

BIM И ПАМЯТНИКИ ДЕРЕВЯННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

BIM AND MONUMENTS OF WOODEN ARCHITECTURE

Козлова Татьяна Ивановна,

эксперт по компьютерному моделированию
компании «Интеграл»
E-mail: kozlik-85@mail.ru

Tatyana I. Kozlova

Куликова Софья Олеговна,

аспирант кафедры архитектурного проектирования зданий и сооружений Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин)
E-mail: s_sorena@mail.ru

Sofia O. Kulikova

Талапов Владимир Васильевич,

кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры архитектурного проектирования зданий и сооружений Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин)
E-mail: talapoff@yandex.ru

Vladimir V. Talapov

Чжан Гуаньин,

аспирант кафедры архитектурного проектирования зданий и сооружений Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин)
E-mail: 249754217@qq.com

Zhang Guanying

.....

Работа посвящена анализу предназначения и особенностям применения новейшей технологии информационного моделирования зданий (BIM) при работе с памятниками архитектуры. Технология BIM при её создании была нацелена прежде всего на проектно-строительную отрасль, но её применение в историко-архитектурной работе может принципиально изменить в сторону лучшего хранения и обработки огромных объемов информации и этом виде деятельности. Рассматриваются взаимоотношение компонентов информационной модели памятника архитектуры, особенности создания такой модели, необходимость и важность разработки библиотек элементов для исторических зданий. Особое внимание уделяется культурной связи через BIM прошлых эпох и современной архитектуры. Рассмотрены примеры использования BIM при моделировании памятников деревянного зодчества Сибири и Китая.

This article is devoted to the peculiarities of the application of the latest technology of building information modeling (BIM) for the architecture monuments. BIM technology for the design and construction industry, but its application in historical and architectural work can fundamentally change and this type of activity. The work deals with the relationship of the components of the information model of the monument, especially in the creation of this model, the necessity and importance of developing libraries of elements for historic buildings. Separate attention is paid to the cultural context, through BIM of past eras and modern architecture. Examples of the use of BIM in the simulation of monuments of wooden architecture of Siberia and China.

Ключевые слова: памятник архитектуры, памятники деревянной архитектуры, музей под открытым небом, информационное моделирование, BIM, Зашиверская церковь, доугун, Древний Китай.

Keywords: architectural monument, monuments of wooden architecture, open air museum, information modeling, BIM, Zashiver Charch, dougong, Ancient China.

В наше время технология BIM информационного моделирования зданий находит все большее применение¹, в том числе и при работе с памятниками деревянного зодчества.

1. ТЕХНОЛОГИЯ BIM — МОСТИК МЕЖДУ КУЛЬТУРАМИ РАЗНЫХ ЭПОХ

Любой памятник архитектуры — это фактически музейный экспонат, только находится он не в закрытом помещении со специальными условиями хранения, а под открытым небом, т. е. в агрессивной природной среде, да ещё и может довольно активно эксплуатироваться. И с этими факторами надо считаться, к ним надо приспосабливаться, ими надо научиться управлять. Альтернатива — мы можем остаться без памятников архитектуры вообще (рис. 1).

Существует наука о музеях — музеология, причем мировая история музеологии насчитывает уже более полутора веков. Для нас же эта наука довольно новая, хотя степени развития музейного дела и работы с памятниками истории и культуры определяют способность нации хранить свою историю и характеризуют культурный уровень страны в целом. Ввиду некоторых «особенностей» финансирования музеев и исторических исследований в нашей стране новейшие компьютерные технологии только сейчас, причем постепенно, начинают приходить в эту область научно-культурной деятельности, но, что очень радует, все они встречаются специалистами с большим энтузиазмом.

Информационное моделирование недвижимых объектов культурного наследия можно упрощенно охарактеризовать как новый подход к вопросу фиксации памятников. Хотя на самом деле BIM здесь дает намного больше.



Рис. 1. Богоявленская церковь в селе Полтога Вологодской области. Построена в 1773 г.
Фото 2014 г.

Фактически информационная модель становится местом и средством не только хранения сведений о памятнике, но и серьезным инструментом при исследовательской работе с этой информацией, а также в учебно-просветительской и коммуникационной деятельности. Эта модель также тесно связана с мониторингом состояния объекта и его возможным использованием (эксплуатацией)². Таким образом, информационная модель памятника архитектуры — это не просто его виртуальная копия, а «интеллектуальный контейнер» с взаимосвязанной информацией об объекте, причем объем этого контейнера практически не ограничен (рис. 2).

При этом надо помнить, что в современных условиях лучшей технологией получения реальной формы (геометрии) здания является лазерное сканирование, которое часто становится неотъемлемой частью процесса информационного моделирования памятника архитектуры.

При работе с памятниками архитектуры, особенно если они уже получили статус или становятся экспонатами музеев под открытым небом, появляется еще одна дополнительная задача — музеефикация, т. е. подробное описание этих памятников (вплоть до всех компонентов) с целью как научного исследования, так и поддержания в стабильном состоянии хранения.

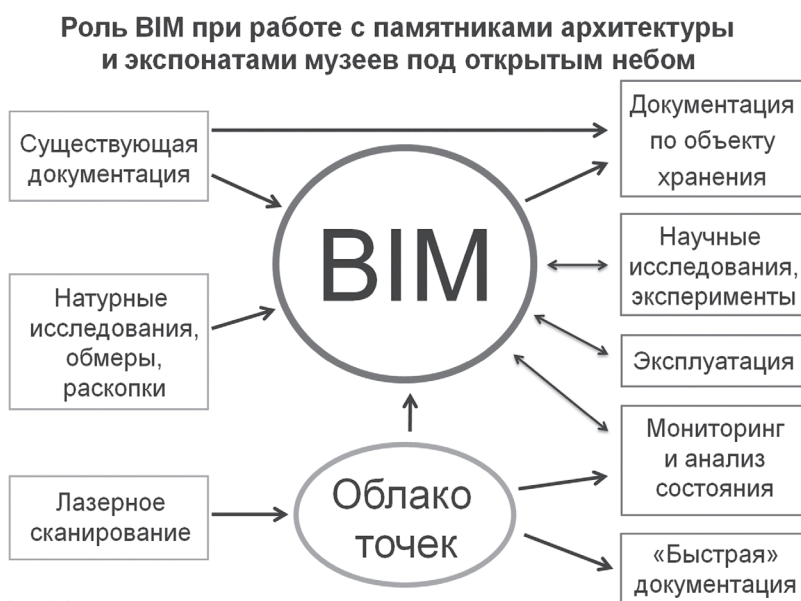


Рис. 2. Общая схема участия BIM в работе с историческими памятниками

В этом случае модель памятника архитектуры должна выстраиваться практически поэлементно («по бревнышкам») с подробным описанием свойств каждого такого элемента.

Более того, в дополнение к основным требованиям, предъявляемым к информационным моделям, для памятников истории и архитектуры появляется еще необходимость привязки к объекту целиком или его составным частям исторических документов и ресурсов. Такая добавочная информация может реализовываться либо через атрибуты элементов, либо через добавление в модель текстовых или 2D-документов, либо подключением ссылок на интернет-порталы.

Таким образом, по сложившейся терминологии информационная модель памятника архитектуры имеет полное право считаться гибридной, объединяющей как фактические геометрические и физические характеристики объекта, так и оцифрованные документально-исторические свидетельства.

При обсуждении роли BIM для исторических объектов очень важным будет и напоминание о том, что в этой области информационное моделирование в явном виде показывает свое «двойное предназначение»: при создании модели памятника архитектуры обязательно появляются библиотечные элементы, которые затем могут использоваться и в современном проектировании и строительстве. А это дает возможность с гораздо меньшими усилиями объединять стили разных эпох в едином временном промежутке современного строительства.

Благодаря этому BIM становится уникальным технологическим мостиком между культурой прежних веков и нашей жизнью. Раньше такого сильного инструмента в руках архитекторов и историков не было.

Дальше будут приведены примеры конкретных работ, выполненных за последние несколько лет в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете (Сибстрин) в рамках

аспирантских исследований по тематике применения BIM к памятникам архитектуры.

2. МОДЕЛЬ ЗАШИВЕРСКОЙ ЦЕРКВИ

Эта работа, первоначально, осуществленная Татьяной Козловой³ и продолжающаяся по настоящее время, явилась основанием большого цикла наших исследований по применению BIM к историческим архитектурным сооружениям и методике информационного моделирования памятников деревянного зодчества. Несомненно, требования, предъявляемые к компьютерной реконструкции (моделированию) таких уникальных объектов, предполагают индивидуальный подход к моделированию в каждом конкретном случае. И все же существуют общие правила и методики, которые мы также попытались определить, работая с конкретным сооружением.

В качестве непосредственного объекта для моделирования была взята находящаяся ныне в музее под Новосибирском Спасская церковь Нерукотворного образа из Зашиверского острога. Сегодня Зашиверская церковь — единственный сохранившийся в Сибири пример подлинной архитектуры шатровых церквей Московской Руси.

Информационная модель церкви создавалась по нашей инициативе для дальнейшего использования при исследовании объекта, а также для выполнения текущих работ по ее содержанию, реставрации и реконструкции. Поэтому главной целью моделирования стало не стремление к максимально реалистичному изображению модели и ее элементов (визуализации «до каждого

сучка»), а в первую очередь разработка конструктивно и содержательно достоверного электронного «дубликата» памятника архитектуры. При этом максимальная реалистичность модели здания тоже достигалась, но она становилась одним из многих результатов проделанной работы — создания информационной модели Зашиверской церкви.

Другими словами, в полном соответствии с концепцией BIM готовая модель должна содержать не только комплексную исследовательскую информацию об архитектурно-художественных особенностях объекта, но и его количественные характеристики, описывающие состояние здания вплоть до каждого конкретного элемента и допускающие возможность их всестороннего наполнения с последующей корректировкой в результате регулярно проводимых обследований.

Краткая история памятника архитектуры

В 1639 г., когда енисейский казак Постник Иванов с отрядом служилых людей достиг реки Индигирки, там появилось поселение Зашиверск, ставшее форпостом освоения русскими первопроходцами всего Индигирского региона.

В 1700 г. в остроге была сооружена церковь, которая стала центром распространения христианства на северо-востоке Сибири. Просто непостижимо, но она дожила до наших дней в своем практически первозданном виде, и теперь по ней воочию можно судить о традиционных чертах и особенностях русской деревянной архитектуры, дошедшей 300 лет назад до бескрайней Сибири (рис. 3).

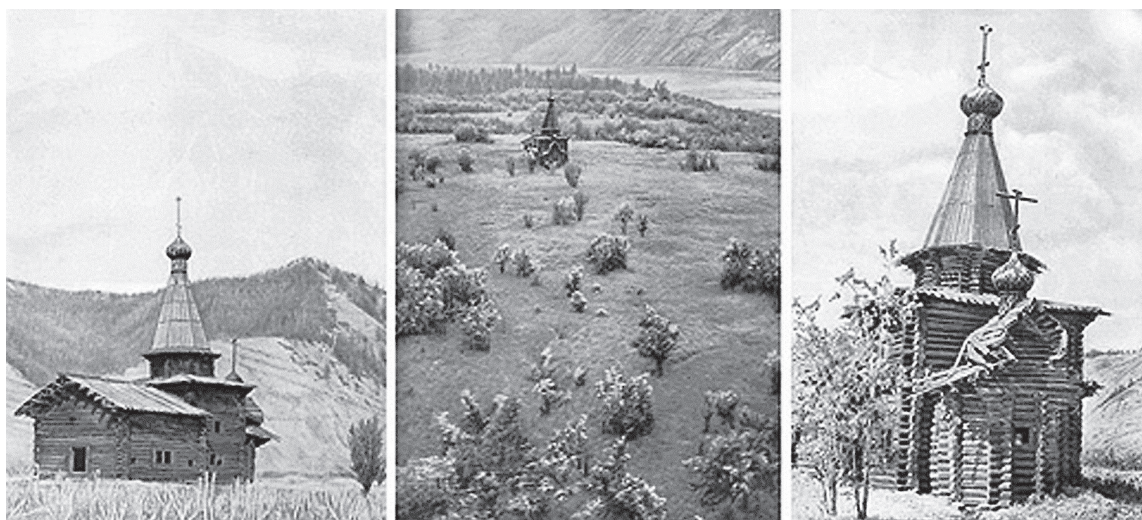


Рис. 3. Деревянная церковь Зашиверского острога на своем первоначальном месте. Сейчас трудно предположить, что когда-то вокруг был целый город. Затем город исчез (переехал), но церковь никто не тронул. Фото 1969 г.

