

УДК: 624.07: 004.921: 004.942

Городецкий А.С., д.т.н., проф.,  
ООО «ЛИРА САПР», Киев,  
Барабаш М.С., д.т.н., доц.,  
ООО «ЛИРА САПР», НАУ, Киев

### **ВІМ-ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ПРОЕКТИВАННІ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Статья посвящена актуальной проблеме комплексного проектирования объектов строительства по принципу параметрического моделирования на основе ВІМ (Building information modeling)-технологии, которая базируется на формировании обобщенной информационной модели объекта строительства, единой на всех стадиях проектирования и полученной из разных САПР. На примере программного комплекса для автоматизированного проектирования САПФИР-3D продемонстрирован принцип создания обобщенной информационной модели объекта строительства с последующим созданием проектно-конструкторской документации. Рассматриваются процедуры динамического контроля проектных решений, принимаемых в режиме интерактивного взаимодействия проектировщика и САПР, перспективы развития таких технологий.

*Ключевые слова:* ВІМ-технологии; система автоматизированного проектирования; интеграция, САПФИР-3D, ЛИРА-САПР

**Введение.** Архитектурно-конструктивное проектирование, расчет конструкций, разработка сметной документации, а в последнее время и бухгалтерский учет осуществляются с использованием современных эффективных программных комплексов. Каждый из программных комплексов имеет свою модель представления объекта транспортного строительства и оперирует теми атрибутами элементов модели,

которые необходимы для решения задач автоматизации определенного этапа проектирования строительного объекта. Интеграция между программными комплексами чаще всего обеспечивается путем обмена файлами экспорта/импорта.

**Анализ публикаций.** Принципы параметрического моделирования и создание информационной модели строительных объектов отражены в работах современных ученых: Николас Нисбет, Алек Ньюинг, М.С. Барабаш, А.С. Городецкого [1,2], О.И. Пакидова, В.А. Попова, А.В. Скворцова, В.В. Талапова, В.В. Мигунова и др.

Практическим внедрением ВІМ-технологий для решения задач проектирования занимаются разработчики современных САПР (например, Autodesk, Bentley Systems, Nemetschek, Graphisoft, TEKLA, ЛИРА САПР и др.)

**Основная часть.** В настоящее время программное обеспечение САПР охватывает практически все разделы проектирования.

Автоматизация архитектурной части проекта обеспечивается такими программными комплексами, как САПФИР, ArchiCAD, REVIT, Allplan и др. Конструкторы имеют в своем распоряжении широкий набор программных комплексов, таких как ЛИРА-САПР, MOHOMAX, SCAD Office, ROBOT, SAP, STRAP, ANSYS и др. Для автоматизации сантехнической части проекта проектировщики располагают такими программными комплексами, как CAD-profi, HVAC & Piping, AutoCAD Revit MEP Suite, AutoCAD MEP, APC ПС и др. Для автоматизации электротехнической части проекта набор программного обеспечения следующий - NanoCAD ONC, NanoCAD СКС, NanoCAD ЭЛЕКТРО, Bentley promis, CAD – profi, Electrical, CADElectro, WinElso и др. Для автоматизации сметно-финансовой части проекта имеются такие программы, как АВК-5, АС-4 и др., хотя следует отметить, что наиболее трудоемкая часть работ – подсчет объемов до сих пор

остається вне поля зору розробників програмного забезпечення.

