

Как следует из приведенного рисунка, поворот осуществляется по дуге окружности радиусом около 0,2 м без колебаний. Это дает возможность роботу обрабатывать криволинейные участки траектории с высокой точностью. Угол отклонения платформ двигательных модулей в процессе движения не превышает  $90^{\circ}$ .

Таким образом, разработанная система управления обеспечивает заданное качество и может использоваться в мобильных роботах рассматриваемой конструкции.

УДК 691.87

## **ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Бочарова Н.В.*

Брестский государственный технический университет  
Брест, Республика Беларусь

В век бурного развития информационных технологий не стоят на месте и технологии проектирования. В настоящее время среди многочисленных новшеств в автоматизированном проектировании лидирует новое направление – технология BIM (Building Information Modeling), иначе – информационное моделирование зданий. В настоящее время в практике проектирования в распоряжении архитектора и инженера-строителя имеются мощные интеллектуальные инструментальные средства в виде систем автоматизированного проектирования (САПР), базирующиеся на двух графических платформах фирмы Autodesk – AutoCAD и Revit [1].

Конкуренция на рынке высококвалифицированных специалистов заставляет проектировщиков совершенствовать свои профессиональные навыки и повышать эффективность рабочего процесса. В процессе проектирования объектов строительства важную роль занимает процесс создания статической модели конструктивной схемы здания (задача строительной механики) и ее прочностной модели (строительные конструкции), позволяющих оценить несущую способность, надежность и долговечность проектируемого объекта при достаточной его экономичности. В практике использования САПР в проектировании для этой цели получили широкое применение такие расчетные программные комплексы, как ЛИРА-САПР, СКАД СОФТ, STARK ES, Tekla, NASTRAN и др.

Информационное моделирование зданий (BIM) – это инновационная технология проектирования и создания документации, основанной на создании и сборе взаимосвязанных системно-рассчитываемых данных о проекте здания. Постоянное обновление и доступность информации через встроенную цифровую среду дает инженерам, архитекторам ясное представление о проекте (планы, разрезы, 3D-вид, спецификации) в одном согласованном файле. Revit – это платформа Autodesk для информационного моделирования зданий [1]. Одновременно с физической моделью архитектор в RevitArchitecture формирует полностью ассоцииро-

ванную аналитическую модель здания (рис. 1). Аналогичные функции в программном комплексе ЛИРА-САПР выполняет САПФИР [2].

Результатом проектирования по BIM-технологии является модель, а чертежи и документация – лишь одна из форм его представления (рис. 2).

Физическая модель является основой для формирования строительной документации, она необходима для создания чертежей конструкций и узлов. Аналитическая модель – статическая прочностная модель здания, которая содержит данные о нагрузках, размерах конструктивных элементов.

