

УДК 004.42

**Барабаш Марія Сергіївна**

Доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва, *orcid.org/0000-0003-2157-521X*  
Національний авіаційний університет, Київ

**Київська Катерина Іванівна**

Асистент кафедри інформаційних технологій, *orcid.org/0000-0003-0906-1128*  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ІНТЕГРАЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ  
УЗАГАЛЬНЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ БУДІВЕЛЬНОГО ОБ'ЄКТА**

*Анотація.* Викладено сучасні принципи інформаційного моделювання будівельних об'єктів. Розглянуто різні системи автоматизованого проектування, які використовуються для створення комп'ютерних моделей будівельних об'єктів на різних стадіях проектування. Проведено аналіз наведених методів інтеграції систем автоматизованого проектування. Обґрунтовано створення нового методу інтеграції параметричної моделі на базі програмного комплексу САПФІР-3D, суть якого полягає у створенні окремого файлу, в якому міститься додаткова інформація про елементи інформаційної моделі будівельного об'єкта. Доцільність такого підходу в тому, що будівельні моделі проектуються як єдине ціле, і при зміні інформації по будь-якому елементу, автоматично змінюються параметри всіх пов'язаних з ним елементів. Також в статті наведені результати роботи створеного модуля інтеграції графічної двовимірної моделі будівлі в 3D модель.

**Ключові слова:** BIM-технологія; параметричне моделювання; інформаційні технології; системи автоматизованого проектування; інтеграція

**Постановка проблеми**

Сучасні умови будівництва диктують більш жорсткі вимоги до термінів та вартості проектних робіт. Виконання архітектурних та проектних робіт базується на підготовці точних моделей будівельних об'єктів, а також пов'язане з виконанням величезного обсягу математичних розрахунків, необхідних для інженерного аналізу конструкцій. Загальна мета підвищення конкурентоздатності пов'язана зі значним скороченням термінів створення моделей та пришвидшенням математичних розрахунків параметрів моделей. Потреба забезпечити проектні організації безперервною інформаційною технологією архітектурно-будівельного проектування призвела до розвитку технології інформаційного моделювання будинків. Ця технологія отримала назву BIM-технології, в основі якої лежить принцип створення єдиної параметричної інформаційної моделі будівлі, що включає всю необхідну інформацію про майбутні та вже наявні будівельні об'єкти.

**Аналіз останніх досліджень  
і публікацій**

Принципи параметричного моделювання і створення інформаційної моделі будівельних об'єктів відображені в роботах сучасних учених:

М.С. Барабаш [2; 3], О.С. Городецького [4], О.І. Пакідова, В.А. Попова, А.В. Скворцова, В.В. Талапова [1], В.В. Мігунова та ін.

Практичним впровадженням BIM-технологій для вирішення задач проектування займаються розробники САПР, такі як Autodesk, Bentley Systems, Nemetschek, Graphisoft, TEKLA, ЛІРА САПР та ін.

**Мета статті**

Метою роботи є створення нового методу інтеграції параметричної моделі на базі програмного комплексу САПФІР-3D, суть якого полягає у створенні моделі файлу, в якому міститься додаткова інформація про елементи інформаційної моделі будівельного об'єкта.

**Основний матеріал дослідження**

Основні принципи BIM були сформульовані в 1986 році Робертом Ейшем. Вони полягають в тому, що BIM це: тривимірне моделювання; автоматичне отримання креслень; інтелектуальна параметризація об'єктів; набори проектних даних, що відповідають об'єктам; розподілення процесу будівництва в часі.

BIM (Building Information Modeling або Building Information Model) – інформаційне моделювання будівлі або інформаційна модель будівлі [1].

Можна також дати визначення, що ВІМ – це числове представлення та належним чином організована інформація про об'єкт, яка використовується на всіх етапах його життєвого циклу. Важливою складовою даної технології є єдиний інформаційний простір, база даних, що містить всю інформацію про технічні, правові, майнові, експлуатаційні, енергетичні, екологічні, комерційні та інші характеристики об'єкта будівництва. Завдяки високій точності та детальному опису моделі, ця технологія дає можливість проводити різні розрахунки (наприклад, енергоефективність та енергоспоживання будівлі, комплексні розрахунки на довготривалість, вогнестійкість та міцність як усієї будівлі, так і її окремих елементів) та аналіз отриманих результатів. Для створення таких інформаційних моделей доцільно використовувати системи автоматизованого проектування (САПР).

За цільовим призначенням розрізняють САПР (або підсистеми САПР), які забезпечують різні аспекти проектування [9; 10].

