

УДК 004.4\*24; 004.93

**Киевская Екатерина Ивановна**Ассистент кафедры информационных технологий, *orcid.org/0000-0003-0906-1128**Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев***Лященко Тамара Алексеевна**Старший преподаватель кафедры информационных технологий, *orcid.org/0000-0001-9092-0297*,*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев***ПРИНЦИПЫ BIM-ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА САПФИР-3D**

*Аннотация.* Описаны основные подходы к проектированию объектов строительства по принципу параметрического моделирования на основе BIM-технологии, которая базируется на формировании обобщенной информационной модели объекта строительства, единой на всех стадиях проектирования и полученной из разных САПР. Определены основные направления создания единой параметрической информационной модели строительных объектов на базе интеграции моделей между программными комплексами различного назначения. На примере программного комплекса для автоматизированного проектирования САПФИР-3D продемонстрирован принцип создания обобщенной информационной модели объекта строительства с последующим созданием проектно-конструкторской документации.

**Ключевые слова:** параметрическое моделирование; BIM-технологии; система автоматизированного проектирования; интеграция

**Введение**

Потребность проектных организаций в непрерывной безбумажной технологии архитектурно-строительного проектирования привело к повсеместному развитию технологии информационного моделирования зданий (BIM-технологии), в основе которой лежит создание единой параметрической информационной модели здания, включающей всю необходимую информацию о будущем объекте.

На сегодняшний день одной из глобальных проблем проектирования является большое количество систем автоматизированного проектирования (САПР), которые с одной стороны покрывают 90% задач, а с другой – механизм передачи информации между этими программами до сих пор не выработан. Существуют общепринятые форматы моделей данных (например, IFC, XML, DXF-DWG, PDF), с помощью которых информационные модели можно интегрировать в различные САПР, но далеко не все разработчики программных комплексов поддерживают эти форматы [3; 4]. Кроме этого, в каждом программном комплексе содержится различный набор информации об объекте строительства, что приводит к потере информации при импорте/экспорте моделей. Вариант передачи модели в урезанном виде и с последующим

заполнением недостающих параметров является трудоемким и приводит к частичной потере информации о модели.

**Анализ основных исследований и публикаций**

Принципы параметрического моделирования и создание информационной модели строительных объектов отражены в работах современных ученых: Николас Нисбет (Nicholas Nisbet), Алек Ньюинг, М.С. Барабаш [1; 3], А.С. Городецкого [5], О.И. Пакидова, В.А. Попова, А.В. Скворцова, В.В. Талапова [2], В.В. Мигунова и др.

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

**Цель статьи**

Целью этой статьи является формулировка концепции использования BIM-технологий в строительном процессе на различных этапах жизненного цикла объектов строительства. А также разработка усовершенствованной методики формирования набора параметров информационной модели здания, которая базируется на создании обобщенной информационной модели объектов строительства.

## Изложение основного материала

Современные объектно-ориентированные САПР поддерживают работу с элементами трехмерной модели как с отдельными объектами, так и с их атрибутами. При этом двумерные чертежи можно создавать на основе трехмерных моделей, а семантические данные из атрибутов объектов использовать для создания спецификаций. Но моделирование по-прежнему остается на уровне графического изображения здания. Согласование изменения модели и ее атрибутов, хранящихся в базе данных, процесс трудоемкий, который в некоторых случаях требует использовать дополнительные программы. Для сложных проектов задача согласованного изменения данных становится в разы сложнее. Исходя из этого, актуальной задачей сегодня является создание обобщенной информационной модели здания (ИМЗ), основанной на BIM-технологии.

Одним из распространенных методов решения этой задачи является параметрическое проектирование (или просто параметризация), основанное на создании модели с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Во всех программных комплексах, задействованных в конкретном проекте, существует свои варианты моделей.

