



## ➤ AECOsим Building Designer КООРДИНИРУЕТ ТРЕХМЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ САМОГО ВЫСОКОГО КОЛЕСА ОБОЗРЕНИЯ В МИРЕ

**В** ходе проектирования колеса обозрения "High Roller" в Лас-Вегасе Arup интегрировала решения Bentley с программным обеспечением сторонних разработчиков.

### Колесо обозрения становится символом района The LINQ

168-метровое колесо обозрения под названием "High Roller" — основная достопримечательность нового торгово-развлекательного района The LINQ в Лас-Вегас-Стрип, Невада, раскинувшегося на четверть мили. 28 сферических кабин, подвешенных на ободе колеса, вмещают до 1120 человек. За один поворот колеса можно насладиться головокружительными видами города с сопровождающими это путешествие аудиовизуальными и световыми эффектами. В ходе строительства района, стоившего корпорации Caesars Entertainment 550 миллионов долларов, компания Arup вошла в проектную группу как организация, ответственная за авторский надзор. В рамках проекта строительства колеса обозрения, расположенного напротив Caesars Palace, компания предоставила инженерно-консультационные услуги в области проектирования и расчета конструкции, механического и электри-

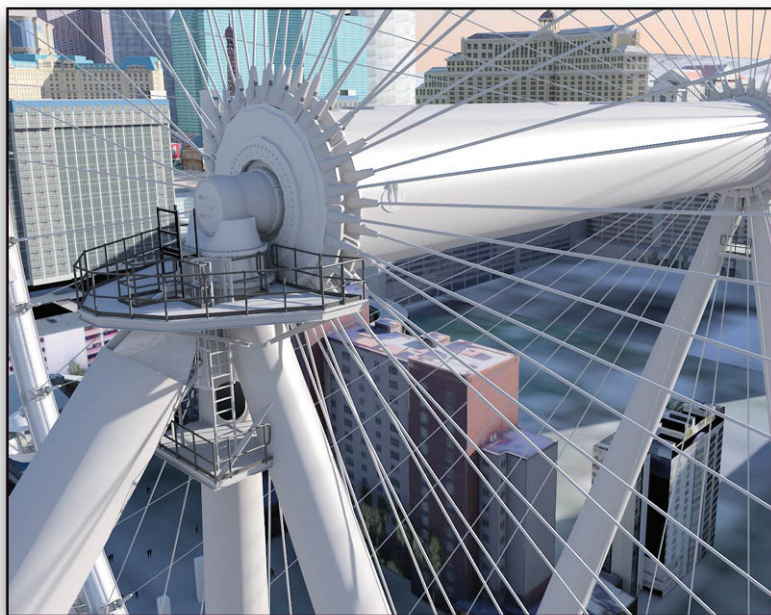
ческого оборудования, а также в сфере акустики и пожарной безопасности. В качестве основного ПО информационного моделирования сооружений (BIM) проектная группа использовала продукт AECOsим Building Designer компании Bentley, органично интегрируемый с другими приложениями, что сыграло важную роль в координации в 3D и реализации проекта.

### Проект, оправдавший ожидания

В соответствии с пожеланиями заказчика колесо "High Roller", открытое в марте 2014 года, стало самым высоким колесом обозрения в мире, превзойдя "London Eye" и "Singapore Flyer". За 50 лет, по истечении которых колесо диаметром в 161 метр исчерпает проектный срок службы, оно повернется вокруг своей оси 650 000 раз. Его усталостно-прочная конструкция позволяет выдерживать сосредоточенную нагрузку на подшипники, стальной каркас, кабели и арматуру, вызываемую вращением 28 кабин весом в 44 000 фунтов каждая, а также вес пассажиров, при том, что один оборот колеса занимает 30 минут. Чтобы максимально расширить обзор из кабин, следовало предельно уменьшить элементы обода и видимой опорной конструкции. В ре-

зультате колесо было спроектировано с натянутыми спицами и единственным постоянно сжатым ободом. В целях оптимизации установки на ободе дополнительных элементов, необходимых для подключения электропитания, связи, освещения и обеспечения безопасности, проектная группа провела многократные подробные расчеты напряжений. Все элементы и опорные кронштейны были смоделированы в приложении AECOsим Building Designer еще до создания сборочных чертежей.

