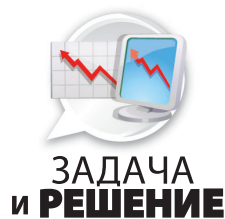


➤ BIM И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ: НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ



Внедрение BIM в реальную проектную практику давно уже стало весьма популярной и наиболее обсуждаемой в кругах проектировщиков темой. Как следствие, появились и некоторые экзотические точки зрения о том, что в BIM нельзя проводить расчеты, технологию лучше отрабатывать на собачьих будках, BIM подходит только архитекторам и т.п. Мы же задались вопросом: "А как обстоят дела у простых проектировщиков, причем разного уровня?"

Приведенные ниже примеры являются реальными иллюстрациями к вопросу о внедрении BIM, они позволят также лучше понять предназначение и способы взаимодействия некоторых программ. Но у них есть одна общая черта — главную роль во всех этих проектах играют металлоконструкции.

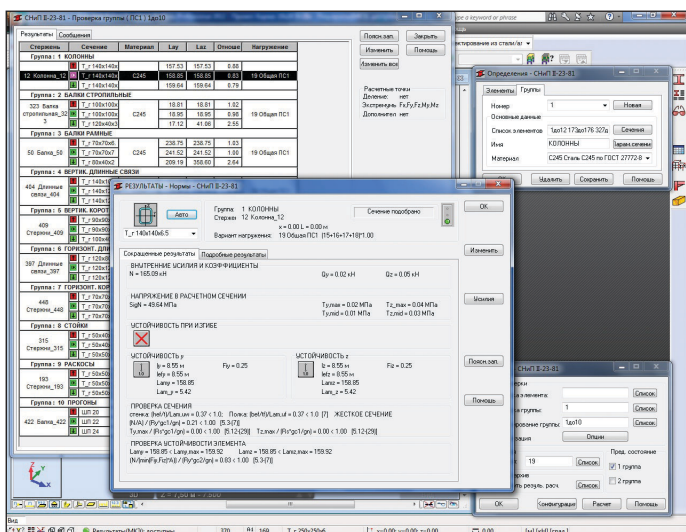
Проект котельной

Эта дипломная работа по специальности "Проектирование зданий", выполненная в НГАСУ (Сибстрин) в 2011 году, представляет проект автоматизированной газовой котельной мощностью 20 МВт для города Обь Новосибирской области. Она выполнена по технологии BIM с помощью программ Revit Structure, Revit Architecture и Robot Structural Analysis. Согласно требований к дипломным работам, в данном проекте студентами разработаны только архитектурная и конструктивная части, затронуты экономика и организация строительства. Остальные разделы выполнялись сотрудниками ОАО "СИАСК". В настоящее время проект, ставший в какой-то степени типовым, уже неоднократно реализован.

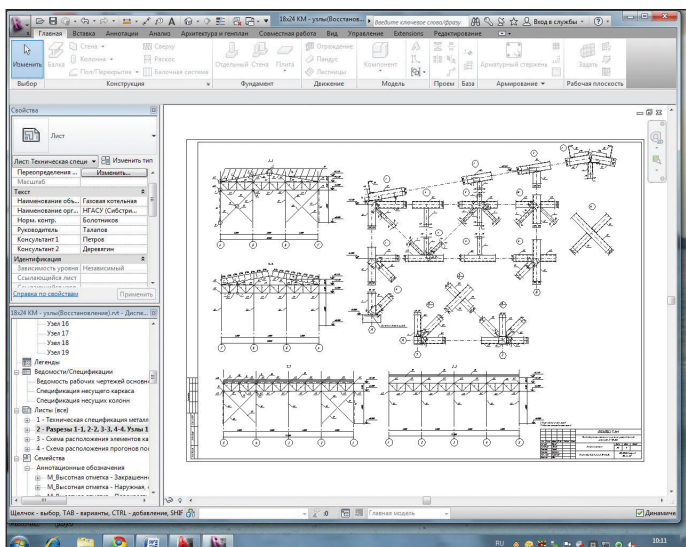
Исходя из технологических процессов, происходящих в котельной, ее мощности, определены геометрические характеристики здания и тип конструкций. Металлический каркас здания и башни-опоры под дымовые трубы создавались в программе Revit Structure. При этом элементы каркаса сразу реализовались как компоненты электронной библиотеки со всеми характеристиками данного типа металлического профиля по ГОСТу. В свойствах таких элементов (например, колонн) были отображены геометрические характеристики поперечного сечения колонны, моменты инерции и моменты сопротивления относительно главных осей сечения, длина и многое другое. Здесь же можно задать марку стали, присвоить данному типу маркировку, производителя, стоимость и прочее. Вся эта информация затем автома-