Среди существующего программного обеспечения в отдельную группу можно выделить сугубо графические программы, такие как AutoCAD, ZWCAD, NanoCAD, BricsCAD и др. Это объясняется тем, что сейчас практически все чертежи выполняются с использованием этих программ, что создает иллюзию 100% автоматизации проектных работ именно благодаря этим программам. Программы типа NanoCAD (Россия) или БудКАД (Украина) даже объявлялись национальными САПР. Все это неправильно расставляет акценты в намечаемых планах развития САПР. Необходимо иметь в виду, что, во-первых, сугубо графические системы автоматизируют только часть самых рутинных проектных работ, а именно – чертежные работы, являясь, по сути, электронным кульманом, а, во-вторых, эти программы основываются на компьютерной модели чертежа, а не на компьютерной модели объекта. В этом смысле прототипом будущих САПР являются такие программные комплексы, как САПФИР, ArchiCAD, REVIT, Allplan, ЛИРА-САПР, МАНОМАХ, SCAD Office и др., которые основываются на

компьютерной модели рассматриваемого объекта. Так, компьютерные модели, синтезируемые архитектурными системами, в основном содержат элементы архитектурной части проекта – форма и расположение стен, колонн, лестниц, окон, дверей, перегородок, отделка полов, стен и потолков и др. Компьютерные модели, синтезируемые конструктивными системами, естественно содержат элементы, необходимые для автоматизированного расчета и проектирования конструкций – топология и геометрия элементов несущих конструкций, сечения и материал несущих конструкций, величина и характер нагрузок, условия опирания и др.

Можно предположить, что дальнейшее развитие САПР будет связано с созданием BIM-технологий, ориентированных на автоматизацию и мониторинг процессов всего жизненного цикла строительного объекта [3,4]. Безусловно, основой BIM – технологий будет цифровая модель объекта – виртуальный объект, который с максимальной степенью приближения будет отображать проектируемый объект в натуре.

Примерная схема функционирования таких BIM – технологий представлена на рис. 1.

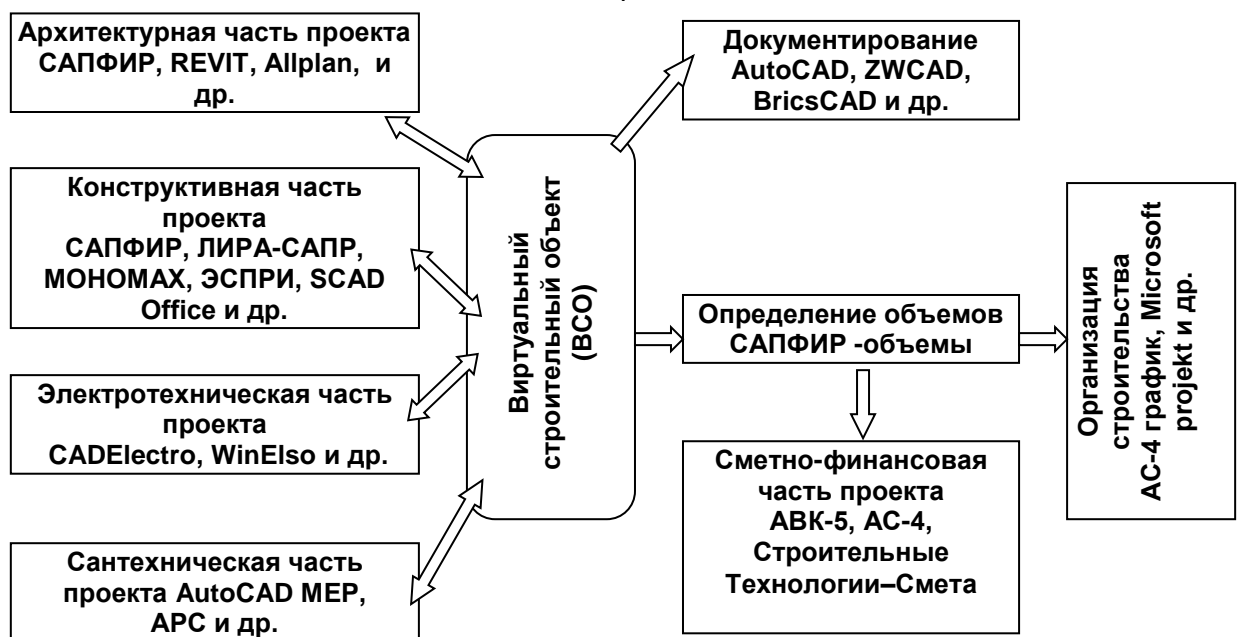


Рис. 1. Обобщенная схема функционирования BIM – технологии

BCO – виртуальный строительный объект представляет собой базу данных, в которой информация о каждом элементе организуется в виде фрейма, где указываются его атрибуты – местоположение, материалы, ссылки на каталоги и др.