В результате целого ряда причин с 1880-х гг. Зашиверск перестал быть населенным пунктом, там осталась лишь одна церковь⁴. Но в связи с большой отдаленностью и трудной доступностью, а также отсутствием точных сведений о сохранности памятника Зашиверская церковь с тех пор была в забвении и не подвергалась ни разрушениям, характерным для советской эпохи, ни реставрации — все про нее забыли. Это, собственно, и позволило сохранить храму первозданный вид.



В 1969 г. Сибирским отделением Академии наук СССР была организована небольшая историко-архитектурная экспедиция в Якутию под руководством академика А. П. Окладникова. Главным объектом ее исследования наконец стала чудом уцелевшая Зашиверская церковь (рис. 4).

Сотрудники экспедиции произвели тщательные обмеры сооружения и зафиксировали их в чертежах, сделали зарисовки и провели детальные обследования этого памятника.



Рис. 4. Участники первой экспедиции на территории Зашиверска. 1969 г.

Попутно они произвели частичные раскопки на территории бывшего острога. В результате были прослежены основания стен и башен острога, а также собран вещественный археологический материал, позволивший восстановить некоторые бытовые черты жизни Зашиверска в первой половине XVIII в.

После первой экспедиции перед специалистами встала ответственная и сложная задача по сохранению этого уникального памятника для будущих поколений. И в 1971 г. в Зашиверск была направлена вторая экспедиция. Ее задачей было разобрать деревянную церковь, а затем доставить ее на новое место в Академгородке. Также были произведены дополнительные археологические раскопки на территории острога. Разобранное здание церкви в том же году было доставлено в Новосибирск (рис. 5).

В 1983 г., после долгого хранения, начались работы по реставрации церкви уже на новом месте в Академгородке, в ходе которых была произведена рубка нижних венцов подклета из сосновых бревен в соответствии с существующими венцами, сборка церкви и установка ее на бутовые камни с учетом единой проектной отметки, восстановлены утраченные бревна и элементы покрытий, шатра и главок, а также воссоздана отсутствовавшая на тот момент у памятника боковая галерея (рис. 6).

В дальнейшем уже в музее предполагается реконструкция интерьера церкви и воссоздание плановых размеров территории Зашиверского острога.

Создание информационной модели исторического памятника

К началу работы по моделированию Зашиверской церкви в 2010 г. у нас уже был определенный опыт применения технологии BIM к памятникам архитектуры, в основном каменным⁵. Однако вся описанная выше история этого сооружения, включая ее появление, существование и переезд, а также планы по дальнейшему использованию, показывали, что надо создавать не просто модель здания, а информационную модель объекта музейного хранения. Точнее, информационную модель здания и объекта хранения одновременно.

Такое понимание главным образом и определило методику моделирования. Пришлось отбросить те применявшиеся нами ранее для памятников каменной архитектуры подходы, которые больше подходили для возведения (проектирования) зданий, и рассматривать это сооружение двояко: и как единое здание, и как «множество элементов» — набор должным образом расположенных маркированных бревен, брусков и досок, из которых оно было собрано.

Маркировка производилась в соответствии с уже имевшимися маркировочными чертежами, выполненными второй экспедицией, и проекта реставрации здания 1981 г., содержащем новые вставки⁶. Причем эти два совершенно разных подхода



Рис. 5. Разборка Зашиверской церкви. 1971 г.

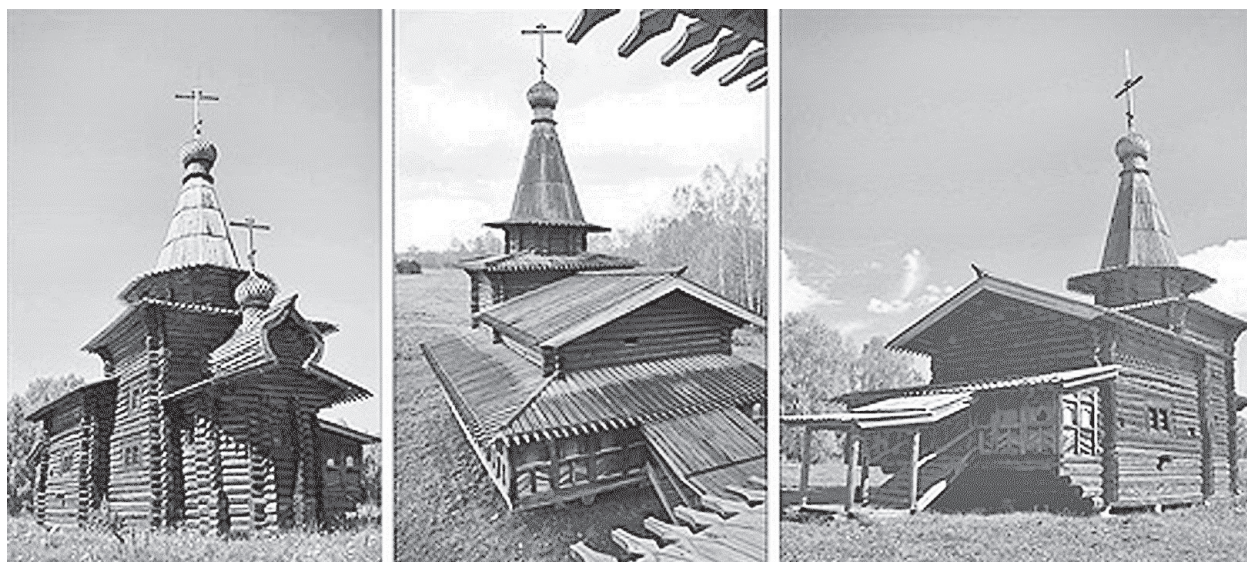


Рис. 6. Современный вид Зашиверской церкви
в Музее под открытым небом Института археологии и этнографии СО РАН



Одной из проблем, традиционно возникающих при моделировании памятников архитектуры, являются единицы измерения, с которыми работают BIM-программы, а они работают в миллиметрах. Однако до XIX в. здания в миллиметрах не строили, единицами измерений в древнерус-

ском зодчестве были различные виды сажений. В нашем случае за модуль была принята $\frac{1}{2}$ церковной сажени (1 сажень = 186,4 см), по которой и создавались уровни для привязки к ним каждого из венцов бревен и архитектурных элементов (рис. 8).

Итак, при моделировании был полностью повторен путь сборки памятника на месте хранения после его перевозки из Якутии. В частности, заложенная в модели этапность соответствует очередности произведенных реставрационных работ по сборке памятника в точности до каждого бревна и элемента (рис. 9).

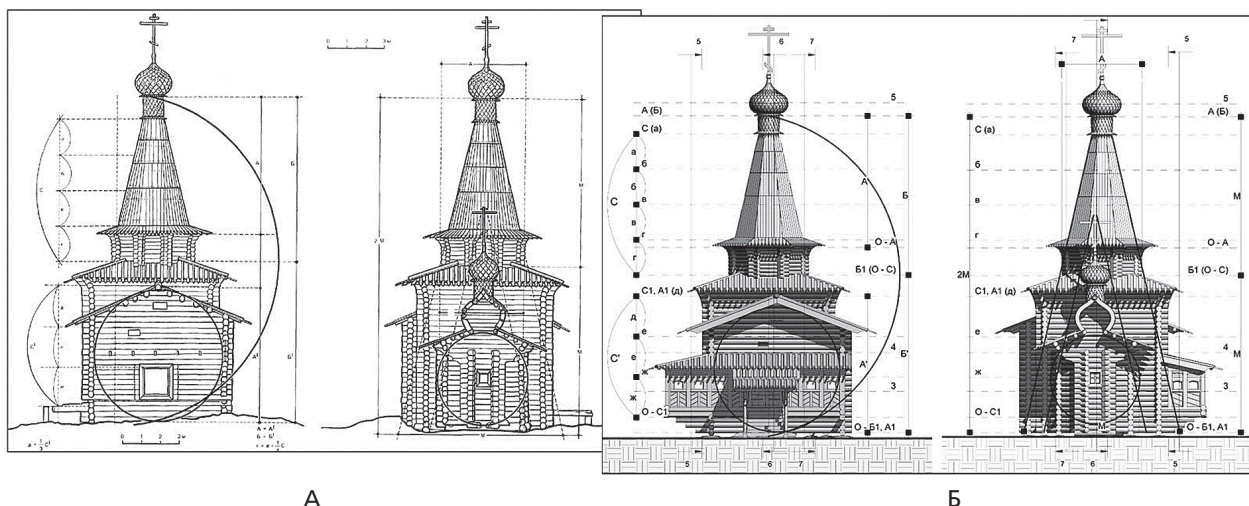


Рис. 8. А — пропорциональный анализ западного и восточного фасадов церкви, выполненный Е. А. Ащепковым в 1969 г.; Б — пропорции модели

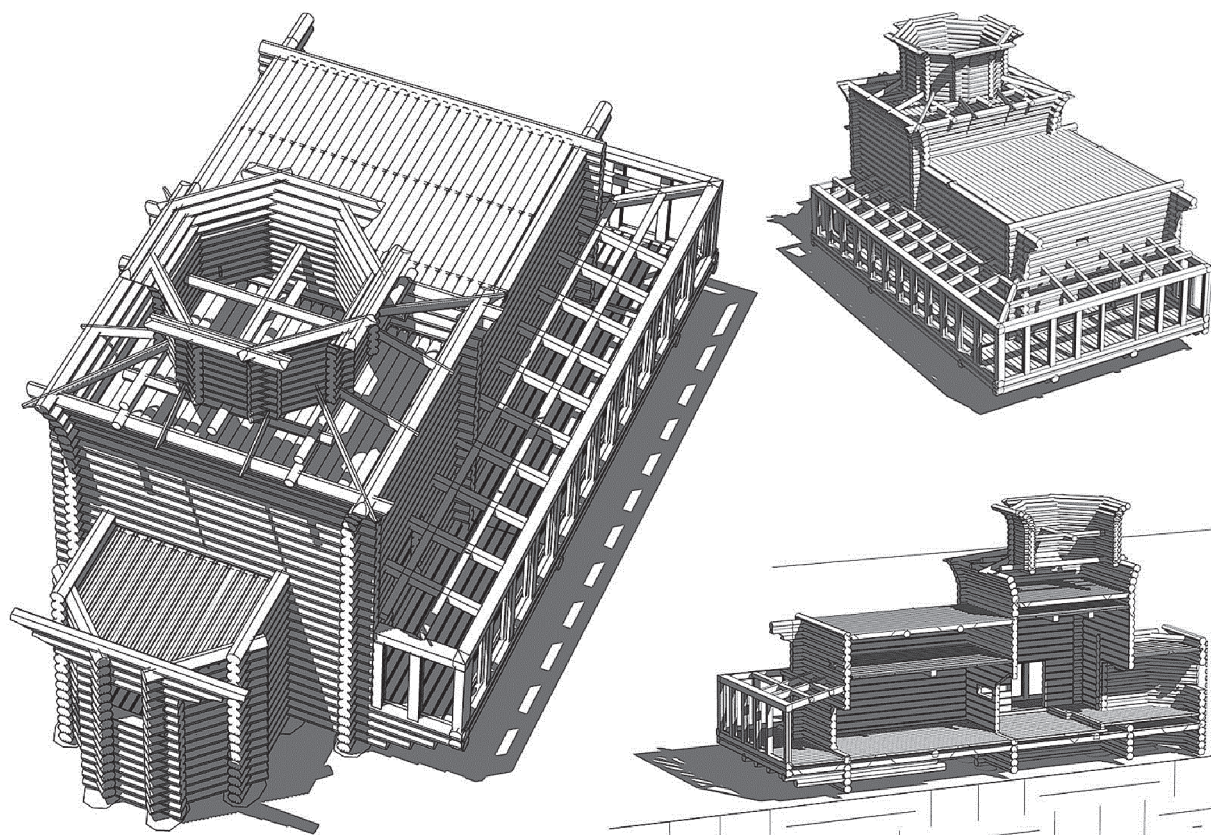


Рис. 9. Конструктивные виды сруба церкви с установленным восьмимериком

Для создания окон и дверей использовались разработанные заранее на основе обмеров библиотечные элементы, которые связывались с фрагментами окружающего декора. Таким образом, напри-

мер, при установке окна одновременно в модель вносятся и связанные с ним подоконники, наличники, облицовка проемов, другие элементы крепления и отделки (рис. 10).