Математическая модель параметрического проектирования обобщенной информационной модели здания определяется [6]: множеством компонентов  $M_i$  и множеством моделей проектных решений  $\{D_{sol-1}, \dots, D_{sol-n}\}$

$$M_i = \langle S, P, V_r, C, R, P_r, cf \rangle,$$

где  $S$  – набор элементов структуры  $\{s_1, \dots, s_n\}$ ;

$P$  – набор параметров  $\{p_1, \dots, p_n\}$ ;

$V_r$  – набор значений параметров  $\{V_1, \dots, V_n\}$ , где  $V_i = \{v_{i1}, \dots, v_{in}\}$  – набор значений каждого параметра,  $i = 1, \dots, n$ ;

$C$  – набор ограничений на значения  $\{c_1, \dots, c_n\}$ ;

$R$  – набор требований, предъявляемых к модели  $\{r_1, \dots, r_n\}$ ;

$P_r$  – набор предпочтений  $\{P_{r1}, \dots, P_{rn}\}$ ;

$cf$  – глобальная стоимостная функция.

Элемент структуры  $s_i$  определяет примитивный элемент модели проектирования. Параметр  $p_i$  – характеристика  $i$ -го элемента структуры. Каждый параметр связан с диапазоном значений  $v_i$  (предопределенным множеством величин), который присваивается в  $p_i$ . Так как существует  $m$  возможных значений для параметра  $p$ , размер пространства проектирования определяется как  $N = m \cdot n$ . Значения функционально-зависимых параметров однозначно определены функциональными зависимостями или требованиями [10]. Функционально-независимые

параметры называются ключевыми, а их значения определяются степенями свободы в процессе проектирования, т.е. действительным размером пространства проектирования [8].

Для хранения параметров элементов модели проектируется база данных, которая содержит: геометрические параметры объектов (размеры, объем и т.д.); физические параметры объектов (масса, материал, физические константы и т.д.); присвоенные (назначенные) параметры объектов (имя, сечение, маркировка, ГОСТ и т.д.).

Преимуществами использования базы данных являются легкость доступа к иерархически организованному данным, обслуживание запросов, выдача ответов не только в текстовой, но и в графической форме, привязанной к конкретному элементу модели [7].

Параметрическая модель здания интегрирует трехмерную модель (геометрию и данные) и модель поведения элементов (историю изменений). На основе такой информационной модели формируется вся рабочая документация. Документация по модели при малейших изменениях обновляется автоматически. Согласованное изменение модели напоминает изменение содержащихся в ячейках таблицы данных, значения которых заданы формулами. Сами формулы позволяют автоматизировать вычисления, а системы параметрического моделирования зданий автоматизируют получение строительной документации.

На базе предложенного подхода в программном комплексе САПФИР-3D разработана подсистема интеграции информационных моделей зданий, обеспечивающая преемственность между различными моделями зданий – архитектурной, аналитической и расчетной [9].

В качестве примера представлена геометрическая модель здания (планы этажей и координатные оси), а также 3D модель, созданная по принципу параметризации, и физическая модель здания (рисунок).

## Выводы

Использование принципов параметризации в современных программных комплексах позволяет информационной модели быть инвариантной к изменяющимся форматам различных программных комплексов.

Результатом применения технологии параметризации информационной модели здания являются более высокая точность и координация данных проекта, начиная от разработки концепции здания до его возведения и сдачи в эксплуатацию.

