

УДК 624.04

**ИНФОРМАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ
ОБЪЕКТОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
АРХИТЕКТУРЫ***Кравченко Г. М., Манойленко А. Ю.*

Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

galina.907@mail.rumambotractorist@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос интеграции конечноэлементной расчетной схемы и информационной трехмерной модели объекта параметрической архитектуры. Особенности форматирования IFC расширяют возможности представления проектных данных для решения задач по совмещению информационной и расчетной модели. Проиллюстрированы преимущества и недостатки моделирования уникального высотного здания со сложной аналитической поверхностью.

Ключевые слова: информационное моделирование, параметрическая архитектура, метод конечных элементов, 3D модель, расчетная модель, интеграция, IFC форматирование.

Введение. Информационное моделирование предполагает следование ряду принципов:

- выполняется интеллектуальная параметризация объектов;
- используются базы данных, соответствующие объектам;
- рассматривается 3D модель;
- применяется IFC форматирование.

Информационная модель здания содержит сведения о геометрии элементов, физико-механических характеристиках материала и других особенностях, которые отражают реальную работу конструкции [1, 2].

В программном комплексе (ПК) «Лира» разработана новая технология двусторонней интеграции архитектурной и расчетной моделей. Данное решение обеспечивает существенное сокращение сроков проектирования и снижение экономических затрат на разработку проектной документации. Кроме того, при необходимости в модели можно вносить изменения или уточнения в соответствии с жизненным циклом объекта параметрической архитектуры.

Принципы построения информационной и расчетной моделей. При исследовании напряженно-деформированного состояния элементов каркаса сооружения методом конечных элементов разрабатывается идеализированная конечноэлементная модель объекта, состоящая из совокупности конечных элементов определенного типа [3, 4]. Расчетная модель абстрагирует соответствие геометрического образа и конечноэлементного представления. Это абстрагирование принципиально отличает расчетную модель от архитектурной. Идеализация физической (архитек-

UDC 624.04

**INFORMATION MODELING OF THE
UNIQUE OBJECTS OF PARAMETRIC
ARCHITECTURE***Kravchenko G. M., Manoylenko A. Yu.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

galina.907@mail.rumambotractorist@mail.ru

The article deals with the integration of finite element model and information three-dimensional model of a parametric architecture object. The features of IFC formatting expand the possibilities of presenting design data for solving problems of integration information and computational models. The advantages and disadvantages of this approach of modeling the unique high-rise buildings, the architectural solution of which is a complex geometric surface, are illustrated.

Keywords: information modeling, parametric architecture, finite element method, architectural model, calculation model, integration, IFC formatting.

турной) модели методом конечных элементов наилучшим способом передает особенности напряженно-деформированного состояния объекта. Архитектурная модель в точности воспроизводит его геометрию.

Принципы информационного моделирования, заложенные в алгоритме создания модели, вызывают ряд сложностей при экспорте из архитектурной программы в расчетную. Чаще всего возникает топологическая несовместимость точной геометрической формы архитектурной модели и расчетной конечноэлементной. При экспорте в расчетную программу возможно искажение информации об элементах каркаса здания (физико-механические характеристики материалов, типы сечений и т. д.), что требует уточнения с помощью инструментов расчетных программ.

Разработанный в 1997 году формат данных IFC (Industry Foundation Classes можно перевести как «отраслевая классификация») позволил частично решить проблемы трансформации информационной модели. IFC представляет собой стандартизированный язык программирования для обмена проектными данными, содержащими всю необходимую информацию о моделях. Подходы к интеграции данных между расчетными и архитектурными моделями только начинают достигать практической жизнеспособности, многие их аспекты нуждаются в развитии, что обуславливает актуальность исследований в данной области.

Моделирование уникального объекта параметрической архитектуры. С целью определения взаимосвязей и различий баз данных исследована интеграция архитектурной и расчетной моделей на примере уникального высотного здания параметрической архитектуры [5].

В соответствии с принципами параметрического моделирования [6] разработано архитектурное решение, которое представляет собой совокупность цилиндрического ядра жесткости и трех круговых циклических винтовых поверхностей с плоскостью параллелизма. Винтовые поверхности поднимаются по спирали вверх вместе с ядром жесткости на отметку 220 м от уровня первого этажа. Центральный угол образующей у винтовой поверхности $7,5^\circ$, т. е. при высоте этажа в 4 метра каждая из винтовых поверхностей совершит один полный оборот к моменту достижения верхней отметки. Внутри цилиндрической оболочки находятся шахты лифтов, лестничная клетка, инженерно-технические помещения.

Архитектурная модель высотного здания, фрагмент которой представлен на рис. 1, построена в программном комплексе Revit [7].

