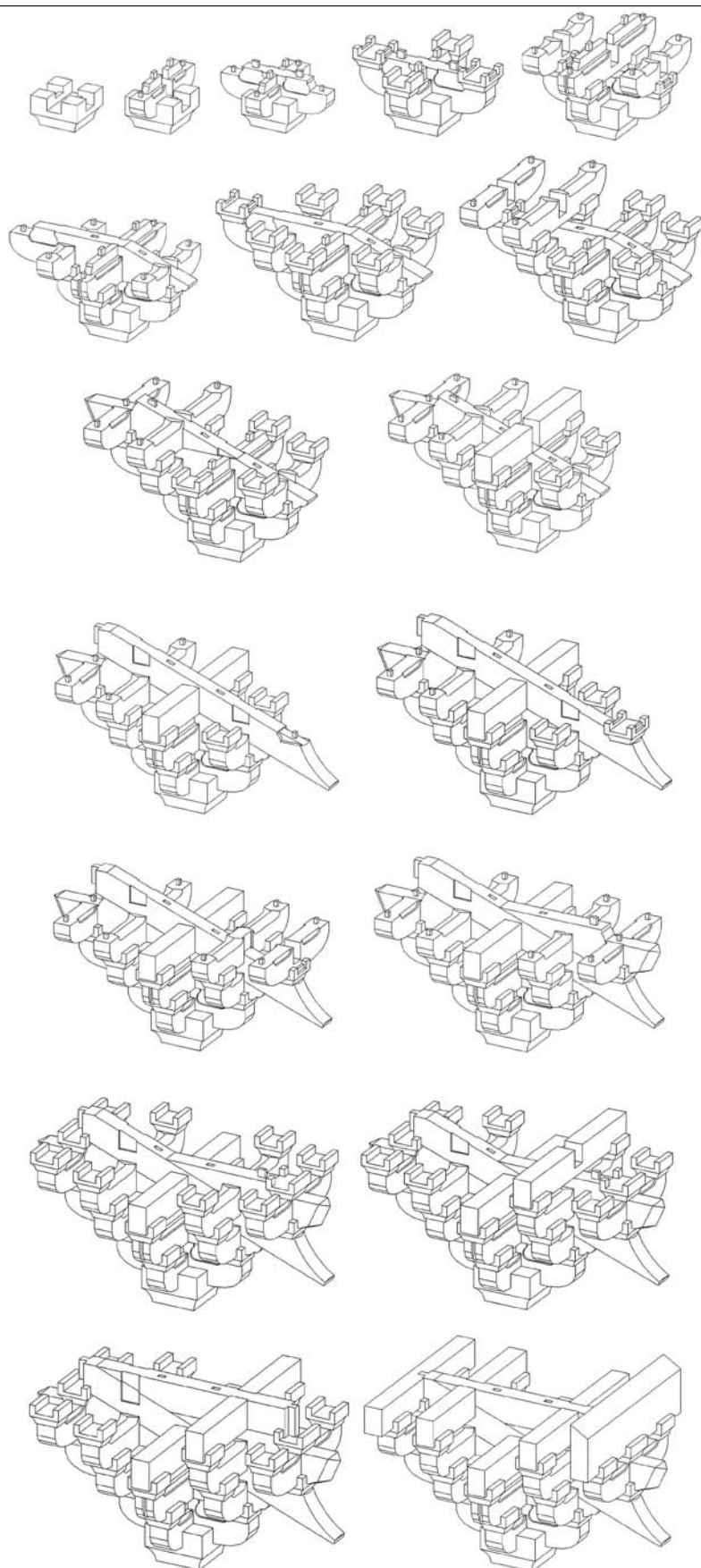
Создание библиотечных элементов в Revit

За более чем трехтысячелетний период своего существования доугун явила миру по сути параметрическую систему базовых элементов, используемых в *объектно-ориентированном проектировании*.

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

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

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



Процесс формирования консольной капители из базовых элементов системы доугун

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

Для получения целостного представления о системе доугун автор изучил много специальной литературы разных исторических периодов. По понятным причинам основным языком, на котором выполнялась эта работа, был китайский. Но библиотечные элементы можно напрямую использовать в любой локализованной версии Revit. Что касается перевода библиотеки на другие языки, например, на русский, то эта работа выполнима, однако все упирается в отсутствие утвержденного перевода многих терминов. Поэтому можно поступить так, как показано на рисунке, — просто использовать для элементов их китайские названия.