Стилизованное под ручную графику изображение проектируемой котельной



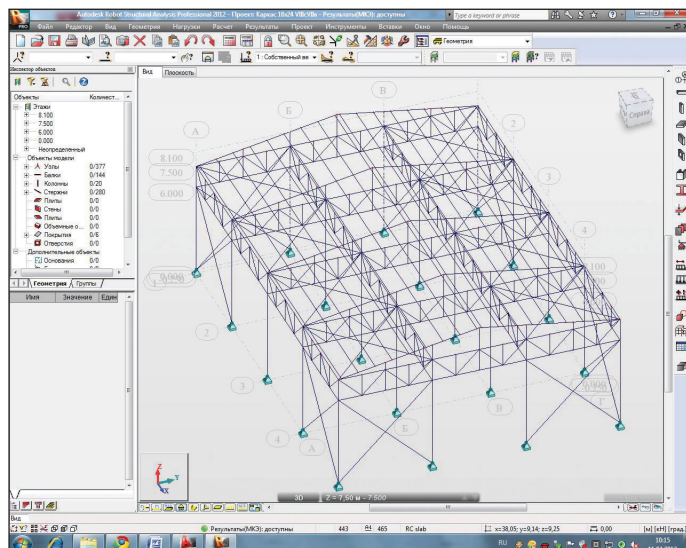
Результат расчета по подбору поперечных сечений элементов каркаса в Robot Structural Analysis



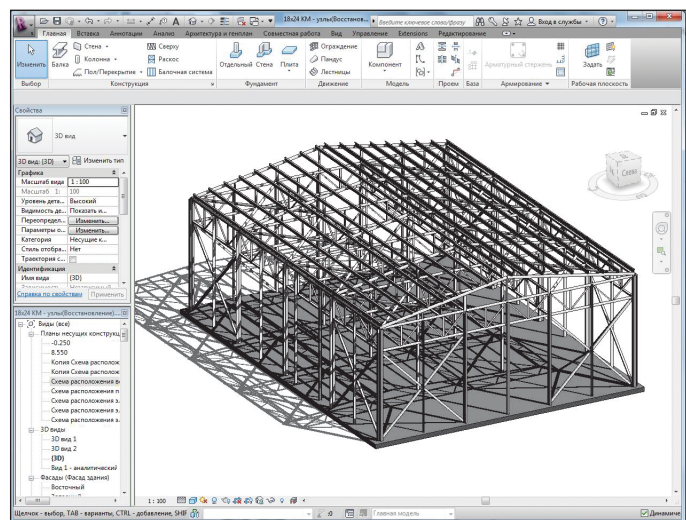
Один из листов рабочей документации, выполненной в Revit Structure

тически используется в спецификациях. Создавая из библиотечных элементов каркас здания, мы автоматически создаем и расчетную схему. В дальнейшем необходимо лишь задать тип сопряжения в узлах (жесткое, шарнирное), типы опор, тип работы элементов в конструкции,

получить значения внутренних усилий для каждого элемента — как в виде таблицы, так и в виде эпюр, а также значения напряжений, деформаций элементов и перемещений в узлах. Здесь же подбирается, исходя из напряжений и работы элемента, его поперечный профиль из



Общий вид расчетной схемы каркаса котельной в Robot Structural Analysis



Общий вид металлического каркаса в Revit Structure

здесь же можно приложить все действующие на здание нагрузки.

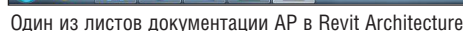
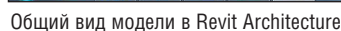
Затем расчетная схема со всей содержащейся в ней информацией передается из Revit Structure в программу Robot Structural Analysis, где выполняется

списка библиотечных элементов, которые полностью соответствуют российским нормативным документам. Из результатов работы над моделью в Robot Structural Analysis автоматически создается отчет о расчете конструкции со ссылками на СНиПы и СП.

По результатам расчетов автоматически производилась корректировка модели каркаса в Revit Structure (элементам присваивались типы профилей, полученных при расчете).

По завершении этого этапа у нас имеется полноценная модель металлического каркаса здания котельной со всей необходимой информацией для создания комплекта рабочих чертежей марки КМ.