Узость площадки, отведенной под строительство, также поставила перед проектной группой определенные задачи. "High Roller" необходимо было установить над существующей дорогой, прилегающей к монорельсу, поэтому возможности расположения опор колеса обозрения на земле оказались ограниченными. По результатам глубокого анализа проектных решений компания Arup установила, что оптимальной в данной ситуации будет установка четырех наклонных опор диаметром в 2,8 метра с одной поперечной распоркой, протянутой через дорогу, на которой будет крепиться ступица колеса. Наклон опор предоставляет кабелям колеса достаточную ширину для обеспечения эффектив-




Создание полностью интегрированной общей модели упростило координацию между различными областями и сторонами – участниками проекта

ности системы ветровых связей при сведении к минимуму установочной площади конструкции. Для определения требований, связанных с ветровым движением, и условий, необходимых для гашения колебаний, были произведены соответствующие аэродинамические испытания. В результате опоры были оборудованы 13 резонансными виброгасителями, предотвращающими эффект вибрации, который мог бы негативно сказаться на ощущениях пассажиров во время катания.

Во время вращения колеса у пассажиров складывается впечатление, что они плывут по воздуху. Сферическая форма кабины надежно защищает их и в то же время обладает просторным интерьером и предоставляет неограниченную обзорность. Во время проектирования необходимо было решить задачу регулирования температуры внутри кабин, связанную с предотвращением их чрезмерного нагревания, вызванного высокой температурой окружающей среды и солнечной энергией, поступающей через остекление. Инженеры Arup оптимизировали систему кондиционирования и остекления кабин, снабдив сферические панели двойным остеклением, ограничивающим силовую нагрузку кондиционера.

### Выбор правильных инструментов

Использование целого ряда пакетов программного обеспечения и подбор соответствующих приложений для решения определенных задач позволили Arup



Моделирование в 3D было жизненно важным для объединения в одно целое всех элементов конструкции, созданных по индивидуальному заказу. Интеграция продуктов Bentley с другим программным обеспечением также способствовала укреплению сотрудничества между членами проектной группы. Возможность импорта и экспорта файлов в различных форматах, полученных от других консультантов, участвующих в процессе проектирования, сыграла важную роль в обеспечении координации в 3D и реализации проекта.

**Стивен Корни (Stephen Corney),**  
старший техник Arup по BIM

решить все проблемы, связанные с проектированием. На ранних стадиях проектирования для обеспечения быстрого и точного концептуального моделирования было выбрано ПО произвольного моделирования Rhinoceros McNeel. Для предварительного анализа упрощенных моделей балочных элементов был использован пакет ПО для структурного проектирования и анализа GSA Suite компании Oasys (разработчик ПО в составе Arup). Когда в ходе проекта потребовалось использование высокотехнологичного приложения BIM, Arup оставила свой выбор на AECOSim Building Designer компании Bentley. По мере продвижения проекта были применены и другие программы.

Еще на стадии проектного замысла, как только геометрические характеристики конструкции приобрели более определенные контуры, Arup создала ее параметрическую модель, используя для этого ассоциативную систему параметрического моделирования Generative-Components компании Bentley. Это способствовало автоматизации проектной деятельности и ускорению процесса повторного проектирования. Параметрическая модель помогла установить все переменные в геометрии колеса и определить размеры, обуславливающие его конструкцию. Затем геометрические параметры были экспортированы в GSA Suite для осуществления структурного анализа. Анализ показал, что во время нормальной работы различные секторы колеса будут находиться в условиях переменного механического напряжения. Элементы, подверженные критическому разрушающему напряжению, включали обод, на котором в положении 6 часов создавалось сильное напряжение, а в положении 12 часов – легкое. С помощью программы расчета методом конечных элементов общего назначения LS-DYNA корпорации Livermore Software Technology Arup создала детальные конечно-элементные модели, позволяющие определить диапазон и расположение участков, на которых по мере осуществления поворота колеса возникало напряжение.

Совместимость программных приложений имела решающее значение для создания точных расчетов усталостного напряжения. Например, в детальной модели обода колеса был учтен каждый болт, кабельный

ввод, осветительный прибор, эксплуатационный люк и пр. Модель обода колеса была создана в Rhinoceros, затем перенесена в AECOsим Building Designer для проектирования, импортирована в Altair HyperMesh (высокопроизводительный препроцессор конечных элементов) и, наконец, проанализирована в LS-DYNA. С помощью этого процесса удалось выявить точки, на которых необходимо было уменьшить напряжение, после чего процесс был проведен повторно.