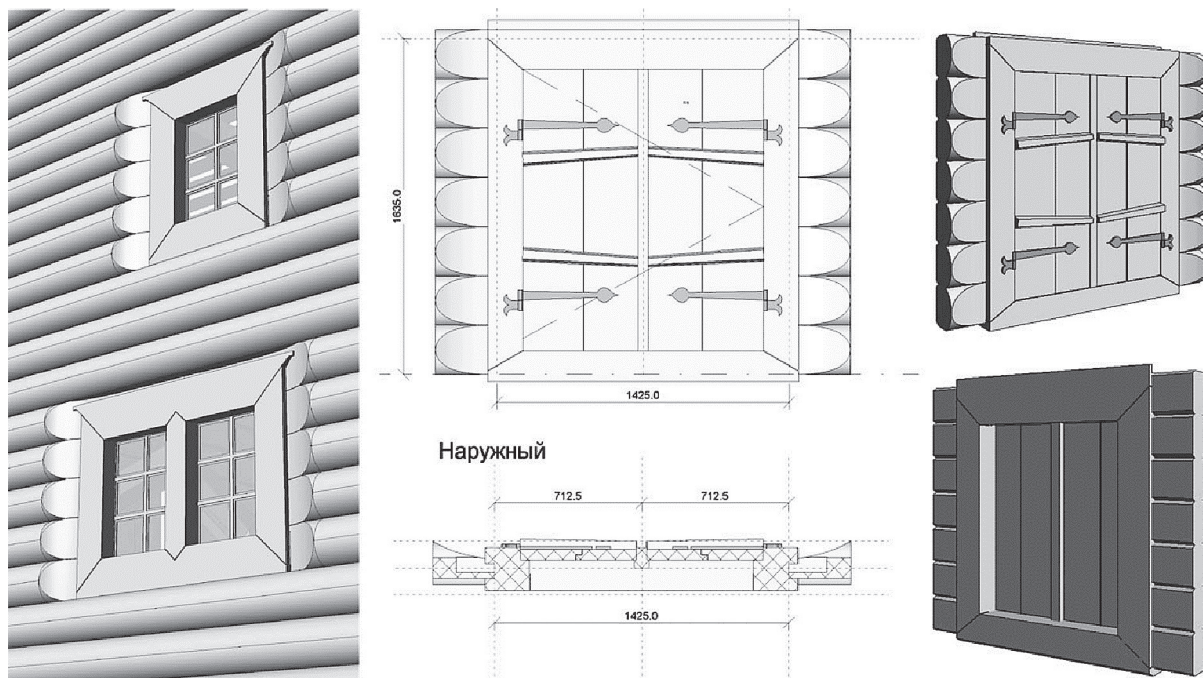


Рис. 10. Библиотечные элементы окон и дверей, созданные для модели Зашиверской церкви

Моделирование главков и шеек с крестами шатра и алтарного прируба было определено как отдельный этап работ, к которому пришлось подойти особенно скрупулезно. Во-первых, необходимо было все сделать конструктивно правильно (хотя это замечание относится и ко всей модели). Во-вторых, эта часть модели получилась самой сложной из-за особенно большого числа декоративных элементов (рис. 11).

Выполненное поэтапно моделирование процесса реставрационных работ и полученная при этом модель дают возможность не только отслеживать и управлять изменениями состояния конструкций, множеством связей и отношений в модели, но также проектировать дальнейшие работы с объектом и комплексно управлять их ходом (рис. 12).

Проведенная работа показала, что моделирование памятников архитектуры с использованием технологии BIM — задача вполне выполнимая, а получающиеся при этом модели весьма удобны для хранения, обновления и использования актуальной и исторической информации об объекте. Даже с учетом того обстоятельства, что современные программы информационного моделирования не рассчитаны первоначально на работу с такими объектами, а больше приспособлены к проектированию новых зданий и сооружений.

Также становится понятным, что эффективное информационное моделирование исторических зданий уже сегодня должно иметь как минимум две разные методики работы, которые условно можно назвать «традиционной» (главным образом для кирпичных и каменных зданий) и «дискретной» (для деревянных и других «разборных» сооружений). Выбор и применение этих методик зависят прежде всего как от характера решаемых задач, так и от самого памятника архитектуры и технологии работы с ним (особенностей его обслуживания и хранения).

Применение «традиционной» методики моделирования весьма близко к обычному проектированию. «Дискретная» же методика является более сложной и ресурсоемкой, но дает лучшие результаты, позволяя индивидуально отслеживать каждый составной элемент здания.

Новое строительство

Модели Зашиверской церкви крупно повезло — практически сразу после создания основной части она стала своеобразным «культурным мостиком» между эпохами. Дело в том, что примерно в то же время, когда шли наши опыты по моделированию, в Новосибирске началось строительство

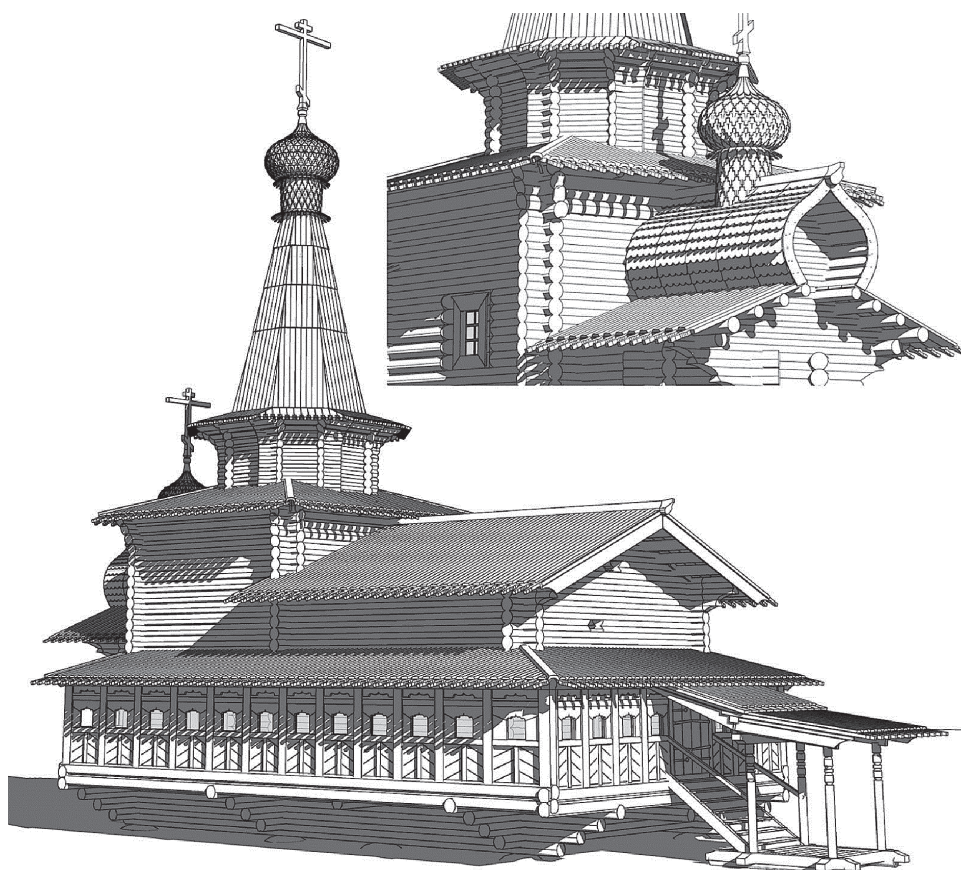


Рис. 11. Общий вид модели Зашиверской церкви

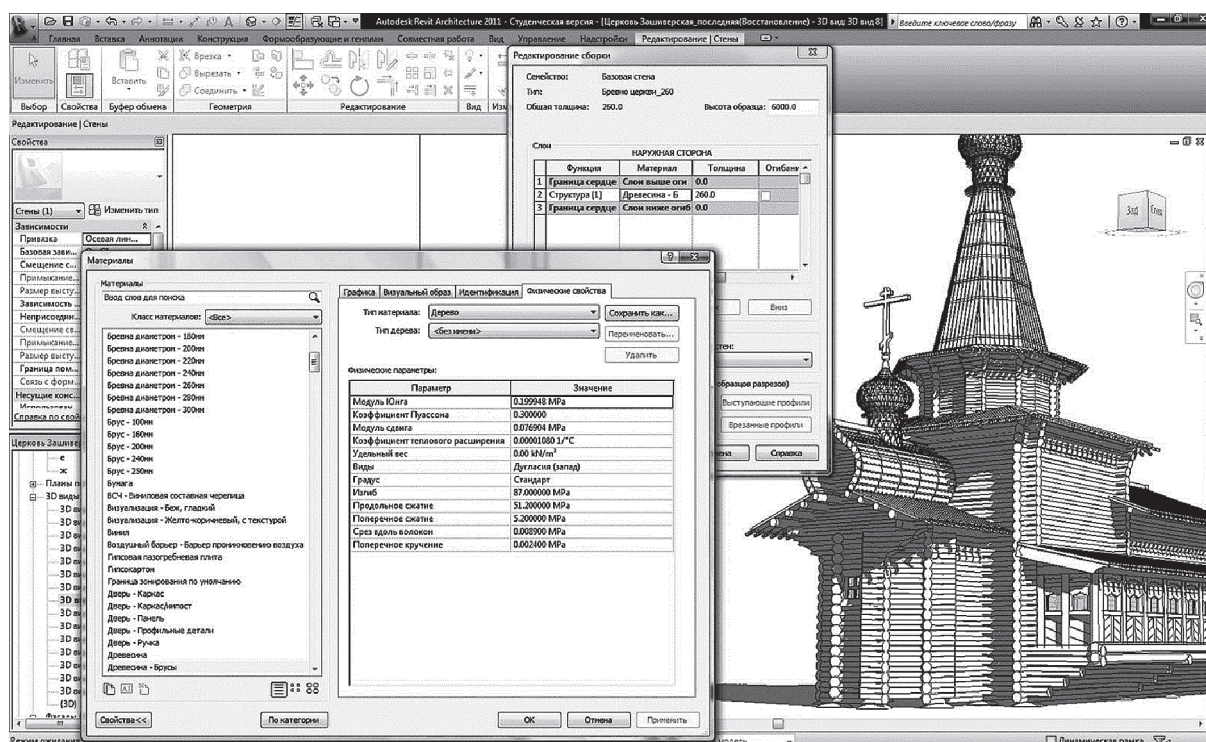


Рис. 12. Таблица свойств материалов для каждого элемента модели Зашиверской церкви, в которую заносятся данные натурных обследований

