



➤ 130-ЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ

Архитектурные обмеры и моделирование здания венгерского государственного оперного театра

Будапештской компании СЕН Inc. требовалось выполнить обмеры здания венгерского государственного оперного театра и создать по ним детализированную компьютерную модель. Сочетая принципы геодезической съемки с технологией облаков точек, специалисты смогли справиться со стоявшей перед ними колоссальной задачей, не нарушая режим работы оперы. Полученная таким образом модель будет в дальнейшем использоваться для разработки проекта реконструкции этого памятника архитектуры и его последующей эксплуатации.

Здание венгерского государственного оперного театра

Решение о строительстве здания венгерской государственной оперы было принято в 1873 году. По результатам открытого конкурса жюри выбрало проект знаменитого венгерского архитектора Миклоша Ибля (Mikl s Ybl) (1814-1891). Возведение здания ю неоклассическом

стиле, начавшееся в 1875 году, завершилось девять лет спустя. Торжественное открытие, на которое был приглашен император Австрии и король Венгрии Франц Иосиф, состоялось 27 сентября 1884 г.

Акустика построенного Миклошем Иблем оперного театра, практически не

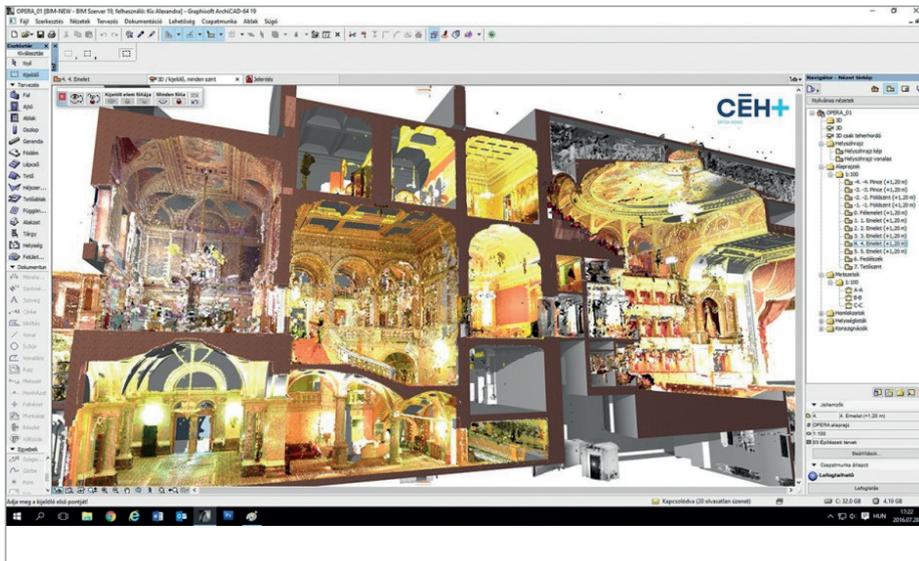
изменившегося за прошедшие 130 лет, продолжает привлекать поклонников искусства со всего мира. Ежегодно тысячи туристов посещают венгерский государственный оперный театр, по праву считающийся одним из величайших памятников архитектуры Будапешта XIX столетия¹.



Белая визуализация главного зала | © СЕН



¹ См. 360-градусную панораму главного зала: <https://goo.gl/maps/KnWVhe3RGWn>.



Итоговое облако точек, объединенное с моделью ARCHICAD 19 | © СЕН

Выполнение обмеров

Задача, стоявшая перед СЕН, заключалась в выполнении полномасштабных обмеров не только главного здания венгерской государственной оперы, но и других относящихся к ней строений (магазина, центра продаж, складских помещений, репетиционного зала, офисов и мастерских). На основе облаков точек, полученных в процессе обмеров, требовалось создать архитектурную модель, полностью отражающую текущее состояние всех зданий².

Обработка собранных данных осуществлялась в приложениях Trimble RealWorks 10.0 и Faro Scene 5.5.

Важно отметить, что непосредственное получение данных заняло значительно меньше времени, чем их последующая обработка, ведь несмотря на то что данные обрабатывались практически сразу, сложность здания требовала повышенного внимания в процессе работы.

Сочетание одновременного выполнения обмеров и их обработки создавало некоторые дополнительные трудности. Каждую новую деталь, представленную в виде облака точек, необходимо было поместить в единую модель и увязать со всеми ранее размещенными в ней элементами. Причем на повторное выполнение обмеров или изменение элементов просто не было времени, поэтому все операции необходимо было выполнять очень точно с первого раза.