### Координация трехмерного проектирования

Выходные данные, полученные с помощью программ сторонних разработчиков, были объединены в глобальную согласованную модель с помощью AECOsим Building Designer. Даже сложные производственные модели для приводных систем, созданных с помощью продуктов Dassault Systèmes' SolidWorks, были органично импортированы с помощью функции импорта файлов Parasolid. Общая модель координации проекта была экспортирована из программного обеспечения Bentley в ПО для анализа проекта Navisworks Autodesk.

Полностью интегрированная общая геометрическая модель упростила координацию между различными областями и сторонами-участниками проекта. В результате пространственные коллизии удалось идентифицировать и устранить на начальной стадии процесса проектирования, еще до изготовления конструкции, что позволило сэкономить время и деньги заказчика. В ходе

выездных проверок элементов стальных конструкций инженеры отказались от использования бумажных чертежей, заменив их приложением Bentley Navigator Mobile®, предназначенном для работы с трехмерными моделями и документами на Apple iPad.

Документирование проекта производилось средствами AECOsим Building



Designer, что позволило командам различной специализации проектировать, анализировать, строить, документировать и отображать сооружения любого размера, формы и сложности. Для создания проекций всех компонентов колеса были использованы инструменты динамического просмотра. Это позволило Arup ускорить рабочий процесс и таким образом реализовать такой сложный проект в строго установленные сроки.

### Символ инженерного искусства, призванный выдержать испытание временем

ПО AECOsим Building Designer, используемое в качестве основного приложения для информационного моделирования сооружений, обеспечило точность, необходимую для создания сложной нестандартной конструкции. "Моделирование в 3D было жизненно важным для объединения в одно целое всех элементов конструкции, созданных по индивидуальному заказу, — сказал Стивен Корни (Stephen Corney), старший техник Arup по BIM. — Интеграция продуктов Bentley с другим программным обеспечением способствовала укреплению сотрудничества между членами проектной группы. Возможность импорта и экспорта файлов в различных форматах, полученных от других консультантов, участвующих в процессе проектирования, сыграла важную роль в обеспечении координации в 3D и реализации проекта".

Дизайн "High Roller" не только эффективен в конструктивном отношении, но и позволяет достичь более совершенных усталостных характеристик, что является крайне важным фактором для колеса обозрения в ярмарочном стиле. Колесо, которое, как планируется, будет работать по 18 часов в день в течение 50 лет, призвано противостоять усталости на всех швах, технологических входах и креплениях. Долгие годы оно будет оставаться символом инженерного искусства и станет туристической достопримечательностью мирового класса на Лас-Вегас-Стрип.

**Кэти Чатфилд-Тейлор**  
(Cathy Chatfield-Taylor)

## Резюме проекта

#### Организация:

Arup

#### Расположение:

Лас-Вегас (Невада, США)

#### Цель проекта

- Сконструировать самое высокое в мире колесо обозрения, которое станет композиционным центром района развлечений The LINQ, расположенного напротив Caesars Palace.
- Предоставить 360-градусный обзор Лас-Вегас-Стрип (Невада).
- Спроектировать конструкцию, призванную прослужить 50 лет и совершить 650 000 оборотов.

#### Продукты, использованные в ходе реализации проекта

AECOsим Building Designer, GenerativeComponents, Navigator Mobile.

#### Основные факты

- При высоте в 168 метров (550 футов) "High Roller" является самым высоким колесом обозрения в мире.
- Вес стальных элементов конструкции составляет 7,2 миллиона фунтов, при этом она оснащена 112 кабелями.
- Каждая из 28 сферических кабин весит 44 000 фунтов и вмещает 40 пассажиров; оборот колеса занимает 30 минут.

#### Рентабельность инвестиций

- Интеграция продуктов Bentley с приложениями сторонних производителей позволила наладить сотрудничество между всеми участниками проекта и обеспечила координацию в 3D.
- Интеграция продуктов помогла команде ускорить рабочий процесс и реализовать проект в строго установленные сроки.