Одним из основных требований к программному обеспечению BIM-технологии является открытость. Любое существующее или создаваемое программное обеспечение – САПФИР, ArchiCAD, Allplan, REVIT и др. – может принимать участие в формировании BCO, и в дальнейшем применении BCO в процессе проектирования (подсчет объемов, составление смет, документирование), а также в процессе организации работ, эксплуатации, т.е. на протяжении всего жизненного цикла [5,6]. Для реализации идей открытости необходим единый стандарт BCO. Такой подход, с одной стороны, обеспечивает принцип демократичности, так как позволяет коллективам проектировщиков, применяющим эту технологию, использовать привычное для них программное обеспечение, не ломая привычных традиций, с другой стороны, по сути новая технология использует уже накопившийся богатый опыт автоматизированного проектирования и имеющиеся программные средства.

Кроме того, такой подход открывает новые возможности для интеграции различных программных средств. Проблема интеграции программных средств САПР в настоящее время является достаточно востребованной. Уже сейчас считается хорошим тоном, если программный комплекс имеет многочисленные конверторы.

Программные комплексы семейства ЛИРА (САПФИР, ЛИРА-САПР, МОНОМАХ-САПР, ЭСПРИ), с одной стороны, имеют многочисленные конверторы, связывающие их с наиболее распространенными архитектурными, расчетно-конструкторскими, графическими

программами, с другой стороны, основаны на модели объекта и это позволяет их рассматривать как отдельные составляющие программного обеспечения BIM-технологий.

**ПК САПФИР** является связующим звеном между программным обеспечением различного назначения в BIM-технологии. ПК САПФИР построен на базе мощного трёхмерного параметрического ядра, обеспечивающего высокую эффективность пространственного моделирования, позволяет эффективно проектировать различные строительные объекты с помощью современных инструментов моделирования:

- информационная подсистема, позволяющая оперативно получать информацию из базы нормативных и справочных документов в контексте текущей проектной ситуации;

- развитые средства экспорта/импорта моделей позволяют использовать форматы IFC, DWG, DXF и некоторые другие, благодаря чему с помощью САПФИР можно эффективно и качественно обрабатывать модели, выполненные в других программах;

- преобразование архитектурной модели в аналитическую путем автоматизированной корректировки для достижения точной стыковки конструктивных элементов между собой для дальнейшего прочностного расчёта и конструирования;

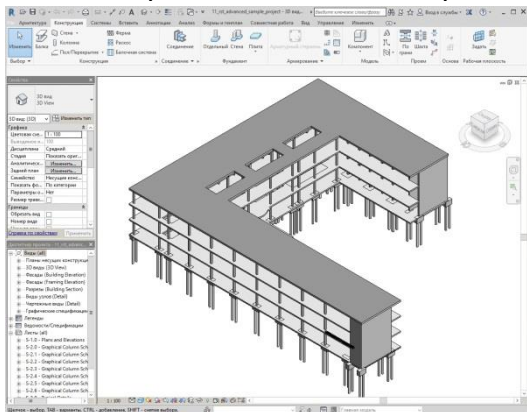
- обеспечение автоматического согласования видов, что исключает механические ошибки. Достаточно отредактировать объект на одном из видов – и его изображения на других видах автоматически корректируются.

Программа САПФИР построена по принципам открытой архитектуры. Это значит, что сторонние разработчики и опытные пользователи могут самостоятельно дописывать модули, расширяющие функциональность программы и адаптировать её к

определённым условиям проектирования, продиктованным корпоративными стандартами организации или спецификой проектируемого объекта. Для этого в программе предусмотрены OLE-интерфейсы, обеспечивающие доступ к параметрическому ядру [7] и динамически присоединяемая библиотека САПФИР API.

