

ООО «Спутник»

Опыт успешного применения

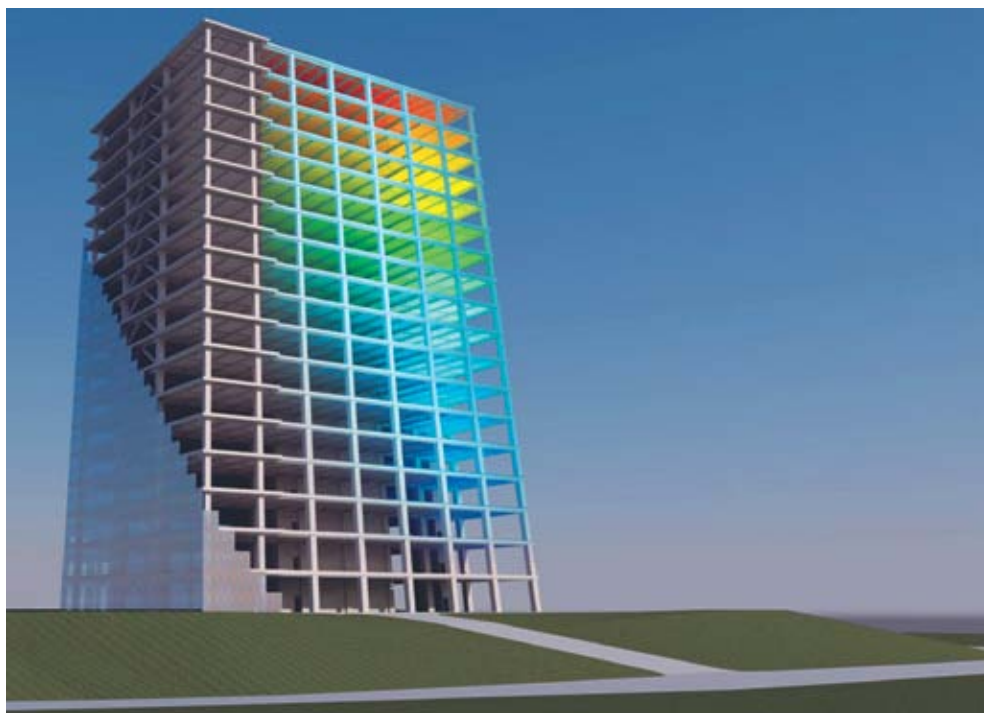
Autodesk Revit Structure  
Robot Structural Analysis

С помощью Revit Structure и Robot Structural Analysis удалось решить основные задачи проектирования строительных конструкций. На конкретном проекте мы смогли убедиться в эффективности работы по новой технологии. Теперь, когда у нас есть модель здания, львиная доля рутинной работы снимается, а инженер больше времени уделяет разработке и принятию решений, оценке вариантов и анализу результатов. Человеческий фактор снижается, а качество принимаемых проектных решений возрастает. Думаю, за этой технологией будущее строительного проектирования.

—М. Прошин  
генеральный директор  
ООО «Спутник»

# «Резиновое моделирование» или высокий BIM

## Компания «Спутник» спроектировала 20-этажный деловой центр



Проект здания: архитектура — конструкции — расчеты (визуализация в программе Revit Structure)

### О проекте

Компания «Спутник» с 2007 года занимается проектированием и расчетами конструкций жилых и офисных зданий совместно с архитектурными мастерскими. Недавно проектная организация начала внедрение программных комплексов Autodesk Revit Structure и Robot Structural Analysis. Первым проектом, выполненным с помощью новых решений, стало 20-этажное здание делового центра. Два этажа образуют его подземную часть, а остальные 18 возвышаются над землей.

Несущие конструкции здания — железобетонный каркас с ядром жесткости и вертикальными связями. Давление грунта принимают на себя монолитные подпорные стены. Вертикальный каркас представлен колоннами различных сечений круглого и прямоугольного типа. Горизонтальный каркас — балочная система, на которую опираются железобетонные плиты перекрытий. По всей высоте здания расположены раскосы и диафрагмы жесткости. Внутри ядра жесткости размещены шахты для коммуникаций и лестничные клетки. Район расположения здания является неблагоприятным с точки зрения сейсмического воздействия, которое необходимо было учитывать как при эксплуатации здания, так и при его возведении.

### Задача

При работе над проектом конструкторы компании решали традиционные для высотного проектирования проблемы. Прежде всего это колоссальные строительные объемы и, как следствие, огромный масштаб задач на всех этапах проектирования: разработка конструктивной схемы и ее анализ, проведение расчетов и оценка результатов, конструирование элементов по данным расчетов, разработка проектной документации. Кроме того, необходимо было разработать несколько вариантов проекта, а также тщательно образом учитывать проектирование всех смежных разделов и оперативно вносить необходимые изменения.