Следует также учитывать и тот факт, что обмеры выполнялись в процессе функционирования оперы. Необходимость постепенного освобождения некоторых складов или обеспечения доступа в отдельные помещения приводила к тому, что обмеры, начатые в одной части здания, продолжались в другой его части, а затем специалисты возвращались в ранее недоступные помещения. Разумеется, такая организация работ снижала скорость их выполнения и требовала

дополнительной координации всего процесса.

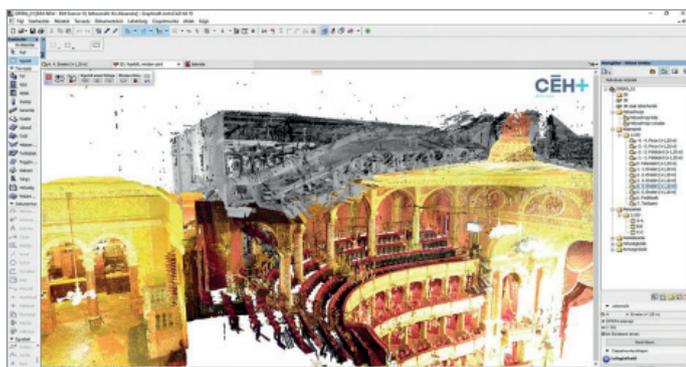
Хотя у специалистов, выполнявших обмеры, было достаточно инструментов позиционирования, поначалу сотрудники оперы случайно перемещали эти приборы, серьезно затрудняя процесс взаимной увязки облаков точек. Однако со временем обе команды научились взаимодействовать и не мешать друг другу в повседневной работе.

Некоторые помещения (такие как склады реквизита) постоянно менялись, в то время как поверхности других помещений (например, подвесная система, покрытая металлической сеткой, или закулисные конструкции) были чрезвычайно сложны для геодезических приборов — все это требовало выполнения дополнительных обмеров.

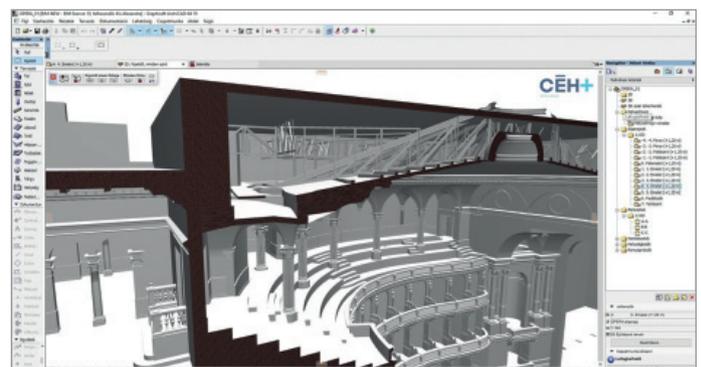
Наиболее сложными и трудоемкими были обмеры сводчатых и зигзагообразных поверхностей, присутствующих в технических и вспомогательных зонах на нижних уровнях здания. Непросто было воспроизвести и своды, делящие здание на уровни согласно замыслу его автора, Миклоша Ибля.

Опоры и иные конструкции зачастую перекрывали собой поверхности стен и полов. В подобных ситуациях результаты обмеров можно было использовать лишь для создания очень грубой 3D-модели. Поэтому, чтобы получить более подробную информацию о местах, недоступных для 3D-сканера, зачастую применялась видео- и фотофиксация.

Массивы данных обмеров предварительно импортировались в приложение Faro Scene 5.5, а затем передавались в Trimble RealWorks 10.0 для окончательной обработки. Этот процесс занял достаточно много времени, поскольку для работы с созданными таким образом файлами облаков точек требовались большие вычислительные мощности.

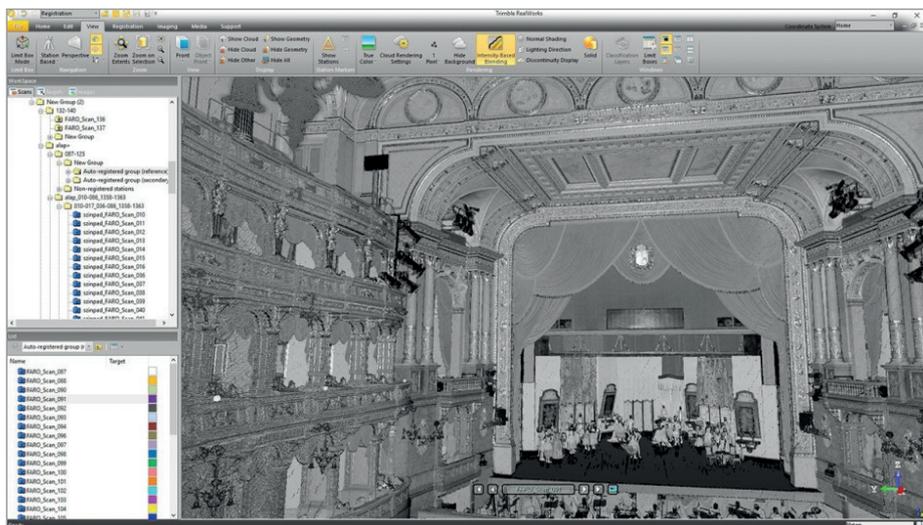


Облако точек детали главного зала и находящегося над ним чердачного пространства | © СЕН



Та же самая деталь, смоделированная в ARCHICAD 19 | © СЕН

² См. видео выполнения обмеров: <https://youtu.be/iWwpHo-Y1o8>.