На базе ПК САПФИР разработан и продолжает разрабатываться ряд подсистем, которые, естественно, будут вписываться в архитектуру BIM-технологий и, возможно, определяют ПК САПФИР как основу отечественных BIM-технологий. В настоящее время разработаны и функционируют следующие подсистемы: САПФИР-Конструкции и САПФИР-ЖБК. Подсистема САПФИР-Конструкции предназначена для синтеза расчетных схем на основе управляемой процедуры преобразования 3D и 2D архитектурных моделей, созданных в различных графических программах (САПФИР, ArchiCAD, Allplan, REVIT, AutoCAD и др.). САПФИР-Конструкции включает:

- набор инструментальных средств для построения и корректировки конечно-элементных моделей;
- автоматизированное задание различных видов нагрузок, условий опирания;
- нагрузки в виде сосредоточенных или распределенных по произвольным штампам сил (перемещений) задаются на произвольных поверхностях без привязки к конечно-элементной сетке;
- задание различных видов материалов;



а)

- моделирование процесса монтажа;
- учет специфики моделирования панельных зданий – моделирование различных типов стыков, панелей.

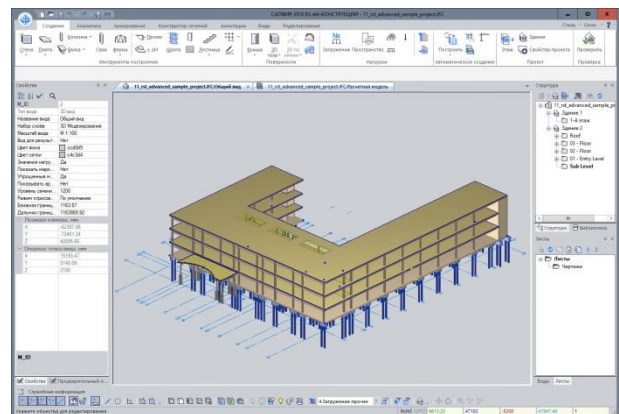
Имеется система диагностики корректности созданной расчетной схемы.

Подсистема САПФИР-ЖБК позволяет в автоматизированном режиме получить рабочие чертежи элементов железобетонных конструкций – колонн, балок, диафрагм, плит перекрытия и других.

Подсистема САПФИР-Объемы предназначена для автоматического расчета объемов на основе ВСО и автоматического сопоставления их со сметными нормативами, что позволяет значительно облегчить составление смет и организовать связь с автоматизированными системами управления строительством.

В статье приведена технология проектирования здания с использованием BIM-технологии.

На начальном этапе создание архитектурной модели здания в «САПФИР» возможно путем считывания информации об объекте проектирования из программных комплексов ArchiCAD, AutoCAD, Autodesk Revit Building и др. или с сканированных чертежей. Наиболее производительным является схема базового создания информационной модели здания с помощью программных комплексов параметризованных объектов Autodesk Revit Building и САПФИР-3D (рис. 2).



б)

Рис. 2. Пример здания созданного в Autodesk Revit Building (а) и импортированного в САПФИР-3D (б)

При создании архитектурной части проекта в программном комплексе Revit Building модель здания динамически распределяется между несколькими архитекторами и проектировщиками, работающими одновременно.

Далее для выполнения расчетов архитектурная модель здания экспортируется в программный комплекс прочностных расчетов ЛИРА-САПР. Конструктивная часть модели содержит модели сетки строительных осей и координатно-модульных сетей, модели конструктивных элементов, модели расчетных схем.