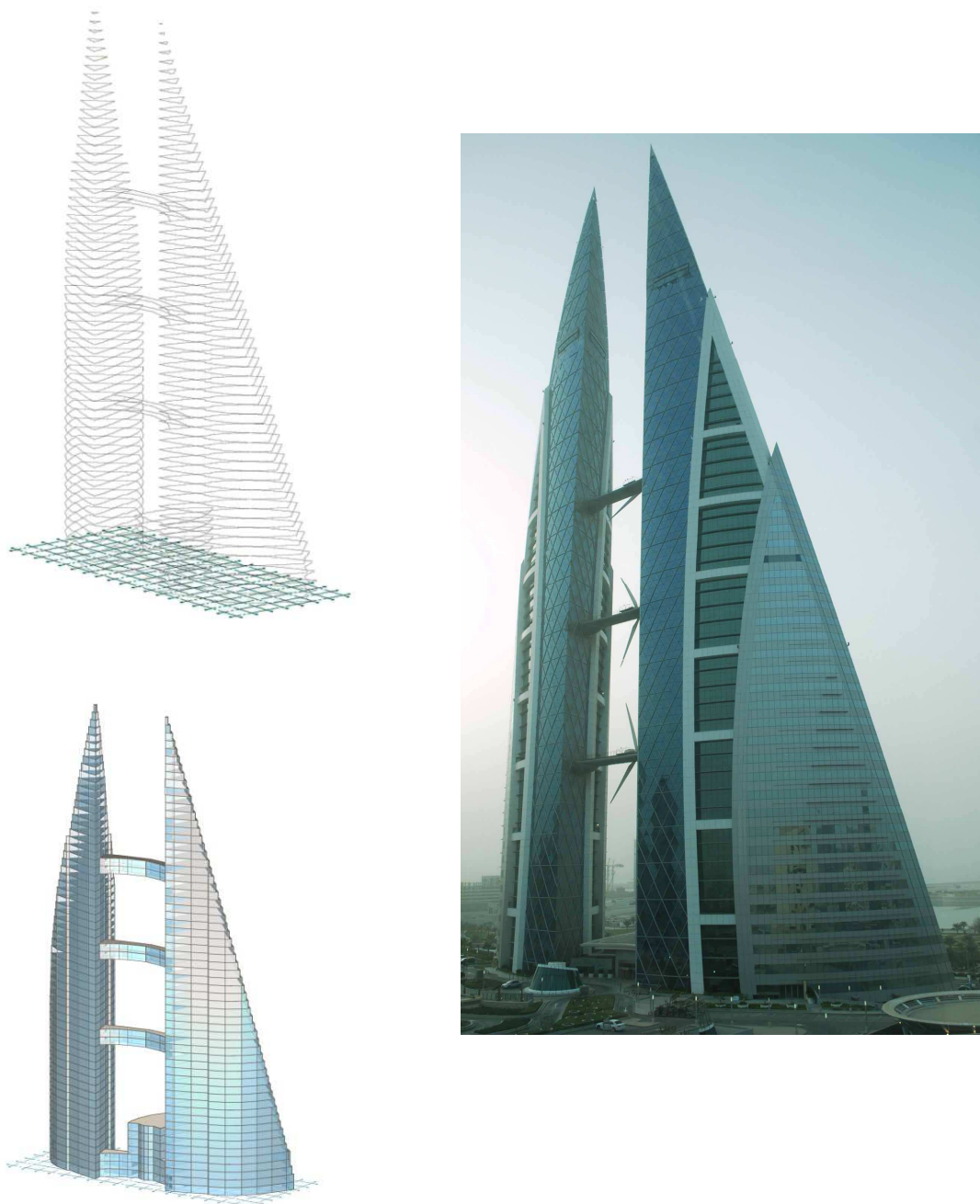


Рисунок – Пример BIM-технологии в программном комплексе САПФИР-3D

### Список литературы

1. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2014.-301с.
2. Талапов В.В. Основы BIM: введение и информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
3. Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплекса САПФИР: Монография. – К.: Изд-во «Сталь», 2012. – 485 с.
4. Барабаш М. С. Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий / М. С. Барабаш // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. –М.: Изд-во «АСВ», 2012. – Vol. 8, Issue 3 – С. 58-68.
5. 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). – 499 с.

6. 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>

7. Норенков И.П. *Автоматизированное проектирование. Серия учебных пособий, Москва, 2000 – 188с.*

8. Pei-lun Chang, Wen-der Yu, Shun-min Lee, *Identifying construction problem-solving patterns of lessons learned with text mining method*, <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/S03-6.pdf>

9. Барабаиш М.С. Використання методів інтеграції для створення узагальненої інформаційної моделі будівельного об'єкта [Текст] / М.С. Барабаиш, К.І. Київська // *Управління розвитком складних систем.* – 2016. – No 25. – С. 114 – 120.

10. Киевская Е.И. *Принципы параметрического моделирования строительных объектов* / Е.И. Киевская, М.С. Барабаиш // *Современное строительство и архитектура.* – Екатеринбург, 2016. – Вып. 1. – С. 16 – 22.

Статья поступила в редколлегию 15.04.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.