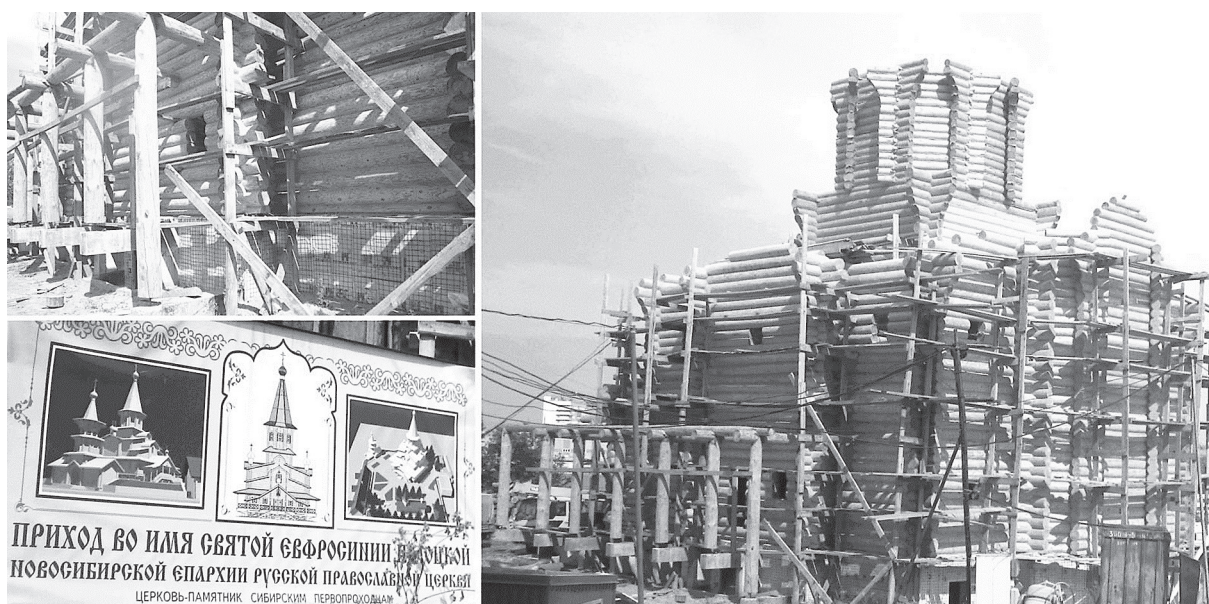


Рис. 13. Строительство церкви-памятника сибирским первопроходцам.
Новосибирск. 2014 г.

деревянной церкви в честь Иконы Спаса Нерукотворного образа, которая по замыслу авторов должна стать церковью-памятником сибирским первопроходцам. Вполне естественно, что многие ее внешние формы, хотя и в других пропорциях и размерах, были позаимствованы у Зашиверской церкви (рис. 13).

Но информационная модель Зашиверской церкви стала не только источником стиливых элементов для нового храма. С ее помощью (после некото-

рой доработки) был проведен анализа конструкций устройства шатровой части новостройки для последующего ее воспроизведения строителями. Результатом проведенной работы стала также возможность наглядного представления стыковки брёвен в прочную самонесущую конструкцию, что оказалось весьма полезным для работающих на возведении церкви строителей-добровольцев, не имеющих должного опыта создания деревянных объектов (рис. 14).

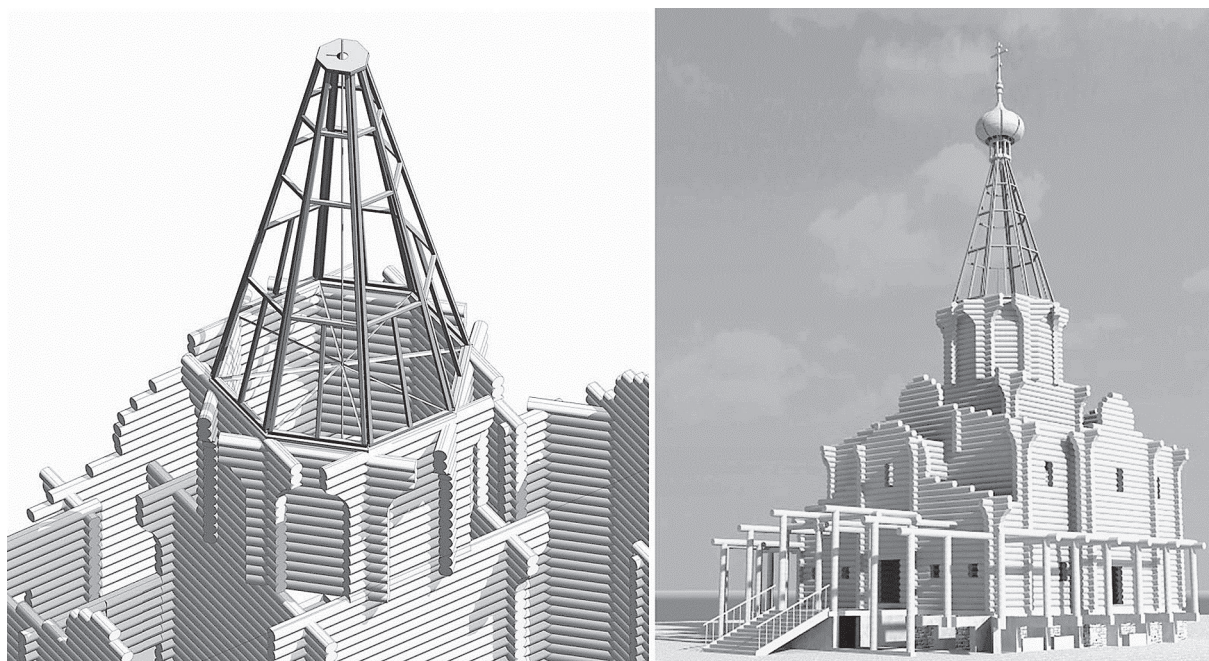


Рис. 14. Модель металлического каркаса купола строящейся церкви

3. «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ» ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА

Итак, применение «дискретной» методики моделирования памятников деревянной архитектуры является предпочтительным, поскольку позволяет индивидуально отслеживать каждый составной элемент здания. Но такое моделирование «штучно», оно довольно сложно и ресурсоемко, что затрудняет его использование при большом объеме работы. Однако в России за ее многовековую историю деревянное зодчество было доминирующим, так что при исследовании памят-

ников архитектуры неизбежно встает задача повышения технологичности информационного моделирования деревянных сооружений, которые кроме конструктивных имеют еще массу временных и географических особенностей.

Поскольку все деревянные строения имеют в своей основе некоторый протяженный элемент, называемый в народе «бревном», то решение задачи повышения технологичности моделирования предполагает создание библиотеки многопараметрических («интеллектуальных») бревен, наиболее подходящих для тех или иных конструктивных ситуаций и позволяющих быстро получать конкретный деревянный элемент памятника архитектуры (рис. 15).

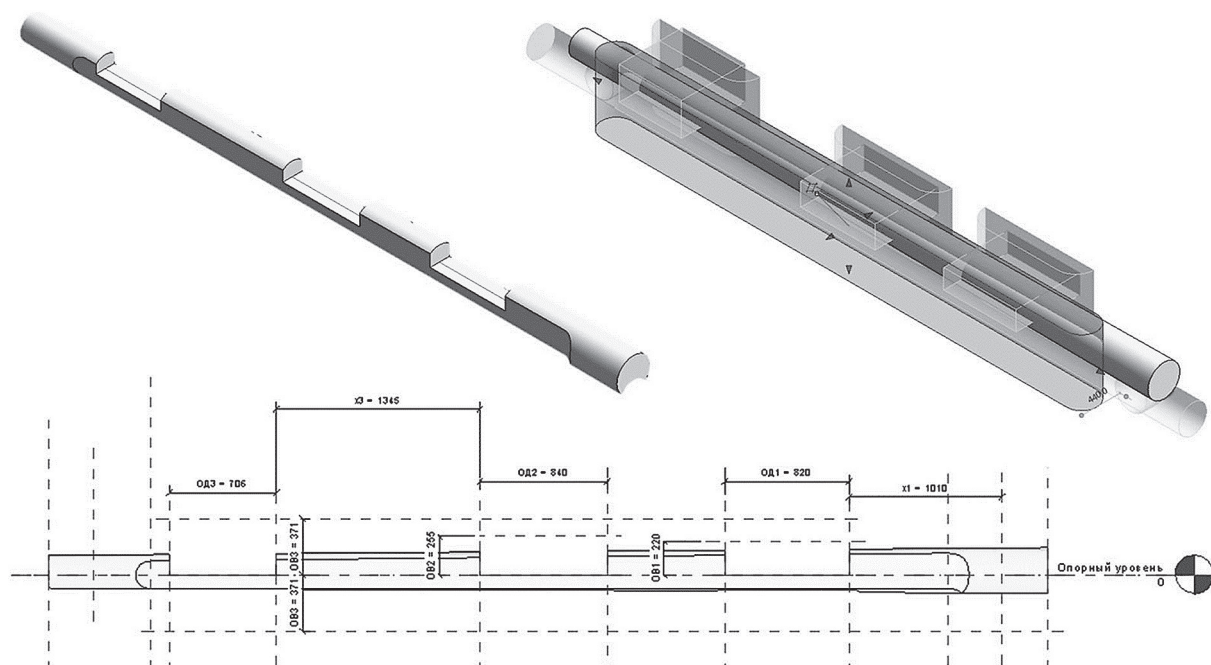


Рис. 15. Создание многопараметрического «библиотечного бревна»

Конечно, было бы весьма заманчиво просто создать одно «интеллектуальное» бревно, в которое затем вводить в качестве параметров диаметры на концах, геометрию сечения, размеры и положение всевозможных врезок, другие характеристики, и получать итоговый элемент правильной геометрии.

Но пользоваться таким «умным» элементом, рассчитанным на все случаи жизни, было бы крайне неудобно. Более разумным представляется создать библиотеку специализированных «интеллектуальных» элементов. Но для этого надо основательно изучить технологию самого деревянного строительства в России в разные периоды, а также определить разумный уровень этой самой специализации (рис. 16).

Задача большая, но ее решением смело занялась Софья Куликова⁷. При этом надо отметить, что проблема, требующая для своего решения наличия «интеллектуальной» библиотеки элементов, уже давно встала «в полный рост». Например, при массовой обработке через моделирование сохранённой информации о деревянных постройках из зоны затопления Богучанской ГЭС.

Краткая историческая справка

Деревянное зодчество Восточной Сибири представляет собой огромный пласт архитектурно-исторического наследия, хранящего традиции и отражающего народную культуру России, и исследования этого удивительного региона в разное

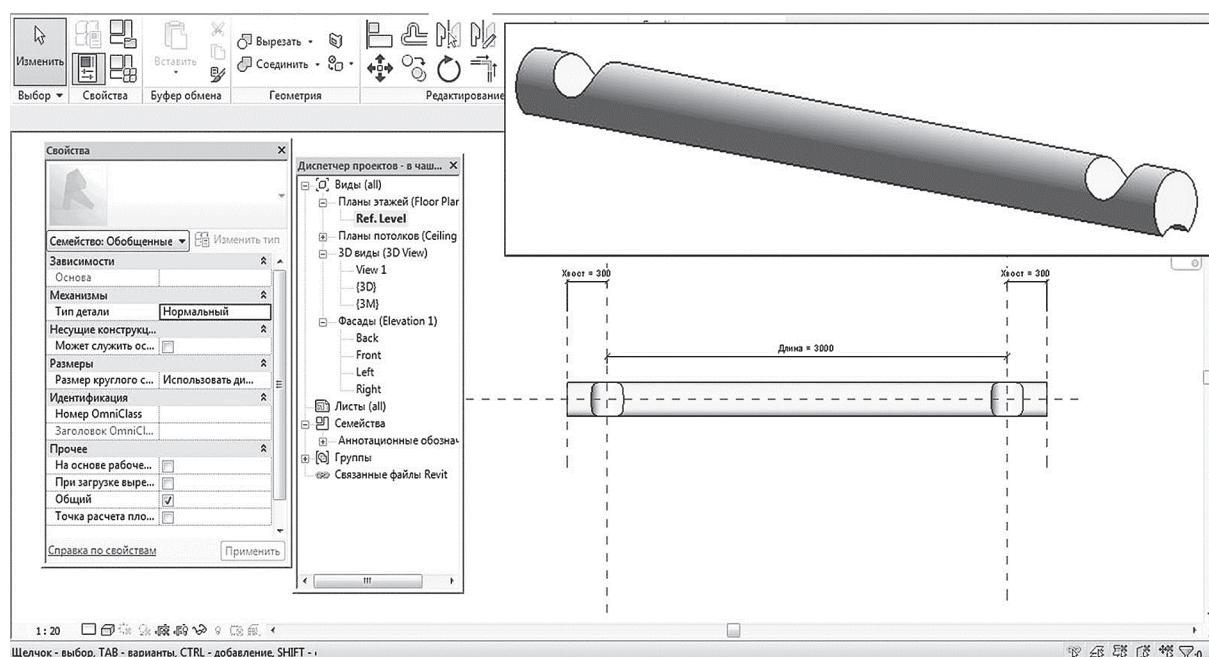


Рис. 16. Моделирование «специализированного» бревна в программе Autodesk Revit

время планомерно велись многими учеными. Однако во второй половине XX в. ситуация резко обострилась: по берегам Нижней и Средней Ангары началось проектирование и строительство целого каскада гидроэлектростанций.