Модели конструктивных схем этажей содержат информацию о конструктивных элементах, входящих в данный этаж, и информацию о нагрузке на плиты перекрытий данного этажа. К конструктивным элементам этажа относятся стена, колонна, балка, перекрытия и др. К нагрузкам относятся: равномерно распределенная нагрузка по всей плите, сосредоточенная нагрузка, равномерно распределенная нагрузка по прямоугольному штампу, равномерно распределенная нагрузка по линейному штампу, равномерно распределенная нагрузка произвольной конфигурации.

Результаты расчета дополняют информационную модель объекта. «Виртуальный объект» формируется в виде трехмерной модели, в которой каждая конструкция или элемент здания рассматриваются как объемный. Для каждого элемента модели любой пользователь может получить интересующую его информацию. При необходимости объемная модель может быть преобразована в геометрический или графический образ. И также благодаря параметризации данных модели одновременно разные пользователи могут определить информацию о материалах, прочностные и физические свойства, цвет, объемный вес, стоимость, производителя и т. д. Данные о каждом элементе модели удовлетворяют требованиям однородности, достаточности, непротиворечивости и компактности.

Следующий этап работы интегрированной линии проектирования

заключается в реализации подсчета объемов работ и материалов, автоматическом и автоматизированном подборе сметных нормативов, в реализации средства управления ресурсами и ценами, определении предыдущих прямых расходов. Полученная информация экспортируется в сметные комплексы и программные комплексы управления строительством.

С использованием технологии BIM появляется возможность автоматизации процесса проектирования, начиная от получения задания на проектирование, заканчивая формированием проектно-сметной документации, быстро и в удобной форме обрабатывается вся проектная документация по различным разделам проектирования без использования специализированного программного обеспечения, а также подготовка входных данных для автоматизированных систем управления, которые обеспечивают формирование документов календарного планирования, мониторинг выполнения проекта, оперативный, периодический и бухгалтерский учет.

Использование данных информационной модели позволяет решить задачу визуализации процесса строительства, то есть получения трехмерных моделей отображения состояния объекта на произвольную дату его строительства с учетом фактического выполнения работ, благодаря сопоставлению конструктивных элементов объекта с соответствующими работами календарного плана. Таким образом, использование технологии BIM позволяет внедрить новую концепцию интеграции программных средств, позволяет на базе программных комплексов различного профиля впервые создать полную функциональную автоматизированную систему, решает практически все инженерные задачи в области строительства.

Из модели для всего здания в целом можно определить объем, площадь, энергопотребление, тепловой и

воздушный баланс, освещенность, инсоляцию, нагрузки и многое другое. При этом совсем не обязательно на первых этапах проектирования определять все необходимые параметры объекта - виртуальная модель здания позволяет это делать на любом этапе проектирования. Таким образом, итерационный процесс проектирования с информационной точки зрения на каждом шаге есть «наполнением» модели объекта информацией и одновременное использование сведений из базы данных объекта. «Виртуальный объект» информационно связан с большим количеством справочно-информационного материала, который можно только один раз занести в систему, а затем использовать в любой момент времени на каждом рабочем месте и по каждому проектному разделу.

Примером справочных данных могут быть различные сведения о материалах, изделиях, планировочные решения, типовые дома, фрагменты зданий и узлов, данные о приборах, автоматике, электричеству, сантехнике и прочее. Как правило, эти данные систематизированы и стандартизованы, приводятся в справочной литературе, каталогах изделий и материалов, типовых проектах и их решениях. Разумеется, применение единой структурированной модели объекта проектирования является эффективным, поскольку обеспечивает пользователей различных профилей всей необходимой информацией, а информационно-графическая система поддержки обеспечивает пополнение (или обновление) базы знаний (данных) в интерактивном режиме.