- засоби автоматизованого проектування – CAD (Computer-aided design/drafting);
- програми для проектування та створення креслень – CADD (Computer-aided design and drafting);
- геометричне моделювання – CAGD (Computer-aided geometric design);
- засоби автоматизації інженерних розрахунків – CAE (Computer-aided engineering);
- засоби комп'ютерного аналізу – CAA (Computer-aided analysis);
- кошториси технологічної підготовки виробництва виробів – CAM (Computer-aided manufacturing);
- кошториси автоматизації планування технологічних процесів – CAPP (Computer-aided process planning);

Багато систем автоматизованого проектування поєднують в собі рішення завдань, що відносяться до різних аспектів проектування CAD / CAM, CAD / CAE, CAD / CAE / CAM. Такі системи називають комплексними або інтегрованими.

В більшості сучасних САПР використовуються наступні методи інтеграції: інтеграція на базі наскрізних САПР; інтеграція на базі PLM-систем; інтеграція за допомогою інтерфейсу взаємодії.

Наскрізнні системи включають набір засобів для автоматизації процесів і технологічної підготовки виробництва, а також різних об'єктів промисловості (рис. 1).

До складу PLM-систем входять багатофункціональні та спеціалізовані модулі, які вирішують вузькі завдання конкретних галузей промисловості більш повно, ніж універсальні засоби проектування (рис. 2).

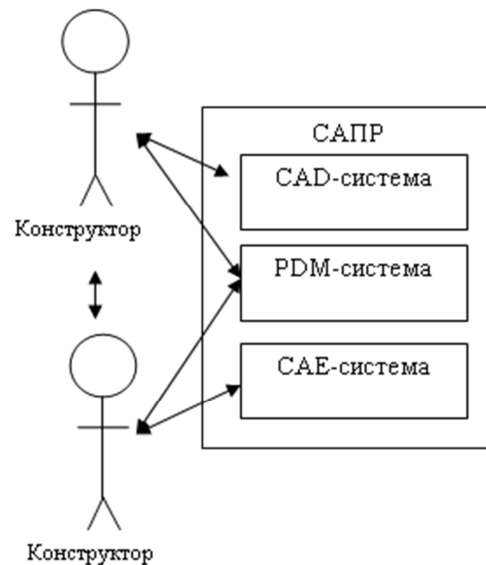


Рисунок 1 – Приклад інтеграції на базі наскрізної САПР

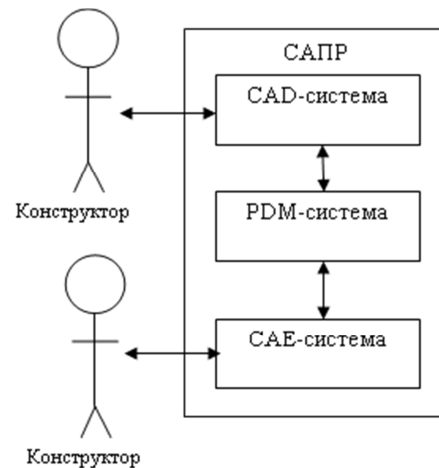


Рисунок 2 – Приклад інтеграції на базі PLM-системи

Деякі системи містять дані щодо технічних структур різного виду, тому для їх перенесення необхідно передати дані технічних вимог однієї системи у формат іншої. Цей спосіб взаємодії називається інтеграцією за допомогою інтерфейсів взаємодії.

На сьогодні існує велика кількість САПР, призначених для інформаційного моделювання будівель: Autodesk Revit Structure Suite (AutoCAD Structural Detailing, AutoCAD, Revit Structure, СПДС, 3ds Max Design), ArchiCAD, сімейство ЛІРА-САПР (ЛІРА-САПР, САПФІР-3D) Tekla Structures, Digital Project, AllPlan, SCAD, Autodesk тощо. Кожен з цих програмних комплексів відповідає основним принципам ВІМ і покриває ряд задач автоматизованої технології багатовимірною моделювання (2D – 5D) [5; 6].

Крім цього, сучасні САПР повинні задовольняти вимоги технологій інтегрованого проектування та бути:

- інтегровані «по горизонталі»: мають охоплювати всі частини та етапи будівельного проектування, гарантувати злагоджену передачу даних по технологічному ланцюжку між окремими дисциплінами проекту (архітектура, конструкції, інженерні мережі тощо);

- інтегровані «по вертикалі»: гарантувати злагоджену передачу даних по технологічному ланцюжку виробничого процесу (проектування, виготовлення, монтаж тощо);

- інтегровані «по діагоналі»: забезпечувати напряму або у форматах стандартних даних обмін інформацією з іншими системами проектування, в тому числі передавати дані з графічних (CAD) систем в розрахункові (CAE) системи;

- інтегровані «в обох напрямках»: результати розрахунків і проектування повинні передаватись в систему моделювання з подальшим оновленням вихідної моделі;

- «мульти-» інтегровані: забезпечувати обмін даними між окремими областями проектування (будівництво, промисловість, енергетика, ГІС тощо).