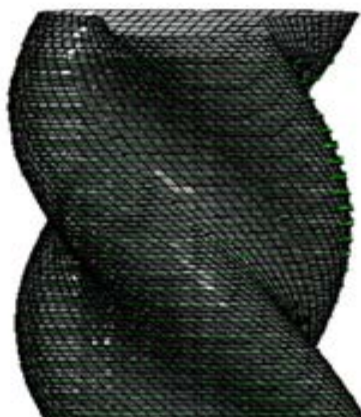


Рис. 1. Фрагмент архитектурной модели высотного здания

Внутри круговых поверхностей расположен каркас здания, представляющий собой круговые плиты перекрытия радиусом 15 м, опирающиеся на стальные неразрезные двутавровые балки. Они жестко соединены с ядром жесткости и опираются на железобетонные колонны с консольным свесом 8 м (рис. 2).

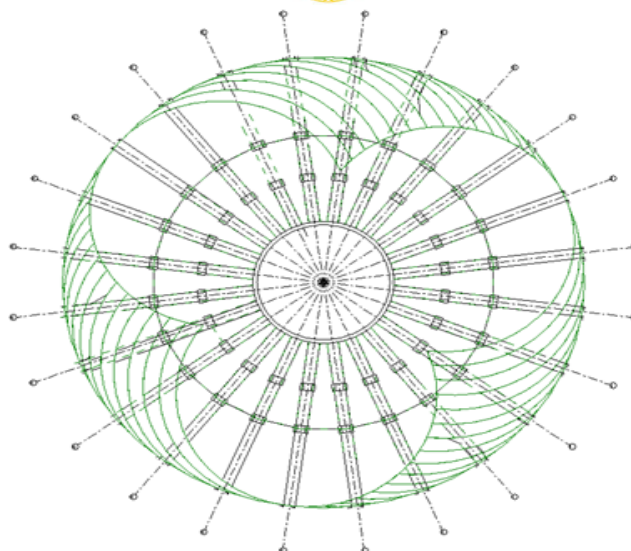


Рис. 2. Конструктивная схема типового этажа

С увеличением высоты меняется положение винтовых поверхностей в горизонтальной плоскости, поэтому расчетная схема каждого следующего этажа отлична от предыдущей. Оси пересекаются под углом 15 градусов и проходят по центрам тяжести колонн, а плиты и балки вышележащего этажа смещаются относительно колонн на $7,5^\circ$. Учитывая это, можно запроектировать всего две разновидности типовых этажей, а не 48, как было бы при другом угле закручивания.

Для устойчивости объекта к прогрессирующему обрушению предусмотрены аутригерные этажи, которые занимают пространство между 17–18-м и 33–34-м этажами. Аутригер работает вместе с ядром жесткости как общая конструкция, снижающая воздействие нагрузок на здание и горизонтальное перемещение верхней точки каркаса. Модель аутригерного этажа представляет собой две кольцевые балки, встроенные в тело ядра жесткости и связывающие пространственную ферменную систему (рис. 3).

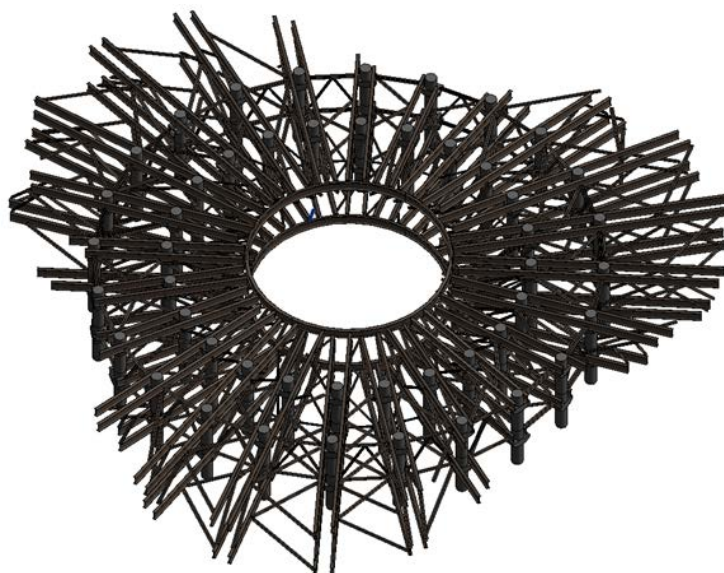


Рис. 3. Модель аутригерного этажа

Для корректного формирования IFC файла в программе Revit при построении элементов каркаса необходимо для каждого из них правильно назначать «семейства» и материалы, из которых состоят конструкции, а также исключить из схемы все несущие элементы. Иначе при экспорте моделей из архитектурной программы в расчетную могут возникнуть сложности.

В данной работе порядок обработки файла с последующим экспортом в программные комплексы выглядит следующим образом: Autodesk Revit → ПК «Сапфир» → ПК «Лира САПР».

На рис. 4 представлена конечноэлементная модель исследуемого объекта.