Таким образом, можно говорить о конкретной реализации первой стадии BIM-технологии, которая в рамках обобщенной схемы функционирования, представленной на рис.1, выглядит следующим образом: ArchiCAD/Allplan/REVIT → САПФИР → ЛИРА-САПР → BCO → САПФИР-Объемы → AC4 → AC4-график.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Барабаш М.С. Технологія автоматизованого проектування з використанням цифрової моделі об'єкту / М.С. Барабаш, О.С. Городецький // Зб. Науковий вісник будівництва. — вип. 20. — Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2002. — С. 179-186.
2. Барабаш М.С., Городецький О.С. Концепція інтеграції систем автоматизованого проектування з використанням технології інформаційного моделювання. Нові технології в будівництві. — 2011. — №1(21) — С.67 – 70.
3. Талапов В.В. Основы BIM: введение и информационное моделирование зданий. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 392 с.: ил.
4. Программные комплексы САПФИР и ЛИРА-САПР – основа отечественных BIM-технологий: Монографія / М.С. Барабаш, Д.В. Медведенко, О.І. Палієнко – М.: Юрайт, 2013. – 366 с.
5. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография / М.С. Барабаш – К.: «Сталь», 2014. -300 с.
6. Городецкий А.С. Комплексные системы проектирования и управления строительством с использованием полнофункциональной информационной модели здания (BIM). Зарубежный и отечественный опыт, перспективы развития / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш, В.С. Судак и др. // Проблемы развития городской среды: Научно-технический сборник. – К.: НАУ, 2014. – Вып.2(12). –499с.
7. Motta E., Zdrahal Z. Parametric Design Problem Solving // Presented at the 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop, Banff Canada, November 1996. <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/motta/pardes-banff.html>

### **REFERENCES:**

1. Barabash M.S. (2002). Technology of automatic design using numerical model of the project. Scientific construction bulletin. Kharkiv, Ukraine: 20, 179-186.
2. Barabash M.S. & Gorodetsky A.S. (2011). The concept of integration of CAD systems using information modelling

technologies. New technologies in construction. 1 (21), 67-70.

3. Talapov V.V. (2011). Fundamentals of BIM: introduction and information modelling of buildings. M. DMK Press, 392.

4. Barabash M.S., Medvedenko D.V., Palienco O.I. (2013). Software packages SAPFIR and LIRA-SAPR – basis of domestic BIM-technologies. Monograph. M. Yuright, 366.

5. Barabash M.S. (2014). Computer modelling of life cycle process for building objects. Monograph. Kie, Ukraine: Steel, 300.

6. Gorodetsky A.S., Barabash M.S., Sudak V.S. & et.al. (2014). Complex systems of design and construction management using fully functional building information model (BIM). Foreign and domestic experience, development prospects. Problems of urban environment development. Kiev, Ukraine: 2(12), 499.

7. Motta E. & Zdrahal Z. (1996). Parametric Design Problem Solving. Retrieved from <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/motta/pardes-banff.html>

#### **АНОТАЦІЯ**

Стаття присвячена актуальній проблемі комплексного проектування об'єктів будівництва за принципом параметричного моделювання на основі BIM-технології, яка базується на формуванні узагальненої інформаційної моделі об'єкта будівництва, єдиної на всіх стадіях проектування і отриманої з

різних САПР. На прикладі програмного комплексу для автоматизованого проектування САПФІР-3D продемонстрований принцип створення узагальненої інформаційної моделі об'єкта будівництва з подальшим створенням проектно-конструкторської документації. Розглядаються процедури динамічного контролю проектних рішень, що приймаються в режимі інтерактивної взаємодії проектувальника і САПР, перспективи розвитку таких технологій.

Ключові слова: BIM-технологія, життєвий цикл, віртуальний об'єкт, моделювання процесів, програмне забезпечення.

#### **ANNOTATION**

The paper deals with integrated design of building objects according to principle of parametric modelling based on BIM-technology. Technology is grounded on generation of integrated information model of the building object. Such model is the same at all stages of design and obtained from different CAD programs. Integrated information model for the building object is generated in SAPFIR-3D software and then design information is obtained. The paper considers procedures of dynamic control for design concepts accepted when the engineer works with CAD components and future development for such technologies.

Keywords: BIM-technology, life cycle, virtual object, modelling, software.