Моделирование памятника архитектуры

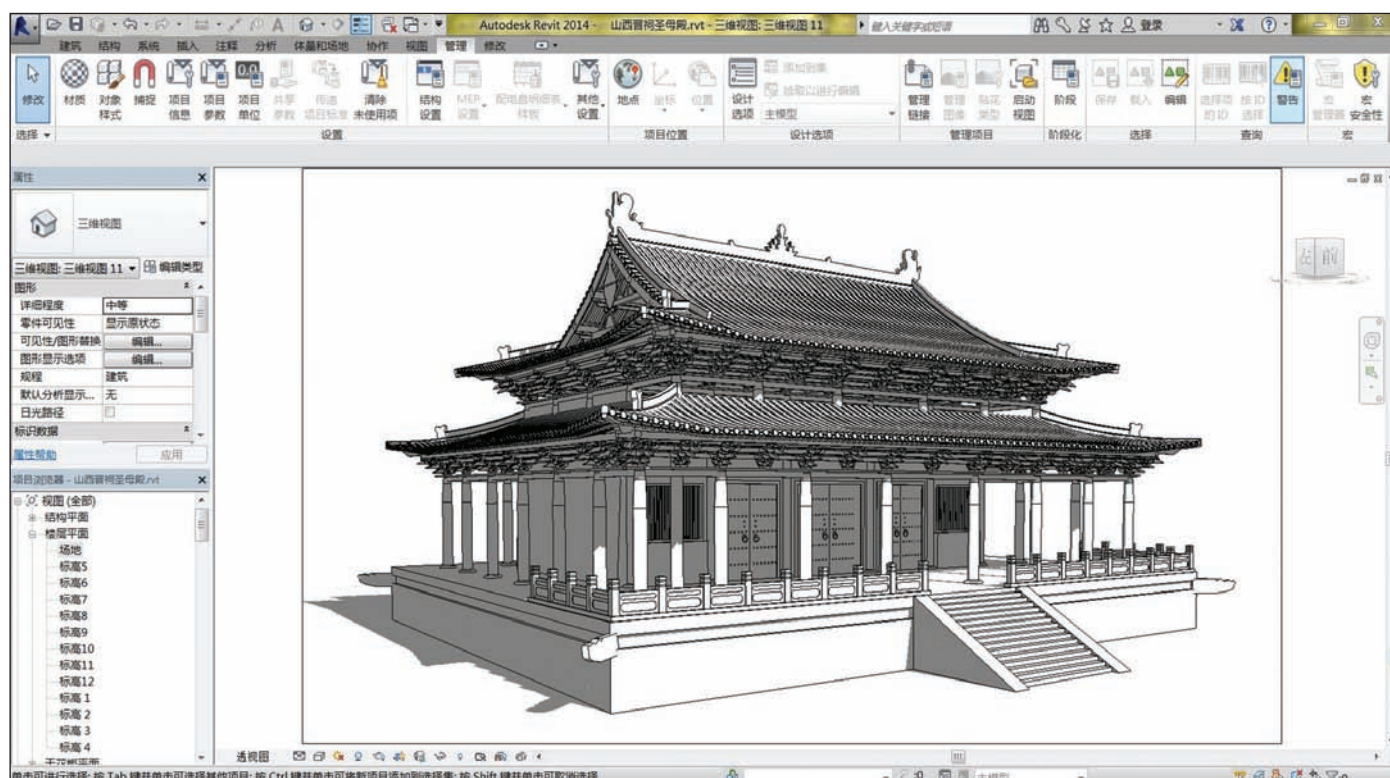
Следующим шагом после создания библиотеки элементов была проверка этих параметрических семейств на практике. Для моделирования был выбран храм Шенмудянь — памятник деревянного зодчества, которому более 900 лет. На выбор именно этого объекта повлияло и то обстоятельство, что при его создании использовались элементы системы доугун разных типов.