Для выполнения архитектурной части проекта модель каркаса была передана в программу Revit Architecture (здесь основными инструментами являются уже



Затем были получены визуализационные картинки и выполнена рабочая документация.

МЕР, но, к сожалению, в ОАО "СИАСК" не нашлось специалистов, владеющих данной программой. Сейчас это предмет особого внимания руководства.

Исходя из результатов выполненной работы, можно сделать несколько выводов.

Во-первых, BIM-подход весьма удобен, он позволяет значительно сократить сроки выполнения проекта, дает возможность вести работу над моделью сразу в нескольких разделах: начиная с генерального плана и вертикальной планировки, заканчивая инженерным оборудованием, освещением и многим другим.

Во-вторых, нет ограничений в воплощении инженерных и архитектурных идей.

В-третьих, одновременная работа над моделью исключает появление коллизий и нестыковок между разделами проекта.

В-четвертых, возможно внесение изменений, которые автоматически отразятся во всех разделах проекта, что экономит время; возможно управление характеристиками модели уже на стадии эксплуатации здания.

И последнее: надо подгонять смежников в освоении ВІМ.

Следующий объект — небольшое промышленное здание, также спроектированное и построенное в 2011 году. Этот проект был разработан и реализован на стадии металлической конструкции в очень сжатый срок (20 дней), который сократился за счет параллельности проведения работ, включавших разработку КМД, изготовление металлического каркаса и его монтаж. Как следствие, цена для заказчика оказалась очень привлекательной. Геометрия проектируемого здания согласовывалась на стадии эскизов на бумаге. Стоимость договора определялась на базе уже смоделированного в некотором приближении каркаса здания с соответствующей спецификацией на основные материалы.

Каркас здания изготовило одно из новосибирских предприятий машиностроения. Ранее оно к таким строительным конструкциям отношения не имело — это не его профиль. Но теперь хотело бы еще поработать в этом направлении по чертежам, которые прорисовал AutoCAD Structural Detailing. Чертежи оказались понятными для специалистов в области машиностроения. За все время изготовления конструкции потребовались только два обращения к разработчику за пояснениями, причем лишь одно с выездом на предприятие.

Особенностью работы было то, что она полностью выполнялась в технологии



Общий вид объекта и некоторые этапы его возведения



Изготовление конструкций шло параллельно с разработкой самого проекта

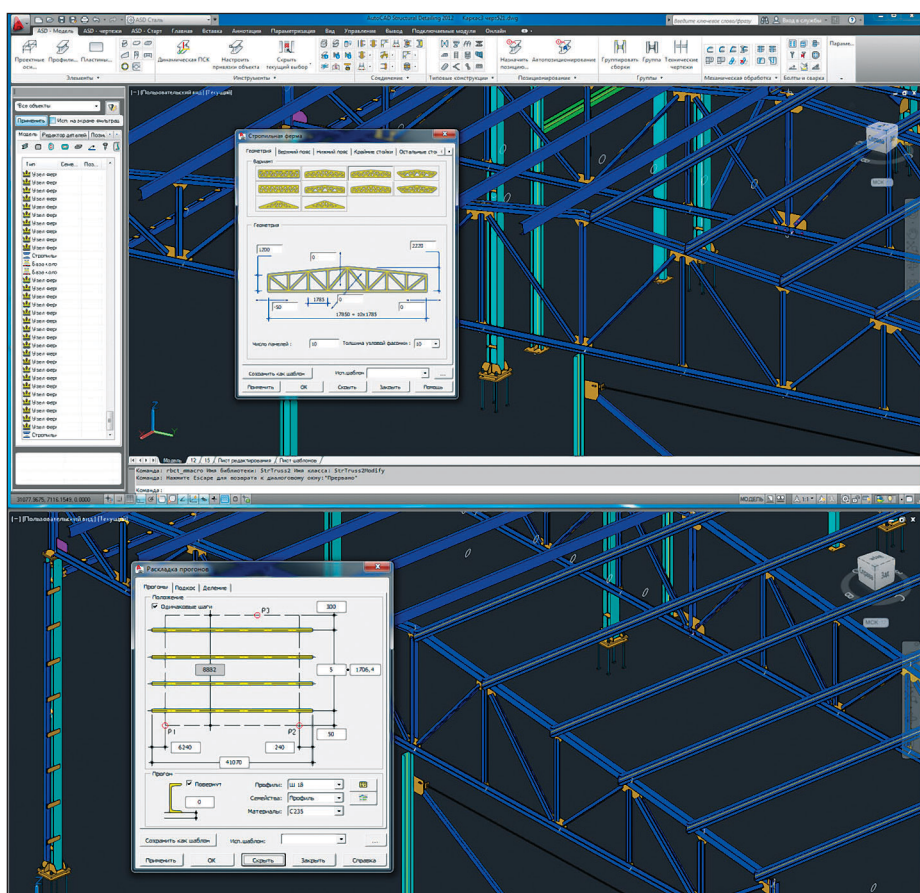
ВМ, но набор программ и последовательность их применения существенно отличались от традиционного, что вызвано в первую очередь спецификой здания.