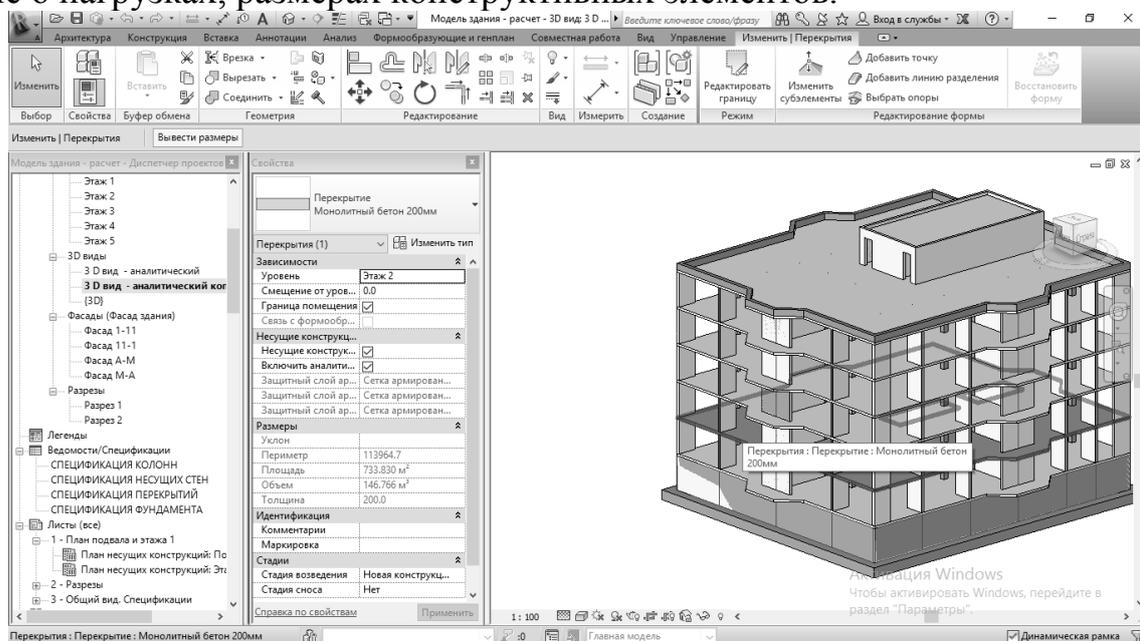


Рисунок 1 – Рабочее окно RevitArchitecture, аналитическая модель 3D-вид

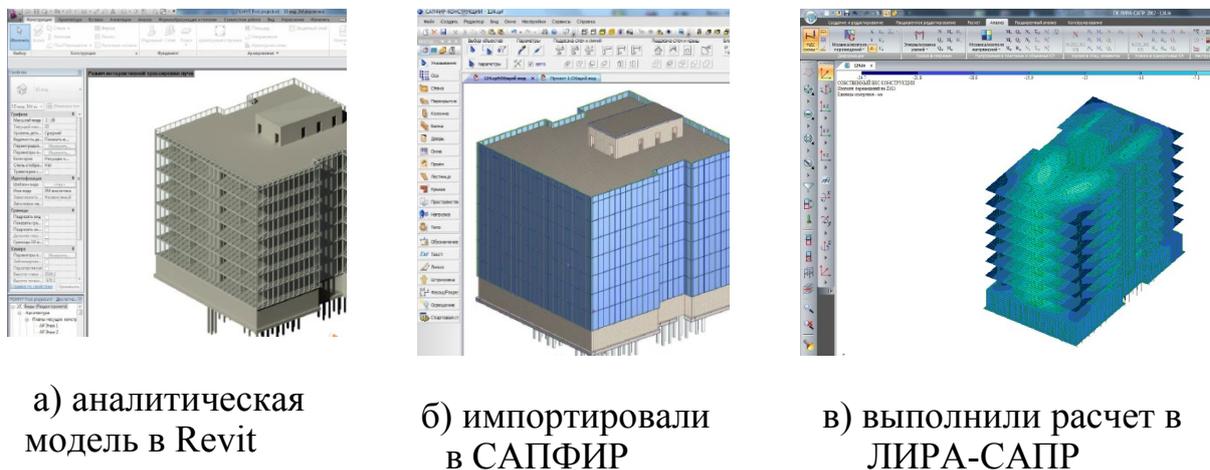


Рисунок 2 – схема совместной работы современных ПК BIM

Эти данные передаются в специализированные приложения для инженерных расчетов (ROBOT, LiraSap и др.).

Аналитическая модель создается на основании правил проектирования, обеспечивающих согласованность аналитического представления физической конструкции. Важно не просто представить геометрию объекта, но также и информация о его свойствах, которая может и должна содержаться в модели и при

необходимости извлекаться из неё [1]. Архитектор и конструктор совместно создают единую модель строительного объекта, которая одновременно является и расчетной моделью. Стремление приблизить модель к реальному сооружению заставляет уделять огромное внимание деталям сооружения и как можно точнее учитывать все эффекты воздействий. Таким образом, и результат расчета должен быть тоже более полно приближенным к реальному результату, а в идеале, модель объекта должна представлять собой виртуальную копию реального здания.