При строительстве первых трех из семи предполагаемых ГЭС ангарского каскада из зоны затопления был вывезен ряд памятников деревянной архитектуры: жилые и хозяйственные постройки, а также уникальные культовые и оборонительные сооружения. На основе этих объектов были созданы архитектурно-этнографические музеи: «Ангарская деревня» в Братске и «Тальцы» в Иркутской области.

В 2012 г. завершилось строительство четвертой, Богучанской ГЭС, что привело к безвозвратной потере огромного количества образцов деревянного зодчества, поскольку в зону затопления, подтопления и берегопереработки попало 29 населенных пунктов.

Конечно, перед этим несколько лет в меру сил проводились исследовательские экспедиции в район будущего затопления, в том числе силами Института археологии и этнографии СО РАН и кафедры истории архитектуры и основ проектирования Иркутского государственного технического университета, целью которых было натурное обследование объектов застройки, выявление ценных объектов деревянного зодчества и их научная фиксация для последующего спасения посредством переноса⁸.

Особый интерес для исследования представляла деревня Ёдарма — достаточно крупное по-

селение Приангарья, основанное в первой половине XVIII в., сохранившее на момент экспедиций планировочную структуру. Наиболее интересным объектом здесь был усадебный комплекс Зарубина, состоявший из десяти различных построек: амбара, бани, жилого дома и зимовья, двух навесов, скотника-сеновала, собачника, уборной и ворот (рис. 17).

В настоящий момент почти все постройки из зоны последнего затопления утрачены, у нас остались лишь обмерные чертежи экспедиций и небольшое количество материалов с разборов. Поэтому довольно остро встает задача дальнейшего хранения, исследования и визуализации этих материалов, в том числе в форме создания виртуального музея, а также физического воссоздания (в основном в виде новоделов), деревянных строений из зоны затопления Богучанской ГЭС.

Моделирование памятников деревянного зодчества

Как происходит моделирование исторического сооружения? Для ответа на этот вопрос и популяризации идеи BIM применительно к памятникам архитектуры вполне подойдет приведённая ниже схема, показывающая заключительный этап моделирования деревянного домика (рис. 18).

Однако главным в этой работе было то, что осталось «за кадром» — предварительное проведение исследований и создание «интеллектуальных» элементов для моделирования. Например, в разработанных для этого случая библиотечных элемен-



Рис. 17. Усадьба Зарубина в деревне Ёдарма. Фото Алексея Чертилова. 2010 г.

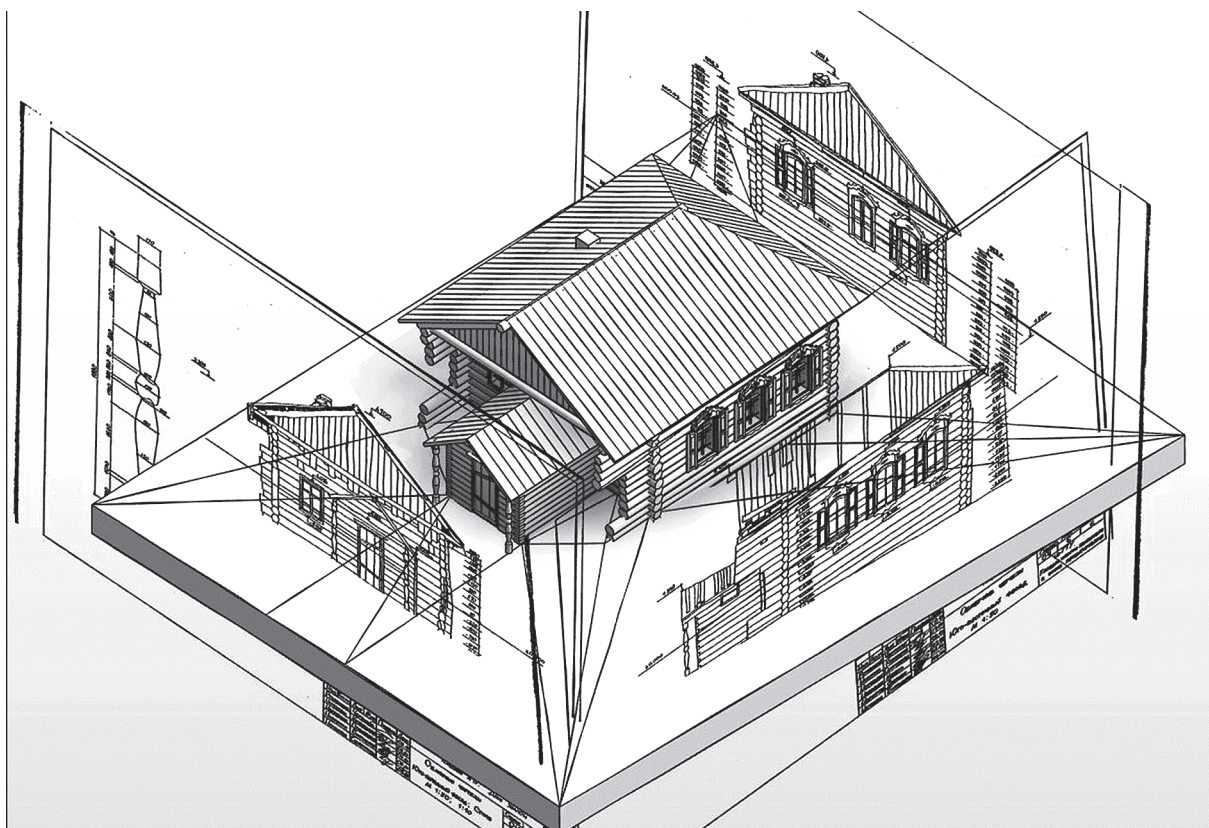


Рис. 18. Построение модели жилого дома из усадьбы Зарубина на основе обмерных чертежей. Работа выполнена в программе Autodesk Revit. 2014 г.

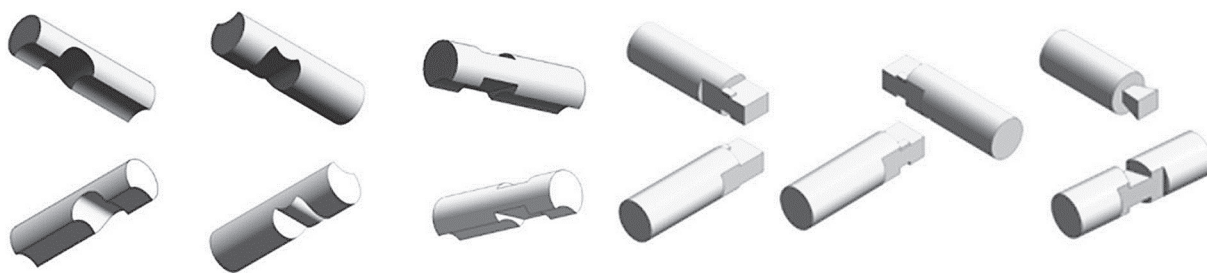


Рис. 19. Моделирование различных видов соединений сруба. Слева направо: охлоп в полдерева, охлоп с заovalенным гребнем, в охряп, простая «лапа», «лапа с присеком», соединение внутренней стены с наружной «в полдерева»

тах предусмотрена возможность изменять длину бревна, радиус, расстояние от края бревна до чаши. В зависимости от введенных данных также меняются размер чаши, размер вырубki нижней части бревна, местоположение и размер отверстий для шипов, скрепляющих верхнее и нижнее бревно по длине (рис. 19).

Бревна для оконных венцов смоделированы с чашей только с одной стороны, поскольку другой конец бревна крепят на шип. Это сделано для того, чтобы впоследствии располагать информацией о типах и количестве бревен с их точными габаритами (важность такой информации для восстановления памятника архитектуры трудно переоценить).

Отдельно моделируются простенки. А заполнение оконных проемов представляет собой сложно-составной элемент библиотеки, в который вложен другой элемент — ставни.

Таким образом, разработанные «интеллектуальные» элементы позволяют получать широкий набор типоразмеров в зависимости от множества параметров. А наличие различных декоративных элементов дает возможность создать некую библиотечную базу определенного стиля, которая может быть широко использована как при физическом воссоздании объекта, так и изучении самого этого стиля. В совокупности же это все составляет основу для создания информационной модели памятника деревянного зодчества (рис. 20).

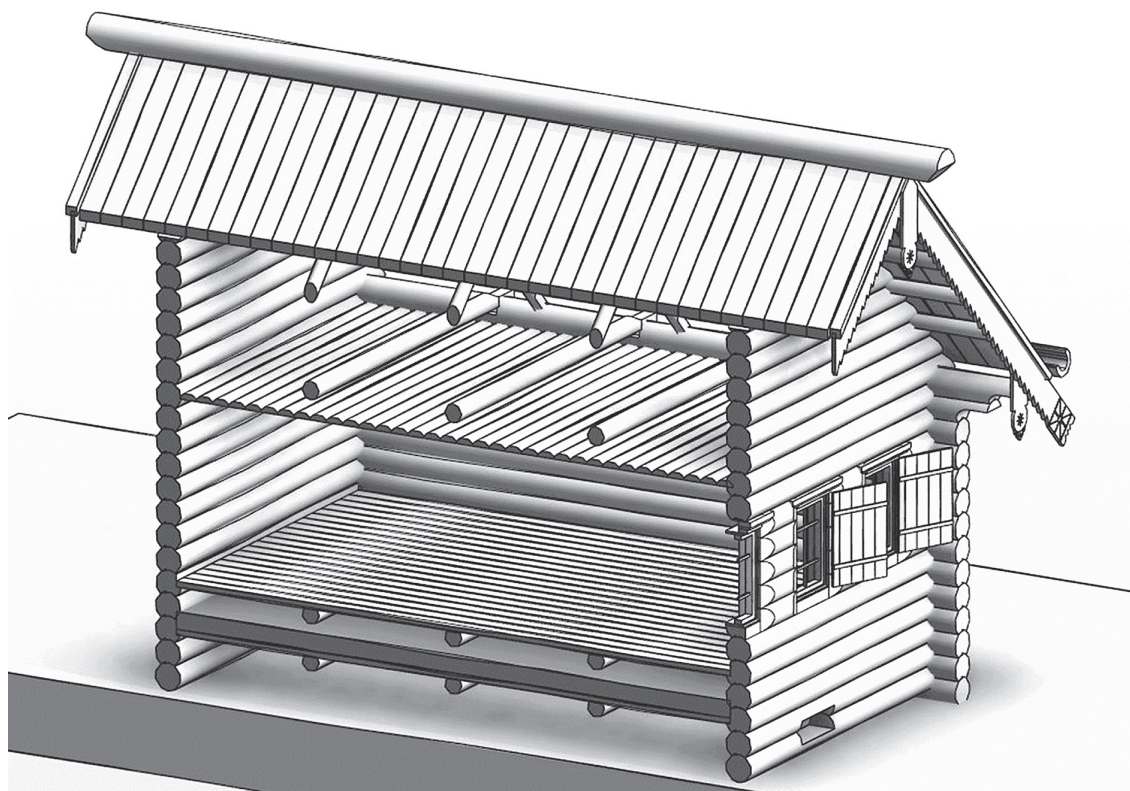


Рис. 20. Информационная модель усадьбы Зарубина. Объемный разрез амбара



Рис. 21. Общая модель усадьбы Зарубина состоит из информационных моделей отдельных ее элементов

В результате, как уже отмечалось, мы получаем возможность не только воссоздавать (виртуально или в виде новоделов) постройки старых сибирских мастеров, но и использовать их веками накопленные знания и навыки в современном деревянном строительстве (рис. 21).