С самого начала модель каркаса была собрана в AutoCAD Structural Detailing (сокращенно ASD), а затем преобразована в твердое тело и экспортирована в Revit Structure, где на каркас были надеты ограждающие конструкции — в частности, сэндвич-панели.

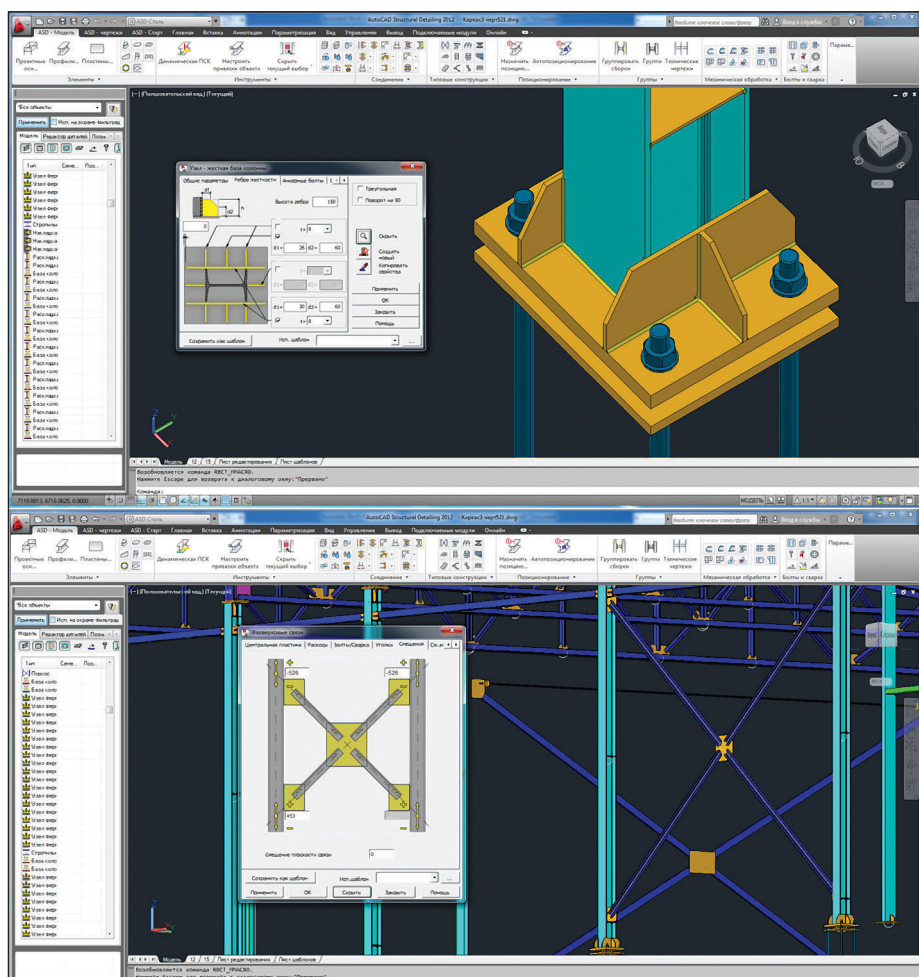
В процессе проектирования и производства металлокаркаса заказчик два раза менял геометрию здания. Технологии информационного моделирования позволяют вносить изменения в проект на любой его стадии и сразу получать новые значения в спецификациях, отражающих материалоемкость. Сложности возникали только при переформатировании документов договора.