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

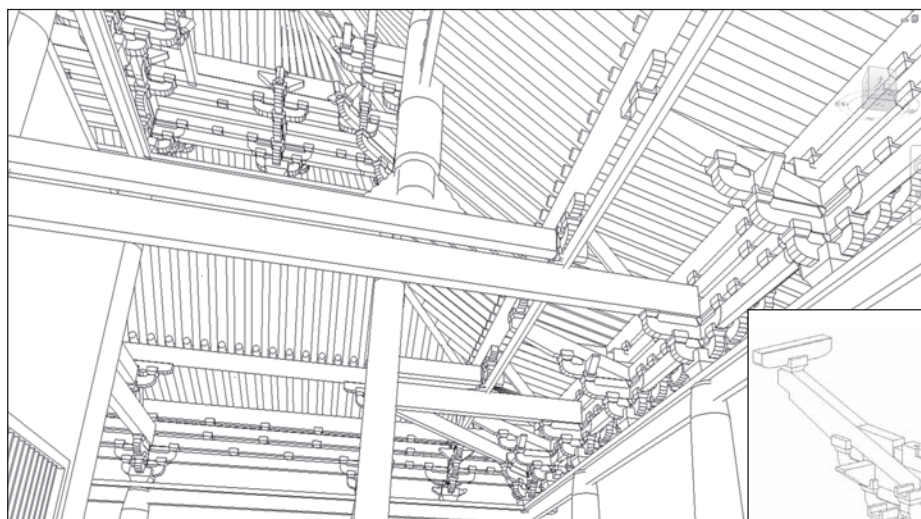
Компьютерная модель, выполненная на основе BIM-технологии, позволяет не только сделать все пространство здания визуальным доступным, но и специфицировать компоненты строения с целью музейного учета, контроля состояния и управления эксплуатацией.

В заключение автор хочет выразить благодарность компании Autodesk за программное обеспечение, которое она предоставила бесплатно для проведения исследований.

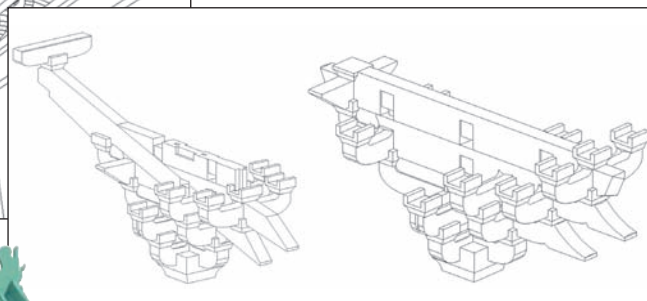
*Чжан Гуаньин (Zhang Guanying),
архитектор-реставратор*



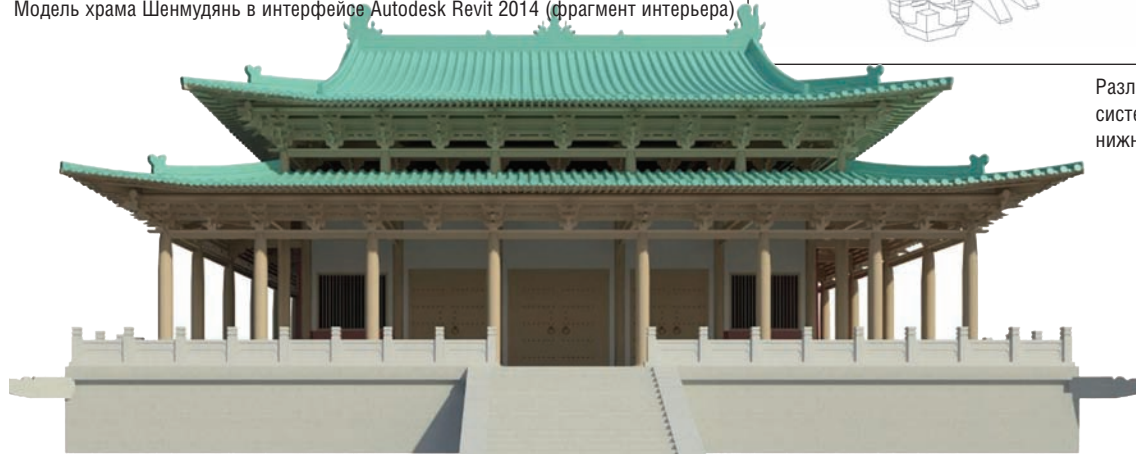
Модель храма Шенмудянь в интерфейсе Autodesk Revit 2014 (экстерьер)



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



Различные типы элементов системы доугун на балках под нижней и верхней крышами



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