

УДК 624.07:519.6.004

*А.С. Городецкий, д.т.н., проф., НИИСП;  
М.С. Барабаш, к.т.н., доцент, НАУ*

## **КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ\***

### **АННОТАЦИЯ**

Рассматриваются вопросы интеграции программных средств строительной отрасли на основе цифровой модели объекта (ЦМО). Описывается технология создания виртуального здания. Представлена организация базы знаний строительного объекта. Описывается пример формирования модели здания на основе САПФИР.

Ключевые слова: цифровая модель объекта, параметрическое моделирование, интегрированная система, жизненный цикл, виртуальное здание.

Основная концепция программного обеспечения САПР, разрабатываемого компанией ЛИРА САПР, ориентирована на интеграцию программных средств строительной отрасли различного назначения.

Окончательной целью является создание интегрированной системы, которая охватывала бы все процессы, связанные с жизненным циклом строительного объекта.

В основе такой системы лежит цифровая модель объекта (ЦМО) (виртуальный объект), которая по сути является компьютерным отображением натурального объекта.

Информационное моделирование зданий (технология цифровой модели объекта) представляет собой комплексный процесс, основанный на использовании точных и скоординированных данных на всех этапах — от разработки концепции здания до его возведения и сдачи в эксплуатацию.

Трёхмерная модель здания либо другого строительного объекта связана с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присваивать дополнительные атрибуты. Особенность такого подхода заключается в том, что строительный объект проектируется факти-

чески как единое целое. Информация о каждом объекте организуется в виде фрейма, где указываются его необходимые атрибуты — местоположение, материалы, ссылки на каталоги и др. Изменение какого-либо одного из его параметров влечёт за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализации, спецификаций и календарного графика.

В течение жизненного цикла здания информация может изменяться, дополняться и объединяться. То есть эта информация, описывающая текущее состояние здания (разумеется, с историей изменений), является своеобразным "виртуальным" зданием.

ЦМО имеет два главных преимущества перед так называемыми САД-технологиями, использовавшимися ранее:

1) модели и объекты ЦМО — это не просто графические объекты, это информация, позволяющая автоматически создавать чертежи и отчёты, выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, производить эксплуатацию объектов и т. д. Наличие такой информации предоставляет коллективу строителей неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учётом всех имеющихся данных;

2) ЦМО является информационной системой открытого формата. Различные системы проектирования могут эффективно и совместно использовать информацию на протяжении всего жизненного цикла здания, что исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.

ЦМО основана на параметрическом моделировании зданий, приводятся критерии, которым должна удовлетворять архитектурная САПР, поддерживающая параметрическое моделирование. Для реализации идей интеграции необходим единый открытый стандарт хранения и обмена информацией, который является независимым от конкретного производителя программного обеспечения и позволяет хранить всю необходимую и достаточную информацию для обеспечения информационной поддержки жизненного цикла здания. Как раз целью ЦМО и является создание единой базы для подобного стандарта. В основу положен международный стандарт "IFC".

В настоящее время в качестве основного системобразующего программного средства формиро-

\*Кольорові рисунки 3, 4 до статті див. на стор. 39



*Рис. 1. Схема организации технологии проектирования строительного объекта*

вания ЦМО рассматривается архитектурный моделлер САПФИР (Система архитектурного проектирования формообразования и расчетов). Благодаря открытой архитектуре, развитым интерфейсам уровня прикладного программиста (API) и поддержке СОМ-технологий САПФИР открывает широкие возможности для масштабирования и интеграции разнородных специализированных приложений на его основе.

Создание интегрированной системы предполагается проводить последовательно, разрабатывая отдельные программные комплексы (или подключая существующие), имеющие самостоятельное значение, в общую систему (технологическую линию) (рис.1).

Цифровая модель объекта является, по сути, базой знаний строительного объекта. Ее особенности таковы:

- содержит информацию об объекте проектирования в целом;
- позволяет взаимодействовать с моделью специалистам различных профилей;
- включает сведения о конструктивных элементах здания, их структуре, свойствах, геометрических характеристиках, координатах и других реквизитах;
- включает информацию о структуре и конфигурации сетей электросилового оборудования, сетей отопления, вентиляции, водоснабжения.

База знаний строительного объекта включает в себя общую для всего объекта информацию (геометрия, материалы, связи между элементами) и специфическую информацию для каждого раздела проекта (электрическое, сантехническое оборудование, информация для смет и т.д.).

Средствами программного комплекса САПФИР осуществляется визуализация любого фрагмента здания на различных этапах проектирования; управление экспортом, импортом модели из внешних архитектурных, расчетных, инженерных программ; редактирование, корректировка, фрагментация, выборка элементов модели по заданным свойствам (рис. 2).

Реализована возможность подсчитывать и передавать объемы работ и ресурсы для сметных программных комплексов и для задач календарного планирования в привязке к производственным нормам на любой фрагмент здания, а также осуществлять подсчет предварительных прямых затрат на здание, этаж и на любую группу элементов. Привязка к сметным нормативам выполняется для каждого элемента здания. Таким образом, сметная информация с разбивкой по элементам, по захваткам, по этажам или для всего здания может быть экспортирована в различные сметные комплексы, системы управления строительством и т.д. Специальная информация об объемах работ в базе знаний организована в виде базы правил, что дает воз-



Рис. 2. Функциональная структура базы знаний строительного объекта

возможность поставить в соответствие физическим объемам сметные нормативы с соответствующим расходом материалов. Физические объемы, собранные системой, могут быть сопоставлены с любой нормативной базой данных. Существующие программные разработки формирования смет могут быть использованы для быстрой реализации программы для расчета смет в рамках САПФИР.