В ASD конструкция выстраивается достаточно подробно. Любой фрагмент каркаса можно напрямую экспортировать в расчетную программу Robot Structural Analysis. Каждая деталь каркаса имеет законченную форму и готова к оформлению КМД. Уникален инструмент формирования спецификаций — считает точно и быстро. Можно сформировать спецификацию с эскизами деталей из стандартных профилей. Спецификации формируются автономно и с привязкой к чертежу, то есть, если формируется чертеж сборки, то на его поле автоматически встанет спецификация материалов только этой сборки.

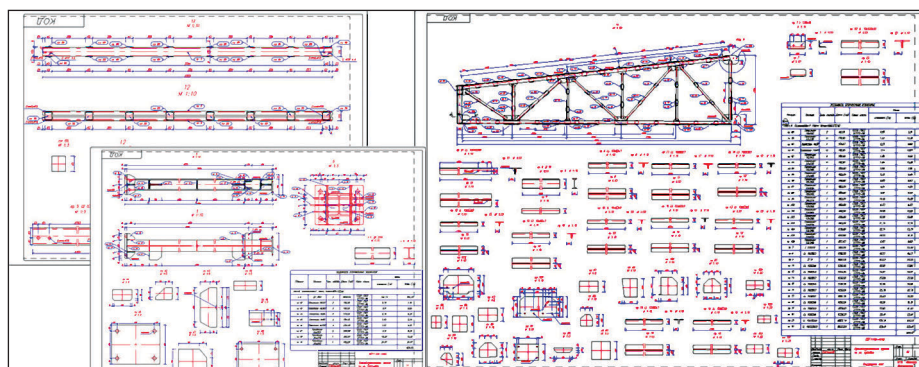
В программе ASD есть одна волшебная кнопка, о которой все мечтают. Она называется *Авточертеж*. Нажимаешь на нее и наблюдаешь, как в полном соответствии с концепцией ВМ по модели генерируются чертежи. Затем остается только подчистить лишние размеры и добавить сечения, если нужно. Причем чертежи деталей могут выполняться как на поле чертежа сборки, так и на отдельных форматах. По этим чертежам новосибирский завод и изготовил строительные конструкции.



Проектирование стропильной фермы и раскладка кровельных прогонов



Проектирование основания колонны и построение раскосов



Чертежная документация, сгенерированная в AutoCAD Structural Detailing



Визуализация модели, выполненная в Revit Structure

Конечно, это здание — не архитектурный шедевр, а типичный (рядовой) промышленный объект, созданный по новой технологии проектирования. Благодаря использованию разработанных Autodesk BIM-программ был выигран тендер на строительство объекта, а также получились привлекательные цены и сроки (не надо было разрабатывать проект КМ и платить за КМД, которое, как правило, разрабатывает предприятие — изготовитель конструкций). При этом и само изготовление конструкции на машиностроительном предприятии обошлось намного дешевле, чем на специализированном заводе.

Материалы визуализации проектов промышленных зданий в Revit Structure оказываются неплохим подспорьем при согласовании геометрии зданий с заказчиком. Слайды дают представление о внутреннем пространстве и фасаде здания. Получив такую презентацию по истечении двух дней после обращения, заказчик проявляет интерес к компании, обладающей столь быстрыми и эффективными технологиями проектирования.