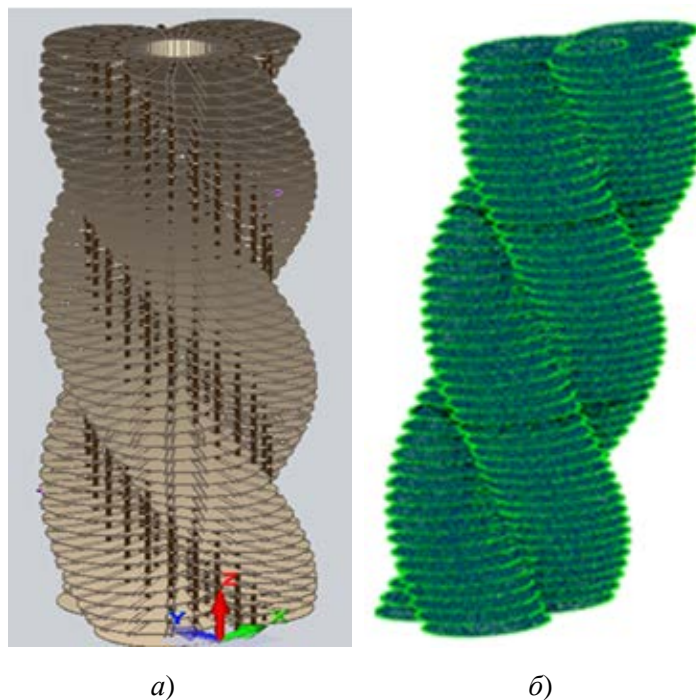


Рис. 4. Расчетная модель несущих конструкций: в ПК «Сапфир» (а); в ПК «Лира» (б)

Здесь плиты перекрытий аппроксимированы плоскими треугольными конечными элементами, колонны — пространственными стержнями. При сгущении сетки конечных элементов выполнена триангуляция с шагом 1 м.

Несмотря на то, что IFC формат позволяет экспортировать сразу в ПК «Лира», при сложной геометрии здания удобно разбивать его на конечные элементы в ПК «Сапфир», редактировать модель с учетом топологии и конечноэлементной сетки, затем экспортировать файл в ПК «Лира».

После проведения общего статического расчета получены вертикальные перемещения (рис. 5).

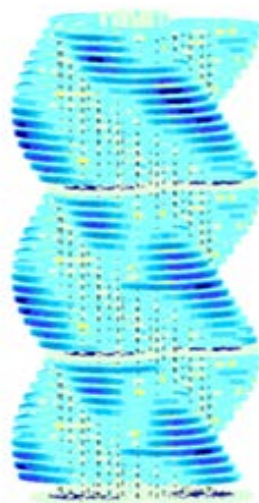


Рис. 5. Мозаика вертикальных перемещений расчетной модели объекта параметрической архитектуры

Максимальные перемещения, отмеченные на рис. 5 темно-синим цветом, составляют 76 мм, что меньше допустимых 107 мм при консольном свесе 8 м.

Заключение. При исследовании уникального объекта параметрической архитектуры использованы принципы информационного моделирования здания. Сравнение архитектурной и расчетной моделей многофункционального комплекса в ПК Revit и ПК «Ли́ра» выявило проблему редактирования узлов конструкции с учетом топологии и конечноэлементной сетки. Авторы предлагают создавать конечноэлементную сетку здания со сложной геометрией в ПК «Сапфир» и экспортировать файл в ПК «Ли́ра».

Расчетная модель объекта параметрической архитектуры включает уникальный аутригерный этаж, наличие которого должно предотвратить прогрессирующее обрушение конструкции. Разработанный подход позволяет регулировать физико-механические характеристики и геометрические сечения элементов пространственного каркаса. Информационное моделирование уникальных объектов параметрической архитектуры открывает возможность оптимизации плитно-стержневого каркаса сложной геометрии.

Библиографический список

1. Кривошапко, С. Н. Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек / С. Н. Кривошапко, В. Н. Иванов, С. М. Халаби. — Москва : Наука, 2006. — 544 с.
2. Васильков, Г. В. Теория адаптивной эволюции механических систем / Г. В. Васильков. — Ростов-на-Дону : Терра-Принт, 2007. — 248 с.
3. Талапов, В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В. В. Талапов. — Москва : ДМК-Пресс, 2011. — 392 с.
4. Секулович, М. Метод конечных элементов / М. Секулович. — Москва : Стройиздат, 1993. — 660 с.
5. Кравченко, Г. М. Методы параметрического проектирования при моделировании методом конечных элементов / Г. М. Кравченко, А. Ю. Манойленко, В. В. Литовка // Инженерный вестник Дона. — 2018. — Т. 3, № 5051. — С. 1–9.
6. Талапов, В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. — Москва : ДМК-Пресс, 2015. — 410 с.
7. Голдберг, Э. Для архитекторов: Revit Architecture / Э. Голдберг. — Москва : ДМК-Пресс, 2010. — 472 с.