Проаналізувавши основні можливості наявних систем автоматизованого проектування, можна зробити висновок, що основною проблемою залишається те, що в кожній з них створюється своя особлива модель, повноцінна робота з якою можлива тільки в цій програмі. Не дивлячись на те, що ці програми пропонують механізми інтеграції моделей на базі міжнародних загальноприйнятих форматів (IFC, XML, DXF-DWG, PDF), існує певний ряд проблем [3].

Оскільки програми не можуть інтегрувати всю модель повністю, можлива втрата частини даних. Крім цього, кожен програмний комплекс працює зі своїми додатковими бібліотеками (матеріали, кошторисна інформація тощо). Це призводить до того, що в кожній системі користувач має дозаповнювати ці дані вручну після інтеграції.

Для вирішення цієї задачі використовується параметричне проектування (або просто параметризація), засноване на створенні моделі з використанням параметрів елементів моделі і співвідношень між цими параметрами. Для зберігання параметрів елементів моделі проектується база даних, яка містить таку інформацію:

- $I_g$  – геометричні параметри об'єктів (розміри, об'єм і т.д.);

- $I_f$  – фізичні параметри об'єктів (маса, матеріал, фізичні константи і т.д.);

- $I_a$  – присвоєні (атрибутивні) параметри об'єктів (ім'я, перетин, маркування, ГОСТ і т.д.).

- $I_{cp}$  – топологічні параметри об'єктів (описують взаємозв'язки між елементами);

- $I_t$  – часові параметри об'єктів.

Це можна представити у вигляді такої сукупності:

$$IM = \{I_g, I_f, I_a, I_{cp}, I_t\}.$$

Параметрична модель будівлі інтегрує тривимірну модель (геометрію і дані) і модель поведінки елементів (історію змін). На основі такої інформаційної моделі формується вся робоча документація. Документація по моделі при найменших змінах оновлюється автоматично. Узгоджена зміна моделі нагадує зміну елементів таблиці, значення яких задані формулами. Самі формули дозволяють автоматизувати обчислення, а системи параметричного моделювання будівель автоматизують отримання будівельної документації.

Концепція інформаційної моделі будівлі базується на створенні і управлінні точною і узгодженою інформацією протягом всього життєвого циклу будівлі: від розробки концепції до зведення і здавання об'єкта в експлуатацію. Вона ґрунтується на ідеї фізичної моделі і дає змогу представляти її окремі елементи як у вигляді геометричних об'єктів, так і в інформаційному вигляді. Використовуючи інформаційну модель, розробник знає всі експлуатаційні характеристики об'єкта ще до початку його будівництва.

Оскільки на різних етапах проектування будівельних об'єктів використовуються спеціалізовані моделі представлення даних про об'єкт, які описують певний розділ проектування, і створити з них одну модель не має жодної можливості, вироблена концепція про використання узагальненої інформаційної моделі будівництва.

Таку модель можна представити у вигляді сукупності:

$$M_u = M_a \cup M_f \cup M_r \cup M_{es} \cup M_{at} \cup M_t \cup M_{cp},$$

де  $M_a$  – архітектурна модель будівлі, яка містить інформацію про об'ємно-планувальні архітектурні рішення (кількість поверхів, розбиття поверхів на приміщення, ліфтові шахти, сходи і т. д.);  $M_r$  – конструктивно-розрахункова модель будівлі, яка частково включає інформацію про архітектурну частину проекту, та інформацію про характеристики міцності елементів будівлі;  $M_f$  – фізична модель, яка містить інформацію про елементи будівлі (стіни, колони балки тощо);  $M_{es}$  – модель представлення даних про внутрішні електротехнічні та сантехнічні мережі та прилади будівлі. Включає інформацію про всі електротехнічні, сантехнічні та газопровідні прилади, що використовуються в будівлі, мережі їх з'єднання, а також розрахункові дані;  $M_{at}$  – атрибутивна модель, що містить додаткову інформацію про елементи будівельного об'єкта: матеріал стін, плит перекриття, перерізи колон та

балок тощо;  $M_{tp}$  – топологічна модель, що містить інформацію про географічне розташування будівельного об'єкта з урахуванням ґрунтової моделі;  $M_{tp}$  – часова модель будівлі, що містить інформацію про можливі зміни властивостей будівельних конструкцій з часом.

Загальне представлення узагальненої параметричної моделі будівельних об'єктів наведено на рис. 3.