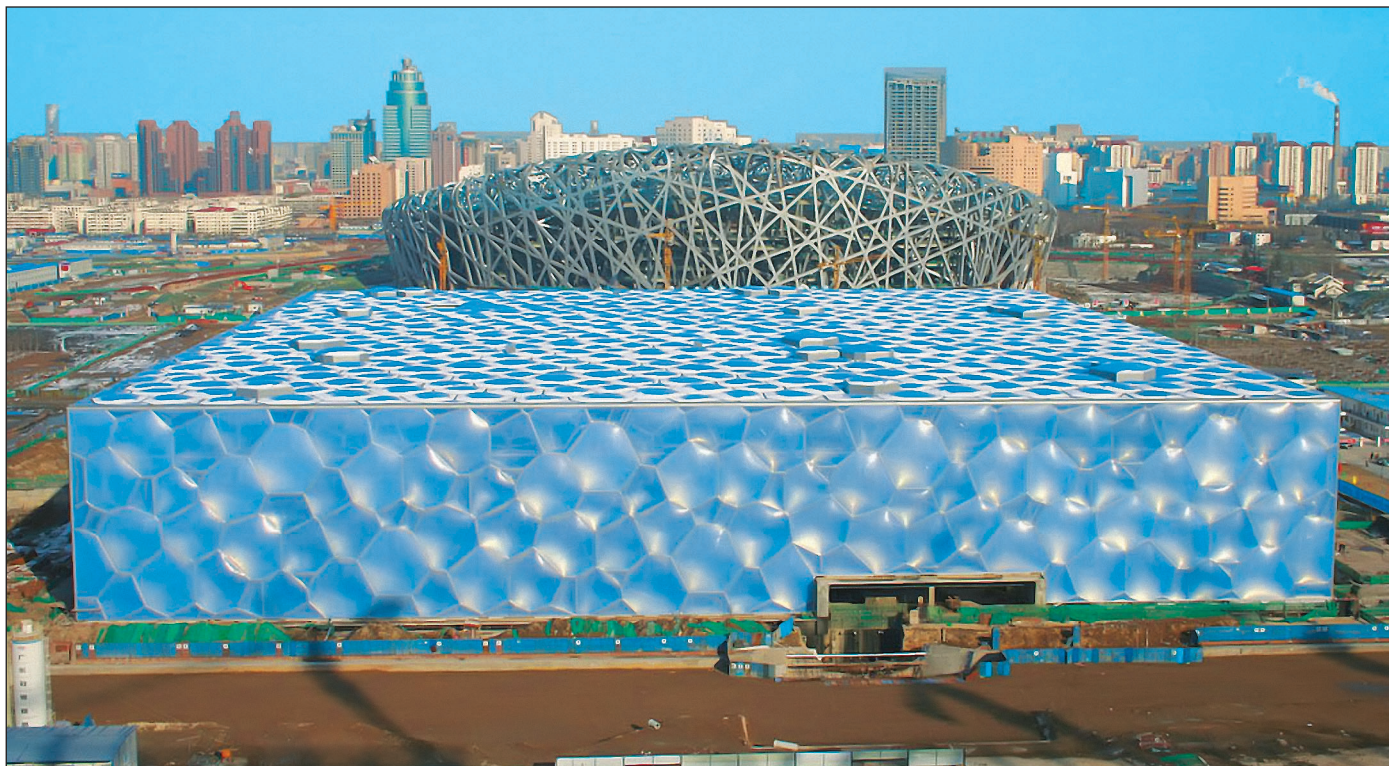
Олимпийский водный стадион в Пекине

Здание Национального центра водных видов спорта (Олимпийского водного стадиона) расположено в Олимпийской деревне рядом с основным стадионом Игр-2008 "Птичье гнездо". За свою правильную прямоугольную форму и "пузырчатый" внешний вид оно получило название "Водный куб". Проектирование и строительство выполнены в 2003-2007 годах.

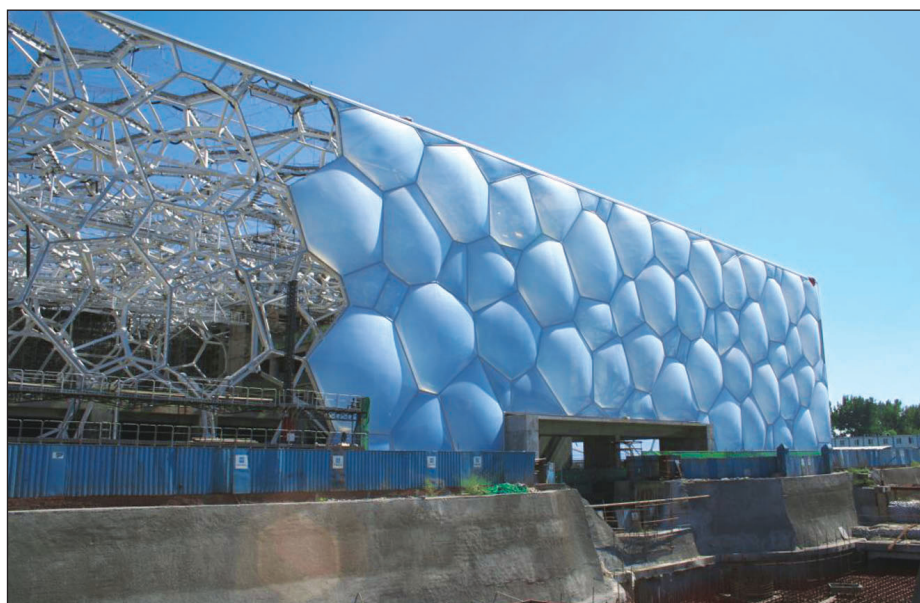
В основу идеи "Водного куба" положен принцип обычной садовой теплицы — стальной каркас, покрытый пленкой, а внутренние помещения нагреваются под воздействием солнечных лучей. То есть внешних стен в их обычном понимании в этом здании просто нет.