#### **Київська Катерина Іванівна**

Асистент кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0003-0906-1128](http://orcid.org/0000-0003-0906-1128)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

#### **Лященко Тамара Олексіївна**

Старший викладач кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0001-9092-0297](http://orcid.org/0000-0001-9092-0297)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

### **ПРИНЦИПИ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ САПФІР-3D**

**Анотація.** *Описані основні підходи до проектування об'єктів будівництва за принципом параметричного моделювання на основі ВІМ-технології, яка базується на формуванні узагальненої інформаційної моделі об'єкта будівництва, єдиної на всіх стадіях проектування і отриманої з різних САПР. Визначено основні напрями створення єдиної параметричної інформаційної моделі будівельних об'єктів на базі інтеграції моделей між програмними комплексами різного призначення. На прикладі програмного комплексу для автоматизованого проектування САПФІР-3D продемонстровано принцип створення узагальненої інформаційної моделі об'єкта будівництва з подальшим створенням проектно-конструкторської документації.*

**Ключові слова:** *параметричне моделювання; ВІМ-технології; система автоматизованого проектування; інтеграція*

#### **Kyivska Kateryna**

Assistant, Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0003-0906-1128](http://orcid.org/0000-0003-0906-1128)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

#### **Lyaschenko Tamara**

Senior Lecturer of the Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0001-9092-0297](http://orcid.org/0000-0001-9092-0297),

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

### **PRINCIPLES OF DESIGNING BIM-TECHNOLOGY EXAMPLE SAPPHIRE-3D SOFTWARE PACKAGE**

**Abstract.** *One of the important issues in the design of construction projects is today a large number of computer-aided design systems that cover most of the problems of computer-aided design, but have a limited mechanism for transmitting information between themselves. Despite the common data formats that are supported by the majority of these software packages, each of which contain diverse data sets on construction sites. This leads to a partial loss of data during the exchange of information between software systems. A data transmission method in a shortened form and additional filling of missing parameters is quite time consuming. To solve these problems, it was decided to use the BIM-technology, which is based on the formation of a generalized information model of the facility, a single at all stages of design and derived from different CAD systems. The article defines the main directions of creating a unified information model parametric building objects based on the integration of models between different CAD systems. For example, software for computer-aided-3D design SAPFIR-3D demonstrated the principle of the creation of a generalized information model of the construction with the subsequent creation of the design documentation.*

**Keywords:** *parametric modeling; BIM-technology; computer-aided design; integration*

**References**

1. Barabash, M.S. (2014). *Computer modeling of lifecycle processes of construction projects: Monograph*. – Kiev : Publishing House of the "Steel", 301 p.
2. Talapov, V.V. (2011). *Basics of BIM: introduction and building information modeling*. – Moscow : DMK Press, 392 p.
3. Barabash M., Boychenko V., Palienko O. (2012). *Information integration technology based on software complex SAPPHIRE: Monograph*. – Kiev : Publishing House of the "Steel", 485 p.
4. Barabash, M.S. (2012). *Methods for computer simulation of the construction of high-rise buildings. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – Moscow : Publishing house «ACB». Vol. 8, Issue 3, 58 – 68.
5. Gorodetsky, A.S., Barabash M.S., Pike, V.S., and etc. (2014). *Complex construction design and management systems with a fully functional building information models (BIM). Foreign and domestic experience, prospects of development. Problems of development of the urban environment: Scientific-technical collection*. – Kiev : NAU, Issue 2 (12), 499 p.
6. 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>*
7. Norenkov, I.P. (2000). *Computer-aided design. A series of tutorials, Moscow, 188 p.*
8. Pei-lun Chang, Wen-der Yu, Shun-min Lee, *Identifying construction problem-solving patterns of lessons learned with text mining method, <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/S03-6.pdf>*.
9. Barabash, Maria, & Kyivska, Kateryna, (2016). *Using methods for integration creating generic information model of construction projects. Management of Development of Complex Systems, 25, 114 – 120.*
10. Kyivska, Kateryna, & Barabash, Maria, (2016). *Principles of parametric modeling of construction projects. Modern construction and architecture*. – Ekaterinburg, Vol. 1, 16 – 22.

**Ссылка на публикацию**

- APA Kyivska, Kateryna, & Lyaschenko, Tamara, (2016). *Principles of designing BIM-technology example SAPPHIRE-3D software package. Management of Development of Complex Systems, 26, 140 – 145.*
- ГОСТ Киевская Е.И. *Принципы BIM-технологии проектирования на примере программного комплекса САПФИР-3D [Текст] / Е.И. Киевская, Т.А. Лященко // Управление развитием сложных систем. – 2016. – №26 – С. 140 – 145.*