Облако точек в Trimble RealWorks | © СЕН

Управление библиотекой облаков точек

Размеры файлов имеют очень большое значение при управлении данными. В процессе выполнения обмеров было создано огромное количество облаков точек, причем детализация этих файлов доходила до 40 миллионов точек на помещение. Файлы подобных размеров просто невозможно было свести воедино. Для начала следовало уменьшить количество точек при помощи Trimble RealWorks. Затем, когда детализация файлов сократилась на порядок, стало возможным объединить эти облака, каждое из которых содержало уже около 3-4 миллионов точек.

Оптимизированные и объединенные блоки из 20-30 миллионов точек сохранялись с разрешением не более одной точки на один квадратный сантиметр. Такой плотности точек вполне хватало для создания детализированной модели в ARCHICAD.

Единый оптимизированный файл облака точек был экспортирован в формате E57,

совместимом с архитектурным программным обеспечением. Таким образом

Огромную помощь в работе нам оказало решение GRAPHISOFT BIMcloud, обеспечивающее хорошую скорость доступа к файлам практически из любой точки мира.

Габор Хорват (Gábor Horváth), ведущий архитектор СЕН

команда архитекторов смогла приступить непосредственно к моделированию. Основная часть модели была выполнена в ARCHICAD 19. При этом немалую роль в работе сыграло использование решения GRAPHISOFT BIMcloud, обеспечивающего приемлемую скорость доступа

к файлам практически из любой точки мира. Этот фактор был очень важен, ведь размеры проекта превышали 50 Гб.

Работа над моделью

При анализе трехмерного объема здания изначально использовались старые обмерные планы. Эти 2D-чертежи были существенно уточнены и дополнены за счет облаков точек.

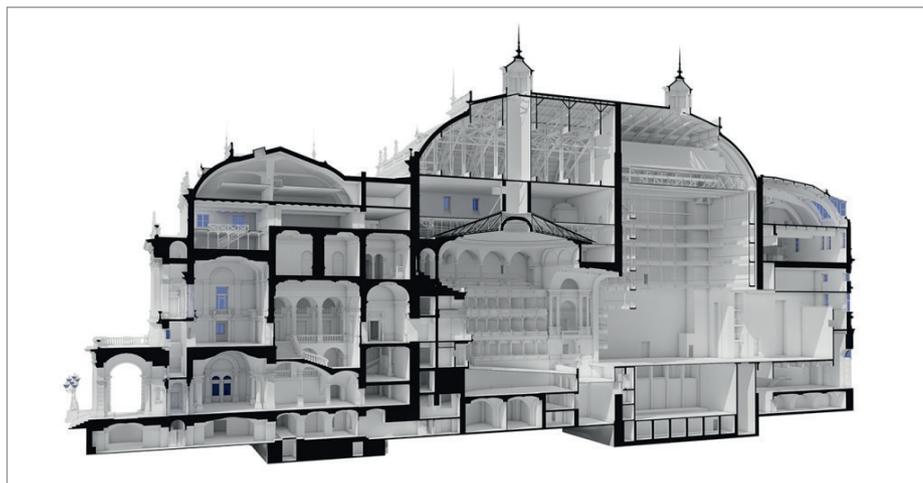
Основные расхождения со старыми чертежами стали очевидны с самого начала, при этом дополнительные сложности возникли и при сопоставлении многоуровневых планов этажей. В 1984 году здание подверглось частичной реконструкции, в результате которой были заменены некоторые элементы — например, стальные опоры подвесной системы. Выпущенная для этой реконструкции документация очень пригодилась при воссоздании модели сложных конструктивных решений, в которых присутствовали достаточно тонкие элементы, не воспринимаемые 3D-сканерами. То же самое относилось и к подвижным конструкциям, таким как стальные элементы сцены, которые продолжали эксплуатироваться и во время выполнения обмеров.

Практически вся геометрия была создана в среде ARCHICAD. Очень сложные элементы, такие как статуи, были смоделированы в сторонних приложениях, а затем импортированы в ARCHICAD в виде триангулированных 3D-сеток. Эти элементы, состоявшие из большого количества полигонов, добавлены в модель лишь на последнем этапе.