4. СИСТЕМА ДОУГУН И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ КИТАЯ

Так получилось, что в 2011 г. опыты по информационному моделированию при работе с памятниками архитектуры «занесли» нас не только в Сибирь, но и далеко на восток — в древний Китай. «Виновником» такого поворота событий стал тогда еще молодой архитектор-реставратор Чжан Гуаньин (Zhang Guanying), которого пылкий ум, хорошие знания и высокая работоспособность привели в аспирантуру для изучения BIM.

Сначала в качестве «разминки» было решено познакомиться с традиционной китайской архитектурой и смоделировать беседку в монастыре Хуайшэнсы, которая была построена в эпоху династии Тан (618–917 гг.). Монастырь Хуайшэнсы был основан примерно в 627 г. приехавшими в Китай арабами, сегодня это — один из старейших исламских монастырей в мире и один из четырех древнейших монастырей в Китае. Он находится в городе Гуанчжоу на юге Китая, также известен как Храм Льва, или Гуантасы.

В то время в Китае в основном строили из дерева, поэтому сооружений эпохи Тан до наших дней

дошло очень мало. Однако беседке в монастыре Хуайшэнсы особо «повезло»: первоначально она была построена из дерева, а платформа и базы колонн сооружены из камня, но при последующей реконструкции (возможно, 1949 г.) деревянные элементы заменили на железобетонные. Так что воссоздание реального вида беседки было делом непростым, но представляло немалый интерес в деле восстановления исторической справедливости.

На первом этапе моделирования была проведена довольно сложная работа по восстановлению использовавшейся ранее в этой беседке системы кронштейнов доугун (до наших дней они не дошли, так как при реконструкциях «превратились» в железобетон). Из-за отсутствия исторических документов с полной достоверностью некоторые узлы восстановить так и не удалось, поэтому в модели они представлены в нашем современном понимании конструктивной целесообразности. По этим исследованиям были построены компьютерные базовые элементы, из которых и собиралась система доугун, несущая крышу (рис. 22).

Аналогичная работа была проделана и с другими компонентами, из которых состоит беседка: колоннами, стойками, стропилами, черепицей и т. п. Все эти элементы информационной модели играют самостоятельную роль, поэтому их можно индивидуально специфицировать и учитывать с указанием физического состояния каждого из них.

Когда все необходимые компоненты были созданы, собрать общую модель беседки уже не составило большого труда. И появилась возможность сделать некоторые общие выводы.

Во-первых, проведенная работа показала, что технология BIM и конкретно программа Autodesk

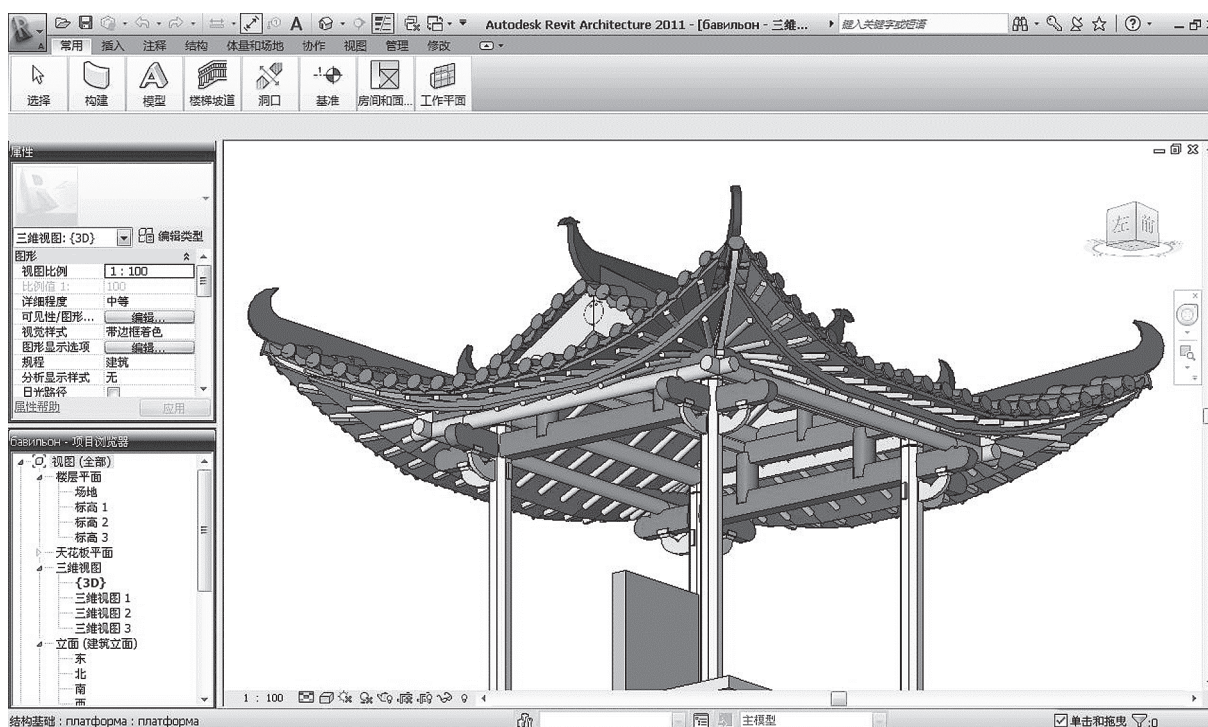


Рис. 22. Моделирование беседки в программе Autodesk Revit. 2011 г.

Revit хорошо подходит для моделирования памятников архитектуры и исторических объектов. Они позволяют, в частности, быстро модифицировать построенную модель при выявлении новых обстоятельств как исторического, так и конструктивно-эксплуатационного характера.

Во-вторых, мы столкнулись с неоспоримым фактом потери знания. И пусть эта потеря была небольшой («какая-то беседка»), но сам по себе такой факт оказался крайне неприятным: мы в наш космический век не смогли достоверно воссоздать относительно простую конструкцию крепления крыши к балкам и колоннам, реализованную когда-то древнекитайскими мастерами. Решение проблемы в дальнейшем виделось в тщательном изучении и компьютерном моделировании всей системы кронштейнов доугун, использовавшейся в сооружениях Древнего Китая.

В-третьих, после публикации результатов работы мы получили несколько писем от людей, далёких от памятников архитектуры, но желающих построить такую беседку для себя. В связи с этим нелишне будет напомнить, что в Китае беседки строились по указаниям императоров вдоль основных дорог (говоря современным языком, это была «государственная программа») для возможного отдыха путников. Так что чье-то желание иметь такую беседку в зоне своего проживания в настоящее время также представляется совершенно естественным. И мы эту модель передали всем желающим. Но в результате общения появилось понимание

ещё одного обстоятельства — в наше время мы такие сооружения строить уже не можем, а умеем в лучшем случае их копировать.

В общем, необходимость изучения и информационного моделирования системы доугун предстала перед нами «в полный рост». И этот исторический вызов был принят.

Краткая историческая справка по системе доугун

Доугун (или доу-гун) — это консольная капитель, переходящая в карниз (в дословном переводе означает «выступ» или «карниз»), является чрезвычайно важным элементом в древней китайской архитектуре (вообще в зодчестве буддийского Востока, Кореи, Японии). Главная задача доугуна — 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 и веками отработанной геометрии такие элементы образовывали довольно эластичную конструкцию и существенно снижали вероятность разрушения здания в результате сильного ветра или землетрясения. При этом доугуны еще и являлись несомненным украшением всех построек того времени.

Вершиной развития экономики и культуры феодального общества в Китае стало правление династии Тан. В этот период в строительстве значительно усовершенствовалась конструкция до-

угуна. В результате была создана совершенно новая форма общей структуры сооружений. В вышедшем в 1103 г. трактате «Инцзаофаши» («Методы архитектуры») эту структуру называли «зал дворца». Автор упомянутого уникального труда Ли Минчжун собрал огромный фактический материал по строительству и архитектуре Китая и сделал ценные обобщения, касающиеся вопросов деревянного зодчества. Сегодня работа «Методы архитектуры» считается одним из ранних классических трудов по архитектуре Китая.

Наибольшее развитие, доходящее до совершенства, доугуны получили в период эпохи Тан (618–907) и последовавшей за ней Сун (960–1279). В силу целого ряда причин это привело к высокому

уровню стандартизации и унификации по предназначению составляющих элементов, что позволило говорить о создании своеобразной *системы доугун*, содержащей для классификации своих компонентов целый ряд параметров.

Ключевым в системе доугун стало понятие *цай* — масштабной размерности, или модуля для соотношения элементов. Цай имеет 8 уровней, которые используются в зависимости от размеров здания. Были введены также величины, дополнительно характеризующие расположение элементов в сложных конструкциях: *тяо* — расстояние от главной до второстепенной оси, и *пуцзо* — уровень вложенности элементов, а также некоторые другие переменные величины (рис. 23).

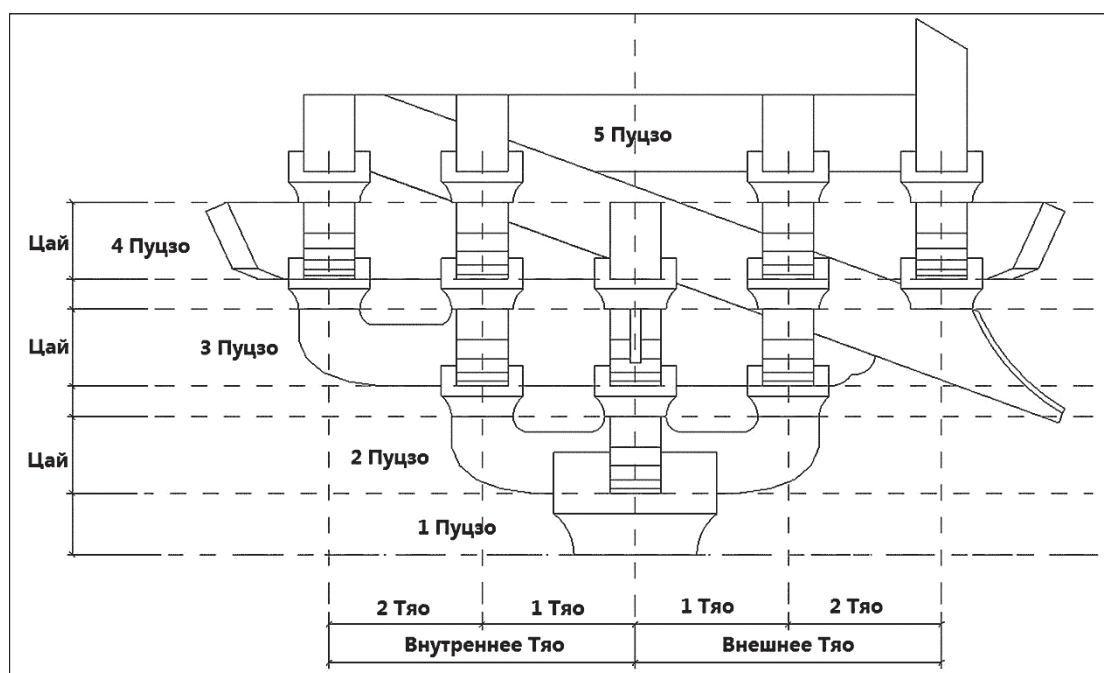


Рис. 23. Пример параметрической иерархии сложного элемента системы доугун

Таким образом, к началу XII в. система доугун уже была хорошо описана и стала даже основой для определения размеров и пропорций зданий. Более того, на её основе появилось руководство по расчету прочности несущих конструкций.