Принято считать, что специфика строительной деятельности такова, что ее конечный продукт должен сочетать в себе три подчас противоречивых момента: функциональность, эстетичность и конструктивность [3]. С точки зрения инженера-проектировщика, наибольшее значение имеют конструктивные особенности объекта, с которыми связана оценка несущей способности, но, составляя расчетную модель, все учесть практически невозможно. Выделение из объекта несущей части является первым шагом идеализации. После этого начинается идеализация геометрического образа объекта, т.е. задаются параметры для несущих элементов (пластины, стержни). В процессе геометрического моделирования решается вопрос о возможности идеализации объекта в смысле придания ему свойств симметрии, что существенно сокращает объем анализа.

Также происходит идеализация материала конструкции, вернее, набора его физико-механических параметров, материал наделяется свойствами идеальной упругости или пластичности. Значения параметров, характеризующие свойства материала принимаются по справочным значениям и предполагаются одинаковыми по всему сооружению. Достаточно серьезной процедурой является идеализация воздействий, действующих на конструкцию в различных режимах работы. Воздействия являются одной из наименее изученных компонентов системы, они имеют большую изменчивость во времени и пространстве, и те расчетные модели воздействий, которыми оперирует проектная практика, достаточно условны. Идеализация связей распространяется и на описание законов взаимодействия отдельных элементов системы друг с другом. Идеализация расчетной модели и невозможность сделать её абсолютно адекватной реальной конструкции создают ситуацию некоторой неопределенности, но инженеру-конструктору в таких условиях нужно принять проектное решение.

Принципы создания расчетной модели [3]:

- методы расчета должны исходить из форм разрушений и деформаций, подтвержденных опытом строительной практики;
- расчетная гипотеза модели, которая может быть достаточно условной, должна ставить конструкцию в менее благоприятные условия, чем те, в которых находится действительная конструкция;
- набор расчетных гипотез должен обеспечивать не только прочность и устойчивость, но и экономичность конструкции;
- целесообразно иметь не одну модель, а систему аппроксимирующих моделей работы сооружения, каждая из которых имеет свои границы применения;
- аппроксимирующая модель работы сооружения должна не только правильно и полно отражать работу реального объекта, но и быть настолько простой, чтобы расчет не становился чрезмерно громоздким.

Принято считать, что «хорошая программа» и проверенные на безошибочность исходные данные дают гарантию точного результата, но при этом упускается, для какого варианта расчетной модели получен этот результат, и какова степень его адекватности реальной конструкции. Многие расчетные комплексы основаны на использовании метода конечных элементов, и программная документация содержит описание библиотек конечных элементов, указания по подготовке входных документов и расшифровке полученных результатов. Однако, за пределами остается, как именно получен этот результат, алгоритм численного решения. В проектных организациях все расчеты принимаются по хорошо изученным конструкторским решениям, поэтому часто инженер-конструктор постепенно отвыкает самостоятельно обосновывать применение расчетной модели и полагается на чужое мнение, и таким образом может не учесть возможность совершить ошибку.

Основными этапами компьютерного расчета является [3]:

- создание физической модели;
- выбор программного обеспечения для реализации расчета;
- тщательная проверка аналитической модели (каковы истинные условия опирания, какие узлы соединений элементов, истинные нагрузки системы, каково влияние эффектов второго порядка);
- выполнение статического и прочностного расчетов;
- верификация результатов.

Проектную документацию, необходимую на стадии проектирования и строительства здания, используя BIM-технологии можно выполнить малым количеством высококвалифицированных специалистов и в сжатые сроки. Заказчикам и подрядчикам проектные организации должны представлять проектную документацию так, чтобы они имели возможность работать с интуитивно понятными 3D-моделями, что ускоряет процесс согласования и утверждения, а также позволяет выбрать в конкурсном отборе лучший проект. Трехмерное моделирование на сегодняшний день во многих организациях стало обязательной частью представления проекта.

Внедрение в практику проектирования информационного моделирования позволяет внедрять новые возможности исследования и экспериментирования в области разработки и построения зданий, когда становится принципиально легче прогнозировать эксплуатационные характеристики будущего строительного объекта, не выходя за рамки виртуального пространства [3].

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ланцов, А.Л. Компьютерное проектирование зданий: REVIT 2015. – М.: Consistent Software Distribution; РИОР, 2014. – 664 с.
2. Талапов, В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
3. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – 4-е изд., перераб. – М.: Издательство СКАД СОФТ, 2011. – 736 с.