Все "пузырьки" здания держатся на стальном каркасе, разработанном специалистами PTW Architects совместно с CSCEC и Arup Consulting Engineering. По внешнему виду он напоминает соты, строение которых было взято по аналогии с мыльной пеной.

Такая внешне хаотичная, но достаточно оптимальная по своим заложенным в геометрию прочностным характеристикам конструкция, впервые описанная в 1994 году, на самом деле является наиболее эффективным способом деления пространства на автономные ячейки нескольких типоразмеров, созданным самой природой.



Олимпийский водный стадион: вид на завершающей стадии строительства



Монтаж стен из "пузырьков" при строительстве водного стадиона. Слева видны открытые конструкции несущего каркаса

Применительно к нашему зданию вся несущая конструкция была хорошо выверена, просчитана и оптимизирована.

Для возведения каркаса пришлось использовать примерно 90 километров стали (общий вес 6500 тонн), сформированной в 22 000 балок-лучей, ни одна из которых не имеет прямолинейной формы. По этим характеристикам здание

"Водного куба" вполне сравнимо с Эйфелевой башней.

Окончательно вся конструкция объединялась в единое целое с помощью 12 000 узлов.

Проектирование "Водного куба" с самого начала велось с использованием технологии BIM, при этом инициатива в ее применении принадлежала архитекторам, инженерам и строителям.

Технология BIM при разработке "Водного куба" использовалась в концептуальном дизайне, оптимизации конструкций, быстром прототипировании, обеспечении взаимосвязи между различными участниками проекта, а также изготовлении чертежной и печатной документации.

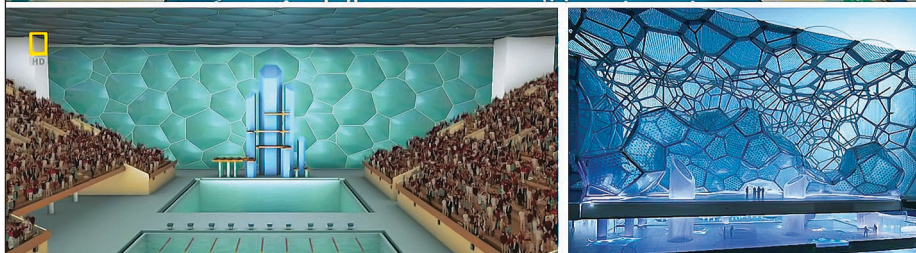
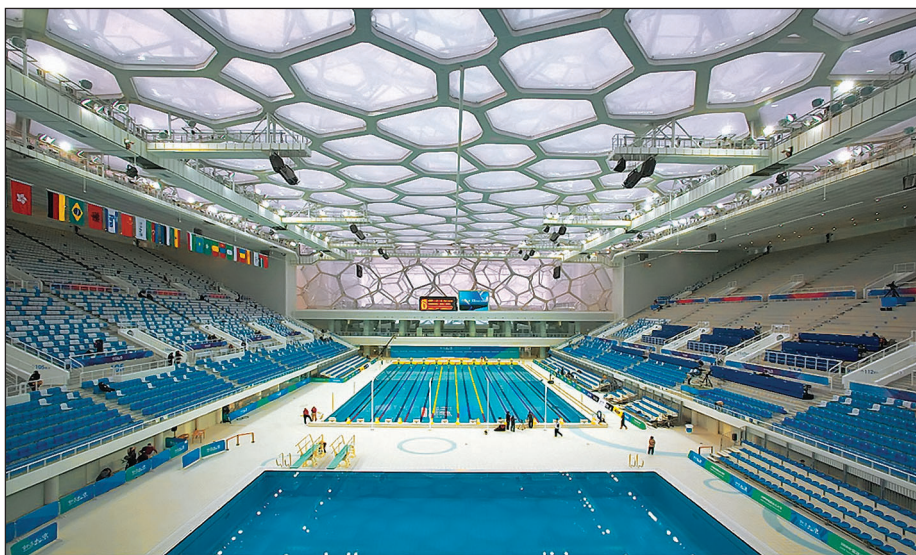
Основным компьютерным средством для параметрического моделирования здания стала программа MicroStation компании Bentley Systems.