В основном доугуны выполнялись из дерева, хотя этот материал считался в Китае весьма дефицитным. Последнее обстоятельство определило применение доугунов главным образом для дворцов и храмов и сделало их в дальнейшем не только конструктивно необходимыми, но и высокопрестижными элементами здания.

В более поздние периоды китайская архитектура была ориентирована уже на каменные и кирпичные постройки с черепичными крышами, так что 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, в стилизованной форме ставшие и модными элементами современного строительства (рис. 24).

Подведем некоторый итог. Итак, в начале XII в. в Китае была уже довольно хорошо развита, разделена с помощью параметров и решаемых задач на типы и описана для применения в строительной практике система доугун. Говоря современным языком, уже в то время в Китае был разработан *параметрический классификатор строительных элементов*, а сам процесс проектирования и строи-



Рис. 24. Храм Шенмудянь (1102–1106) в монастыре Цзыньцы в провинции Шаньси — один из дошедших до нас деревянных памятников архитектуры, построенных с помощью системы доугун

тельства становился *объектно-ориентированным* на основе библиотечных элементов системы доугун. Существовали и разработанные для доугун аналоги наших СНИПов. Не было только компьютеров, а то можно было бы внедрять BIM!

Создание библиотечных элементов системы доугун

Как уже отмечалось, система доугун по своей сути явила миру параметрическую библиотеку базовых элементов, использующихся в объектно-ориентированном проектировании. Поэтому, следуя логике развития доугун, вполне естественным было наше желание:

- 1) сделать эту систему древнекитайского зодчества интегрированной в современную технологию BIM;

- 2) создать задел для информационного моделирования с целью музеефикации, исследования и управления обслуживанием памятников древнекитайской архитектуры (даже шире — памятников всего буддийского Востока);

- 3) адаптировать систему доугун для современной проектно-строительной индустрии.

Фактически нами была поставлена задача создать библиотеку параметрических семейств, содержащую все (хотя бы основные) элементы системы доугун. И эта библиотека была создана (рис. 25).

Основные проблемы, возникавшие при осуществлении этой работы, можно условно разбить на две части, но не этапа, поскольку их выполнение шло одновременно:

Изучение первоисточников. Во-первых, старокитайский язык — не самый простой для чтения.

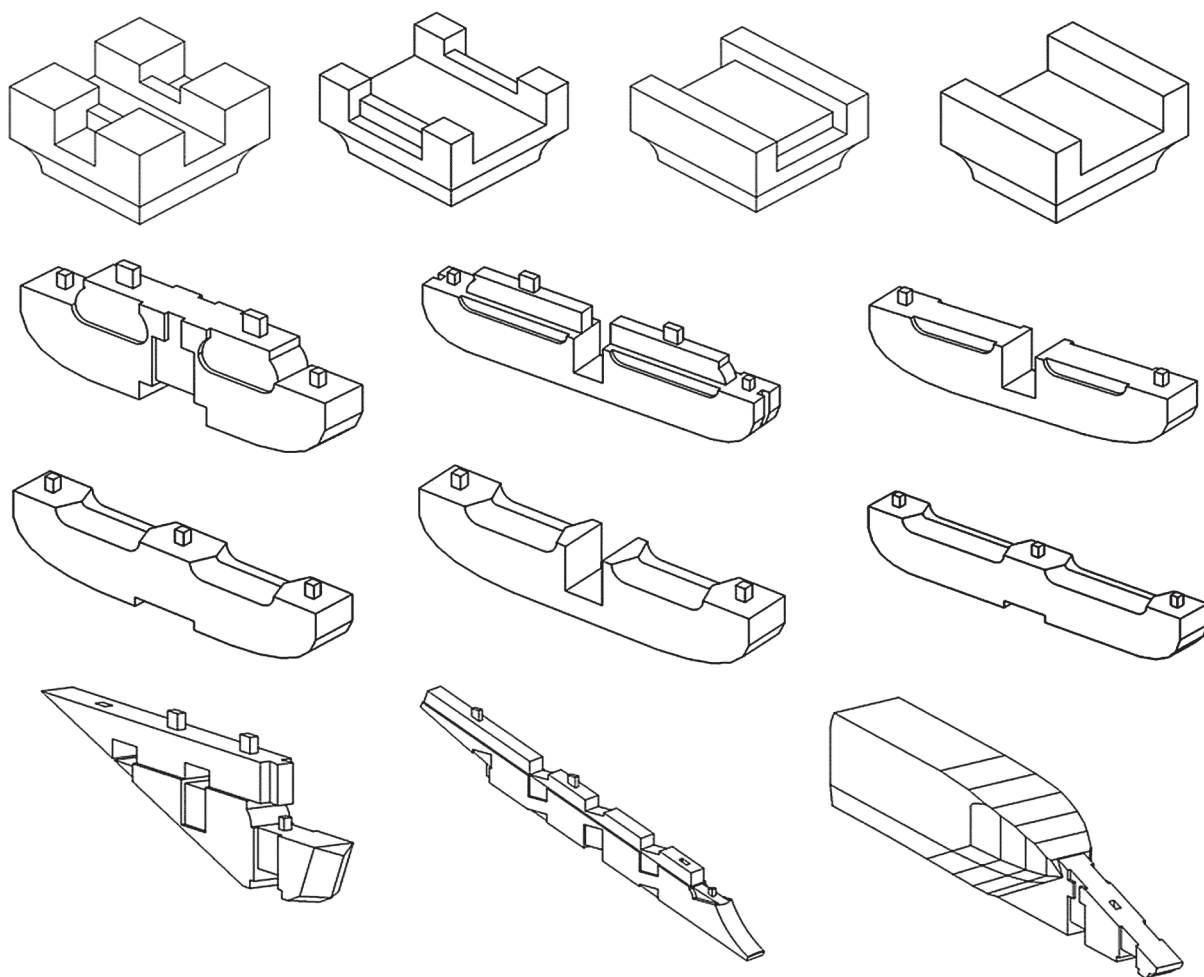


Рис. 25. Некоторые из основных элементов доугун: общий вид

Во-вторых, дошедшие до нас описания элементов системы доугун часто состояли из одного плоского чертежа весьма неважного качества и текстового разъяснения к нему (на старокитайском языке). В третьих, советоваться было практически не с кем.

Создание библиотечных элементов требовало хорошо разработанной стратегии моделирования, полного понимания взаимодействия элементов системы и хорошего владения компьютерным инструментарием. При этом объем работы был не только очень большой, но и возрастал по мере нашего понимания.

Для выполнения задуманной работы оставался единственно возможный путь — делать все одновременно. В этом случае трехмерное моделирование помогало нам понять взаимодействие элементов системы доугун, а каждый успех в прочтении первоисточников добавлял осмысления в моделирование.

В результате на сегодняшний день основная часть работы уже проделана — создано несколь-

ко сотен параметрических семейств элементов системы доугун, содержащих более 50 000 типов-размеров, пополнение библиотеки продолжается. Но самое главное — создана некая схема, по которой теперь могут работать уже многие специалисты (рис. 26).

По понятным причинам основным языком, на котором выполнялась эта работа, стал китайский. Но библиотечные элементы можно напрямую использовать в любой локализованной версии Autodesk 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 поступить так, как мы сделали на рисунке 26, — просто использовать для названия элементов их китайское звучание. Хотя само описание на русском языке терминов и структуры элементов системы доугун стало неотъемлемой частью проделанной работы по созданию этой BIM-библиотеки (рис. 27).

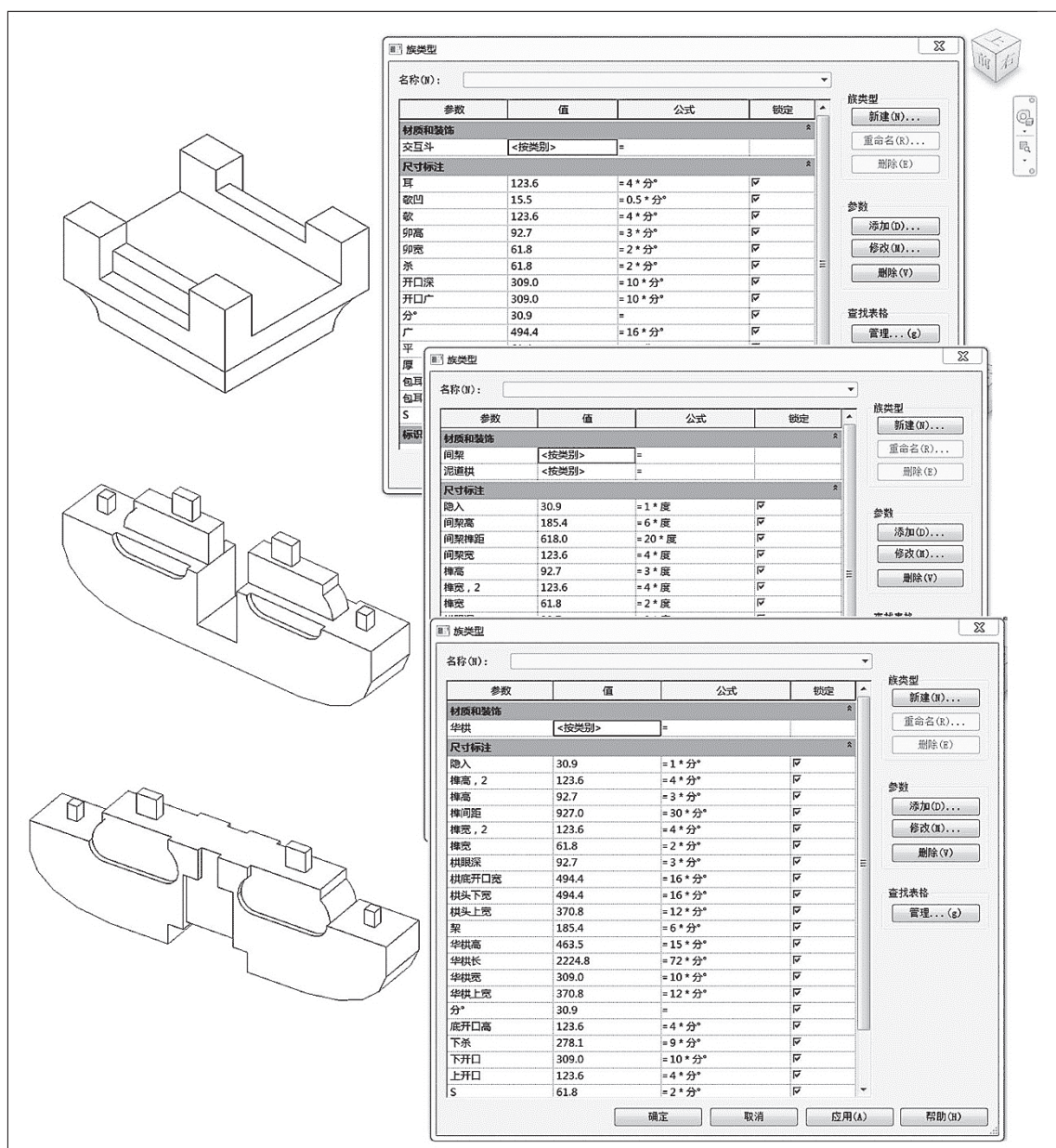


Рис. 26. Некоторые из основных элементов доугун: цзао ху доу, ни дао гун и хуан гун с их таблицами параметров. Изменение параметров приводит к появлению элемента с новой геометрией, но в рамках допустимых ограничений. Работа выполнена в Autodesk Revit

Моделирование памятника архитектуры: храм Шенмудянь

Следующим и вполне логичным шагом после создания библиотеки элементов стала проверка этих параметрических семейств на практике. Для моделирования было решено взять храм Шенмудянь — действующий памятник деревянного зодчества Китая, имеющий возраст более 900 лет (см. рис. 24). На выбор именно этого объекта повлияла не только его историческая значимость, но еще и то обстоятельство, что при его создании исполь-

зовались доугуны разных типов (двух уровней цай) в зависимости от яруса здания.