## Решение

Поскольку объект проектирования имел большие объемы, было решено воспользоваться помощью партнера Autodesk — компании «СофтИнжиниринг Менеджмент», специалисты которой помогли организовать рабочий процесс. Проект конструкций был приоритетным по отношению к остальным разделам инженерии и архитектуры, поскольку именно требования к несущим конструкциям являлись определяющими в районе расположения будущего здания. К тому же эскиз конструкций этого проекта в виде плоских электронных чертежей формата \*.dwg уже находился в распоряжении «Спутника». Поэтому первым делом с помощью Revit Structure была построена полная модель несущих конструкций.

Одновременно с построением 3D-модели в программе автоматически создавалась и модель аналитическая. Далее началось изменение объекта для получения различных вариантов. Конструкторы назвали этот процесс «резиновым моделированием», так как благодаря технологии информационного моделирования зданий (Building Information Modeling — BIM) не было необходимости изменять положение и характеристики каждого элемента вручную: система автоматически рассчитывала новые параметры конструкции. После этого все полученные варианты были переданы в Robot Structural Analysis для расчета, и, по завершении оценки результатов, наиболее приемлемый из них был принят для последующей разработки необходимых строительных разделов проекта.

### Создание 3D-модели конструкции здания

Над проектом конструкции в Revit одновременно работали два пользователя. Один из них проектировал надземную часть, другой, соответственно, подземную. Обе части объединялись в файле хранилища, при регулярной синхронизации с которым каждый конструктор получал обновленную модель всего здания. При этом та часть объекта, над которой работал другой пользователь, оставалась видимой, но закрытой для редактирования, а главный инженер имел возможность контролировать файл хранилища.



Модель строительных конструкций

С помощью инструментария Revit были созданы все необходимые конструктивные элементы — фундаменты, подземные внешние и внутренние стены, стены ядра и диафрагмы жесткости, вертикальный несущий каркас, горизонтальный несущий каркас и плиты перекрытий. Также были размещены дверные проемы и технологические отверстия, предусмотрены лифтовые и коммуникационные шахты. Для всех элементов были определены необходимые параметры. Так, например, каждая балка была обозначена как главная или второстепенная (первого, второго порядка и так далее). Такой подход и наличие параметризации позволяют осуществить взаимную связь между всеми частями конструкции, когда изменения одних элементов вызывают интеллектуальную (согласно строительным условиям) реакцию других.

Для разработки проекта были приняты решения по разным вариантам конструкций.

Основное различие было в высоте этажей. Именно этот параметр был одним из решающих при расчете на сейсмические воздействия. В каждом из вариантов шаг высоты равных этажей отличался — соответственно, менялась общая высота здания. Благодаря аппарату параметризации Revit новые варианты были созданы буквально за считанные минуты: конструктор с помощью одной операции менял высоту уровня — и сразу менялись все связанные с ним равенства уровня других этажей. Автоматически при этом вытягивается все здание, все конструктивные элементы: весь каркас, стены, перекрытия, даже лестницы на всех этажах перестраиваются, автоматически подбираются высоты ступеней. Одновременно изменяется вся расчетная схема, заведомо завязанная с моделью, и, что очень важно, чертежи с привязками, отметками, обозначениями, спецификациями.

Благодаря аппарату параметризации Revit новые варианты конструкции создаются буквально за считанные минуты. Автоматически при этом вытягивается все здание, все конструктивные элементы: весь каркас, стены, перекрытия, даже лестницы на всех этажах перестраиваются. Одновременно изменяется вся расчетная схема и, что очень важно, чертежи с привязками, отметками, обозначениями, спецификациями.

### Работа с аналитической моделью

Специалисты компании «Спутник» отметили широкие возможности Autodesk Revit Structure при работе с аналитической схемой в динамическом 3D-виде. Модель можно свободно вращать и мгновенно фрагментировать нужные части нажатием кнопки мыши. Рабочее пространство позволяет настроить видимость для абсолютно любого отображения, от каркасного и аналитического до вида с учетом прозрачности и отображения сечений в любых цветовых гаммах. При этом количество таких видов не ограничено, и все они напрямую связаны между собой. Любое изменение, сделанное на одном виде, вступает в силу на всей модели, а значит, влияет и на остальные виды. Это позволяет наиболее реально анализировать проектные решения и тратить значительно меньше времени на внесение корректировок.

Конструкцию можно было оценить на аналитические отклонения, коллизии, граничные условия для элементов. Так, например, аналитика плиты перекрытия строится с учетом контура всех отверстий и проемов. Инструменты корректировки аналитической модели позволяют также вручную редактировать расчетную схему, построить ее согласно замыслам инженера. Для каждого несущего элемента могут быть назначены параметры его работы в схеме, а для материалов — необходимые свойства и коэффициенты.

При создании главного варианта модели в Revit Structure были определены нагрузки на конструкции, а также назначены граничные условия элементов и опоры. Фактически программа стала еще и конструирующей средой для расчетного комплекса Autodesk Robot Structural Analysis.



Произвольный 3D-разрез здания

С помощью Robot Structural Analysis были произведены необходимые расчеты, включая анализ на сейсмические воздействия по российским нормам, а также специальный расчет на основании фактических данных геологического обследования.