Наибольшие ограничения на работу архитекторов накладывали вычислительные мощности компьютеров, поскольку размеры файлов облаков точек и модели несколько снижали производительность. Для уменьшения размеров модели и повышения удобства работы с ней очень важно было свести к минимуму вложенную библиотеку. В небольших проектах размеры этой библиотеки не играют большой роли, но в данном случае она содержала множество высокополигональных элементов, сильно увеличивавших размеры проекта и, как следствие, создававших чрезмерную нагрузку на компьютеры. Чтобы повысить плавность 2D-навигации и уменьшить размеры файла, некоторые элементы были сохранены в виде объектов. Таким образом в модели стало возможным разместить любое количество экземпляров одного и того же объекта, не создавая



Статуи на фасадах в модели ARCHICAD | © СЕН



3D-сечение окончательной модели в ARCHICAD | © СЕН



Визуализация модели в ARCHICAD | © СЕН

новые морфы или иные конструктивные элементы. Еще большей оптимизации удалось добиться путем упрощения 2D-символов объектов. Разумеется, это решение никак не могло отразиться на 3D-производительности, поскольку оно не уменьшало количество полигонов, присутствующих в модели. Проблему удалось устранить путем настройки комбинаций слоев — например, отключая при 3D-навигации показ элементов декора и скульптур.

Результатом множества часов работы и колоссальных усилий стало создание модели, которую любой желающий может просмотреть на своем мобильном устройстве. Немалую роль в достижении успеха сыграли детальное планирование и поэтапная организация всего рабочего процесса.

Стоит также отметить, что эффективно выполнить обмеры и создать по ним точную модель удалось только благодаря слаженной работе и готовности к взаи-

модействию труппы венгерской государственной оперы и сотрудников компании СЕН, приложивших немало совместных усилий для сохранения и реконструкции этого великолепного памятника архитектуры.

Модель оперного театра в BIMx Lab

Несмотря на то что модель ARCHICAD была максимально оптимизирована, она все же содержит около 27 500 000 полигонов и приблизительно 29 000 BIM-элементов.

BIM-модели таких размеров очень сложно просматривать в мобильном приложении GRAPHISOFT BIMx. Но с подобными задачами отлично справляется недавно созданная технология BIMx Lab³, позволяющая обрабатывать практически любые количества полигонов в моделях ARCHICAD любой сложности!

*По материалам
компании GRAPHISOFT*

Карточка проекта

Объект: Венгерская государственная опера

Компания: СЕН Inc.

Тип: культурный объект

Расположение: Будапешт, Венгрия

Выполнение обмеров: 2016 г.

Площадь: 25 000 м²

Использованные приложения:

GRAPHISOFT ARCHICAD

Trimble RealWorks

Faro Scene

О компании СЕН Inc.



СЕН Planning, Developing and Consulting Inc. – ведущий инженерный отдел СЕН Group, ключевого игрока на венгерском проектно-строительном рынке. Работая более 25 лет, компания СЕН накопила большой опыт в проектировании, возведении и эксплуатации зданий. В СЕН работают специалисты всех инженерных специальностей, связанных со строительной индустрией.

Штат СЕН насчитывает около 80 сотрудников, кроме того существуют 10 филиалов и 150-200 специалистов, работающих на подрядной основе.

Площадь BIM-проектов, реализованных СЕН, превышает 150 000 м².

Архитекторы СЕН Inc. применяют в своей работе ARCHICAD более 10 лет. На данный момент СЕН владеет 26 лицензиями и использует GRAPHISOFT BIMcloud.

В этом проекте, выполненном в ARCHICAD 19, было постоянно задействовано от трех до семи архитекторов.

О компании GRAPHISOFT



Компания GRAPHISOFT® в 1984 году совершила BIM-революцию, разработав ARCHICAD® – первое в индустрии САПР BIM-решение для архитекторов.

GRAPHISOFT продолжает лидировать на рынке архитектурного программного обеспечения, создавая такие инновационные продукты, как BIMcloud™ – первое в мире решение, направленное на организацию совместного BIM-проектирования в режиме реального времени, EcoDesigner™ – первое в мире полностью интегрированное приложение, предназначенное для энергетического моделирования и оценки энергоэффективности зданий, и BIMx® – лидирующее мобильное приложение для демонстрации и презентации BIM-моделей. С 2007 года компания GRAPHISOFT входит в состав концерна Nemetschek Group.



³ Модель здания венгерской государственной оперы в BIMx Lab: <https://youtu.be/C2IXEhsmNU4> (модель: © СЕН, видеоролик: © GRAPHISOFT).