Предполагается, что внешние программы САПР не будут обращаться непосредственно к базе знаний строительного объекта. Доступ организует СУБД через специальный слой программного обеспечения, реализованного как API-приложение.

Параметрическая модель здания, создаваемая САПФИР, облегчает задачу выполнения последующих прочностных расчетов, так как содержит все данные, необходимые для этого. При построении модели в САПФИР используются материалы с реальными физико-механическими свойствами (для прочностного расчета), с реальными текстурами (для визуализации), и они могут использоваться как нормообразующие при расчетах физических

объемов работ при переходе к смете. Детальная и надежная модель позволяет выявить все ошибки и неточности уже на ранних стадиях проектирования (рис.3).

Как развитие комплекса САПФИР реализована возможность подсчета и передачи объемов строительных работ и ресурсов в сметные программные комплексы и комплексы управления строительством (календарное планирование).

Объемы строительных работ могут быть привязаны к сметным нормативам, при этом физические объемы, собранные системой, могут быть сопоставлены с любой базой сметных нормативов, имеющей возможность подключения через стандартный определенный интерфейс.

Привязка к сметным нормативам выполняется для каждого элемента здания или группы однотипных элементов. Информация о связке "объем-норматив" может быть структурирована по этажам и этажам и позволяет осуществлять подсчет предварительных прямых затрат на здание, этаж и на любую группу элементов.

Информация о параметрах строительных работ в базе знаний организована в виде базы специальных правил, что дает возможность автоматизированно ставить в соответствие физическим объемам работ сметные нормативы и рассчитывать соответствующие расходы материалов

Концепция параметрического моделирования позволяет быстро получать точную и надежную рабочую документацию.

ЦМО включает информацию о структуре и конфигурации сетей электросилового оборудования, сетей отопления, вентиляции, водоснабжения. Технология параметрического моделирования зданий на основе ЦМО дает возможность проектировщикам электрических и санитарно-технических систем предвидеть конечный результат проектирования еще до того, как начнется строительство.

Проектирование и выполнение расчетов с использованием компьютерной модели позволяет быстрее и с большей экономической эффективностью создавать сложные инженерные системы. На рис. 4 показана модель высотного здания с запроектированной системой силового электроснабжения, трубной разводки, спецификацией электрооборудования и электроприборов.

При таком подходе повышается степень координации работ смежников с архитекторами и другими инженерами, благодаря чему растет качество выполняемых проектов и выпускаемой документации.

В заключение подчеркнем основные преимущества технологии интеграции с использованием виртуальной модели здания.

1. Рассматривается весь жизненный цикл объекта: от концепции проектирования до процесса эксплуатации, что значительно повышает качество проектных решений.

2. При проектировании используются элементы, обладающие всей необходимой геометрической и технической информацией (стены, двери, окна, трубопроводы, воздуховоды и т.д.). Использование подобных объектов в значительной мере ускоряет процесс проектирования и сводит к минимуму возможные ошибки.

3. Реализуется возможность совмещения проектных разделов, созданных при использовании различных САПР: совместимость организуется на уровне стандарта.

4. Проектирование может выполняться в трех-

мерном пространстве, а управление процессом возведения — с учетом времени (4D).

5. Применяется открытый стандарт обмена информацией: существует ряд бесплатных приложений, которые могут читать и отображать модели в стандарте IFC. XML-формате.

Используя концепцию интеграции, архитекторы, инженеры, подрядчики и заказчики получают возможность:

1) создавать согласованные проектные данные и документацию сложных высотных объектов.

2) на основании имеющихся данных выполнять визуализацию и моделирование, проводить расчеты сметной стоимости и эксплуатационных характеристик, выпускать проектную и сметную документацию.

3) выполнять проекты быстрее и экономичнее.

Компанией ЛИРА САПР разработаны программные комплексы, которые давно применяются в практике проектирования самостоятельно и уже функционируют в составе интегрированной системы (САПФИР — ЛИРА — САПФИР — ЭЛЬФ). Перспективные разработки ведутся с учетом углубления интеграции.

#### АНОТАЦІЯ

Розглядаються питання інтеграції програмних засобів будівельної галузі на основі цифрової моделі об'єкта (ЦМО). Описується технологія створення віртуальної будівлі. Представлена організація бази знань будівельного об'єкта. Описується приклад формування моделі будівлі на основі САПФІР.

Ключові слова: цифрова модель об'єкта, параметричне моделювання, інтегрована система, життєвий цикл, віртуальна будівля.

#### ANNOTATION

The article dedicates to integration questions of program complexes in building industry. The main idea of the process of integration is a creation the digital model of object or building information model (BIM). The article deTechnology of creation of virtual building is described. Organization of knowledge base of building object is represented. The example of forming of model of building on the basis SAPFIR is described.

Keywords: digital model of object, parametric modeling, integrated system, life cycle, virtual building.