Геометрическая модель создавалась еще на стадии конкурсных предложений для показа формы сооружения, но с расчетом на дальнейшее использование в проекте. Первоначальный каркас был составлен из одинаковых ячеек, а затем программными средствами MicroStation все они получили индивидуальные размеры и форму, соответствующие пузырьковой структуре мыльной пены.

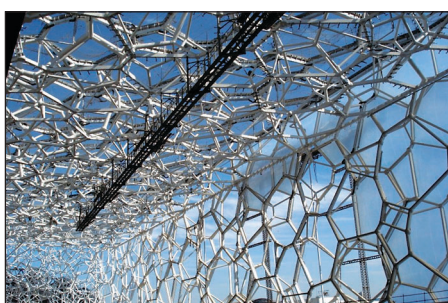
Как утверждают специалисты фирмы Agur, для создания модели внутренних стальных конструкций здания им понадобилось всего 25 минут.

Еще на стадии подготовки к конкурсу фирма Agur экспортировала каркасную модель здания в формате DXF из MicroStation в программу Strand 7.0 для выполнения первоначальных расчетов конструкций.

Благодаря этому на каждом шаге обсуждения проекта его авторы представляли заказчику не только "концептуаль-



"Водный куб": сверху – фотография основного плавательного бассейна, на которой хорошо виден металлический каркас здания; внизу – различные визуализации проекта



"Водный куб": конструкции основного каркаса здания



"Водный куб" и "Птичье гнездо" – своеобразные Инь и Янь Олимпиады в Пекине, олицетворяющие новые технологии в строительстве

ную идею" с необычными формами, но и строгий расчет.

В дальнейшем, уже на стадии проектирования, все расчеты и оптимизация конструкций методом конечных элементов также велись в программе Strand 7.0.

Результаты этой работы проявлялись в многократных возвратах к первоначальной модели в MicroStation и ее корректировке.

Для оптимизации конструкций по заказу Arup была написана на языке Visual Basic специальная программа, которая работала совместно со Strand 7.0.

Оптимизированная модель и результаты расчетов затем экспортировались в чертежи AutoCAD (формат DWG), чертежи MicroStation TriForma (формат DGN), а также в электронные таблицы

Microsoft Excel (формат XLS) для хранения данных.

Создание рабочей документации и оформление другой относящейся к проекту информации выполнялось с помощью программы Bentley Structure, содержащей обширные библиотеки по стальным конструкциям.

Одним из многих плюсов применения программы Bentley Structure было сведение до минимума риска человеческой ошибки. В то же время программа давала возможность быстро переделывать модель водного стадиона, внося в нее постоянно возникающие по результатам расчетов или другим причинам изменения, уточнения и коррективы.

В результате такой деятельности к концу каждой недели все 65 чертежей основной документации (планы, фасады, разрезы и т.п.) претерпевали полное обновление.

Для изготовления стальных конструкций фирма Arup предложила максимально использовать уже имеющуюся компьютерную модель, чтобы облегчить весьма сложное производство и свести до минимума такую дорогостоящую операцию, как сварка.

Для этого надо было переводить модель из MicroStation в формат SDNF, а затем передавать ее в какую-либо специализированную программу (например, Tekla Structures), которая производит необходимую подготовку для последующего изготовления всех деталей на станках с ЧПУ.

Но в случае с "Водным кубом" возникла уникальная ситуация: китайская сторона, располагавшая большим количеством достаточно дешевой рабочей силы, отказалась от возможностей автоматизированного производства конструкций каркаса здания в пользу "ручного" их изготовления.

В результате, несмотря на имеющийся технологический потенциал, все стальные детали каркаса изготавливались вручную. На их сборке было задействовано около 3000 рабочих, в том числе более 100 сварщиков.

Фирме Arup пришлось в таких условиях обеспечивать рабочих большим количеством дополнительной документации по конструкциям и их узлам, выведя на бумагу в общей сложности более 15 000 чертежных видов. Но благодаря BIM была успешно решена и эта задача.

После завершения строительства и ввода здания в эксплуатацию американский журнал "Time" включил стадион "Водный куб" в список десяти лучших архитектурных сооружений в мире по итогам 2007 года.



Юрий Елтышев,
председатель
Новосибирского клуба
инженеров-изобретателей



Александр Кириллов,
инженер-архитектор



Владимир Таланов,
руководитель АТС Autodesk
«Интеграл», профессор НГАСУ
(Сибстрин)

Опубликовано: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15242