Естественно, здание храма Шенмудянь состоит не только из доугунов, так что при его моделировании пришлось создавать семейства и других конструктивных элементов. Последнее, впрочем, после работы с доугунами большого труда уже не представляет, но всё равно дополнительно обогатило библиотеку элементов древнекитайского зодчества (рис. 28).

Использование библиотечных элементов системы доугун при моделировании храма Шен-

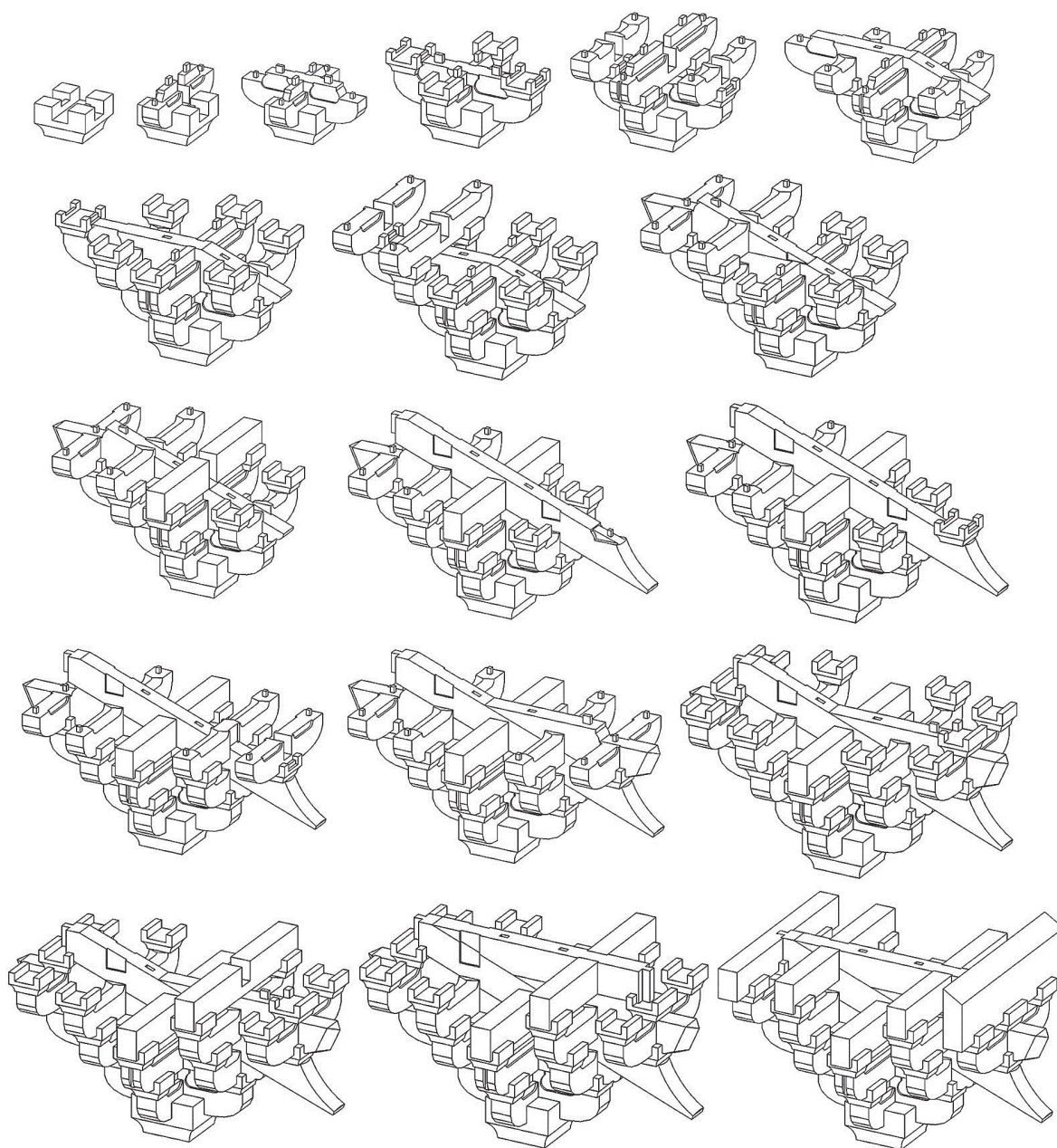


Рис. 27. Пошаговый показ процесса формирования консольной капители из базовых элементов системы доугун

мудянь себя полностью оправдало. На создание объекта столь высокого уровня сложности при «минимальной» (это ещё мягко сказано) документации по зданию ушло около двух недель. Конечно, огромное значение имело также общее понимание и умение работать с компонентами системы доугун, появившееся в процессе создания библиотеки элементов.

Подведем некоторый итог. Разработанная библиотека элементов системы доугун⁹, адаптированная для технологии BIM:

- 1) позволяет создавать информационные модели памятников архитектуры древнего Китая для их компьютерной паспортизации (фиксации), исследования, реставрации и обслуживания;
- 2) формирует технологические условия для «возвращения» системы доугун в современное строительство.

Поэтому представляется вполне логичным, что в 2013 г. работа по моделированию системы доугун заслуженно получила высшую награду конкурса Autodesk Innovation Awards Russia (рис. 29).

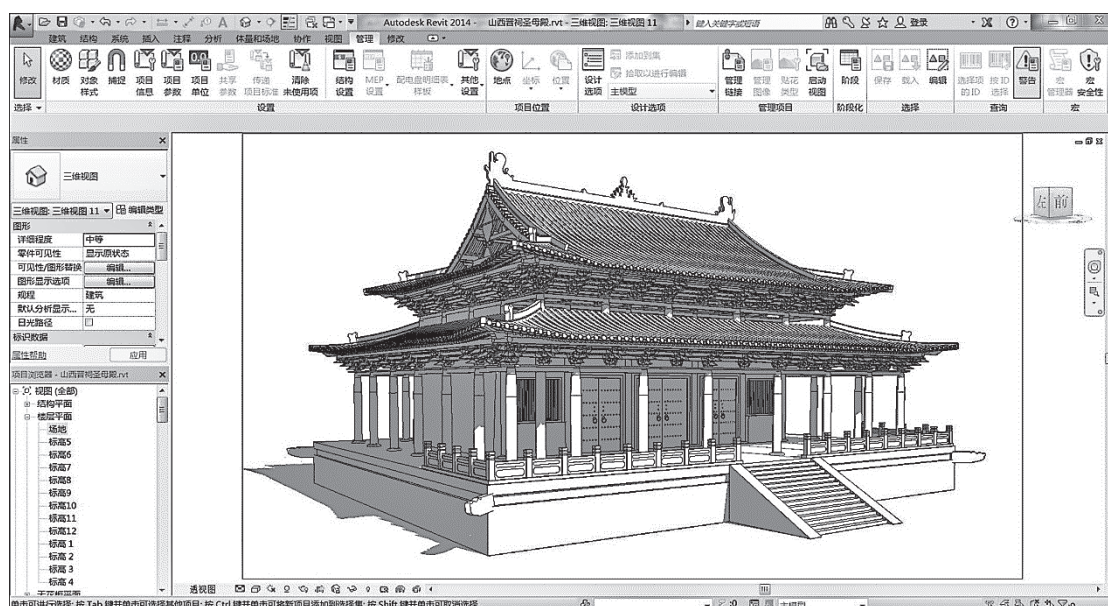


Рис. 28. Модель храма Шенмудянь в интерфейсе Autodesk Revit 2014

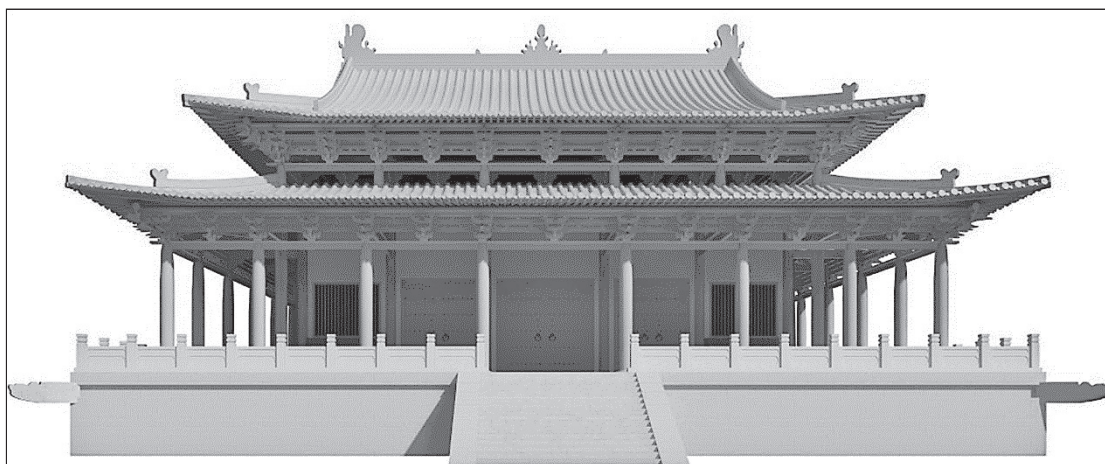


Рис. 29. Визуализация модели храма Шенмудянь с учетом используемых в здании материалов

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Талапов В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М., 2011. 392 с.
- ² Козлова Т. И., Талапов В. В. Опыт информационного моделирования памятников архитектуры. Архитектура и современные информационные технологии // АМІТ. 2009. 3 (8) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2009/3kvart09/Talapov/Article.php>
- ³ Козлова Т. И. Информационная модель недвижимого объекта культурного наследия как новый инструмент работы в музеефикационной практике // Вестник Томского государственного университета. История. 2013. № 3 (23). С. 33–37.
- ⁴ Окладников А. П., Гоголев З. В., Ащепков Е. А. Древний Зашиверск. М., 1977. 212 с.
- ⁵ Козлова Т. И., Талапов В. В. Опыт информационного моделирования памятников архитектуры. Архитектура и современные информационные технологии // АМІТ. 2009. № 3 (8) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2009/3kvart09/Talapov/Article.php>

-
- ⁶ Материалы архива НПЦ г. Новосибирска по сохранению историко-культурного наследия. № П-156. Проект реставрации «Спецпроектреставрация». Шифр 605–1. Историко-архитектурный музей под открытым небом СО АН СССР в городе Новосибирске. Памятник архитектуры XVII века Спасо-Защиверская церковь.
 - ⁷ Аникеева С. О. Об опыте использования технологии BIM для музеефикации деревянных памятников архитектуры // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2014. № 1 (13). С. 31–36.
 - ⁸ Чертилов А. К. Объекты народного деревянного зодчества в зоне затопления ложа водохранилища Богучанской ГЭС. Иркутская область, Усть-Илимский район, деревня Ёдарма // Архитектурный журнал Проект Байкал от 15 мая 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pribaikal.ru/architecture-item/article/14588.html>
 - ⁹ Чжан Гуаньбин. Технология BIM и моделирование системы доугун для памятников архитектуры Древнего Китая // Вестник ТГУ. Культурология и искусствоведение. 2014. № 1 (13). С. 44–55.
-