### Анализ и расчеты в Robot Structural Analysis

Robot Structural Analysis в ООО «Спутник» стал «преемником» Robot Millenium, который используется в компании с 2005 года. Двусторонняя связь с Revit позволяет корректно экспортировать из последнего всю расчетную схему (физические характеристики сечений и соответственные свойства материалов, нагрузки и их сочетания, граничные условия и опоры элементов, специальные элементы и внутренние усилия), а равно и отправлять скорректированные данные назад (внутренние усилия, изменения расчетной схемы, фактически сконструированные сечения и армирование).

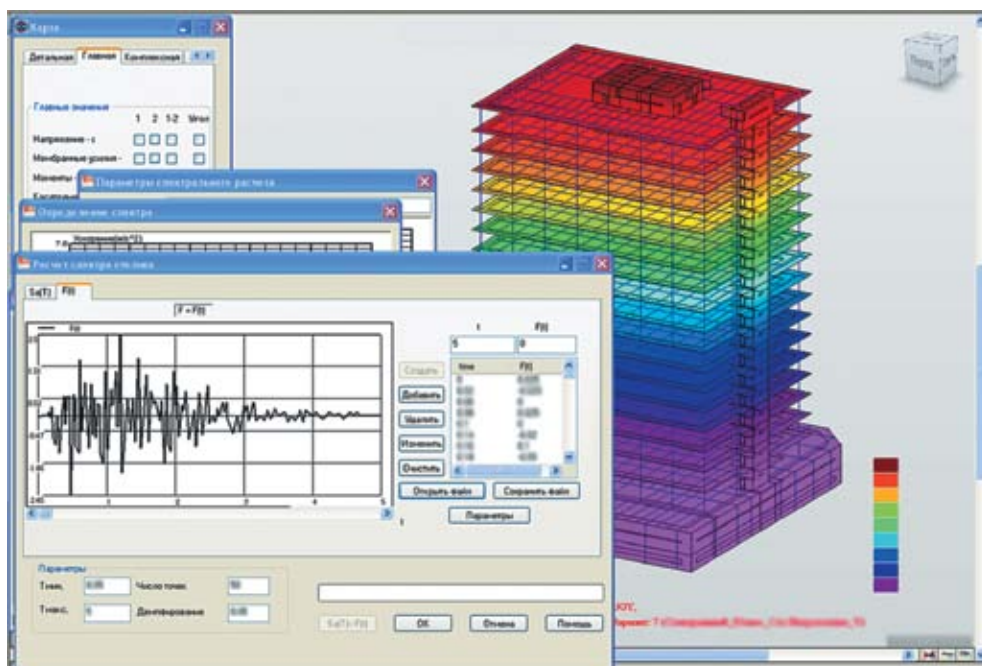
С помощью Robot Structural Analysis были произведены необходимые расчеты, включая анализ на сейсмические воздействия по российским нормам, а также специальный расчет на основании фактических данных геологического обследования. Расчеты были проведены для разных вариантов конструкции. Таким образом, удалось исключить из работы стадию многоразового «поднятия» расчетной схемы в расчетном комплексе, которая отнимает большое время на этапе анализа и расчета конструкций здания, что особенно важно при наличии нескольких вариантов проектных решений.

На стадии оценки результатов, объем которых исчислялся гигабайтами, средствами автоматического сбора, сортировки и фильтрации результатов был создан отчет о проведенных расчетах.

## Выводы и результаты

Конечно, реализация проекта не обошлась без трудностей, однако все их удалось преодолеть. Новая технология, названная конструкторами проекта «резиновым моделированием», значительно отличается от технологии «электронного кульмана», к которой привыкли инженеры. Некоторые методы и инструменты, бывшие прежде самыми удобными, отошли на второй план, а работе с новой технологией пришлось учиться. Однако освоиться в новой программной среде оказалось не так сложно. Специалисты «Спутника» отметили сокращение времени на выполнение проекта и внесение изменений, больше времени было потрачено на качество проекта, и значительно снизилось влияние человеческого фактора.

[www.autodesk.ru/revitstructure](http://www.autodesk.ru/revitstructure)  
[www.autodesk.ru/bim](http://www.autodesk.ru/bim)  
[www.autodesk.ru/robot](http://www.autodesk.ru/robot)



Расчет конструкций в Robot Structural Analysis

Данный проект осуществлен при поддержке Gold-партнера Autodesk — компании ЗАО «СофтИнжиниринг Менеджмент»



Адрес: Россия, 111672, Москва,  
ул. Суздальская, 4б, оф. 203.

Телефон: (495) 644-16-94  
Факс: (499) 644-06-09

Email: [info@softem.ru](mailto:info@softem.ru)  
Веб: [www.softem.ru](http://www.softem.ru)

Процесс корректировки параметров модели конструкторы назвали «резиновым моделированием», так как благодаря технологии BIM не было необходимости менять положение и характеристики каждого элемента вручную: система проектирования автоматически рассчитывала новые параметры конструкции.