Для інтеграції 2D-моделі в 3D-модель була розроблена концепція керованого інтерфейсу, що включає такі принципи:

1. Кожний графічний елемент 2D-моделі (лінія, точка, контур) знаходиться на конкретному шарі, що визначає його конструктивний тип (стіна, колона, плита);

2. Для перетворення різних графічних об'єктів застосовуються власні правила (загальні для одного типу об'єктів), наприклад, плита описується контуром, стіна – контуром або лінією;

3. Набір правил перетворення для кожного типу об'єктів об'єднане в окремий сценарій.

Для перетворення даних була розроблена структура для зберігання даних про елементи. Вона

реалізована у вигляді проміжного формату для зберігання даних в автоматизованій системі інтеграції.

Розроблена концепція інтеграції 2D-, 3D-моделей була реалізована на базі програмного комплексу САПФІР-3D. Вихідна графічна модель і модель перетворення представлені на рис. 4 та 5.

Розроблені механізми дозволяють автоматизувати процес створення 3D-моделей на основі геометричних 2D-моделей, створених в програмному комплексі AutoCAD.

## Висновки

Таким чином, використання принципів параметризації в сучасних програмних комплексах дозволяє інформаційній моделі бути інваріантною до мінливих форматів різних програмних комплексів.

Результатом застосування технології параметризації інформаційної моделі будівлі є точність і координація даних проекту, від розробки концепції будівлі до її зведення і здачі в експлуатацію.

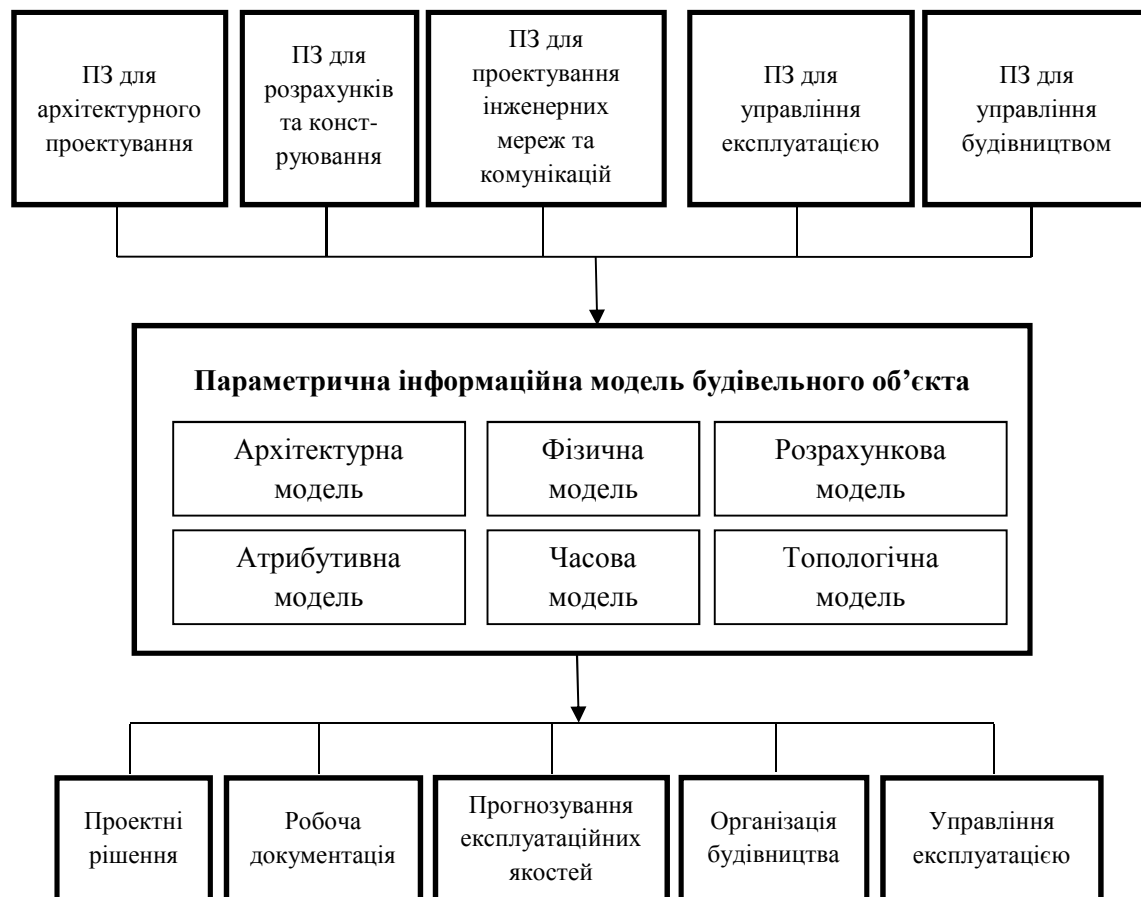


Рисунок 3 – Параметрична інформаційна модель будівельного об'єкта

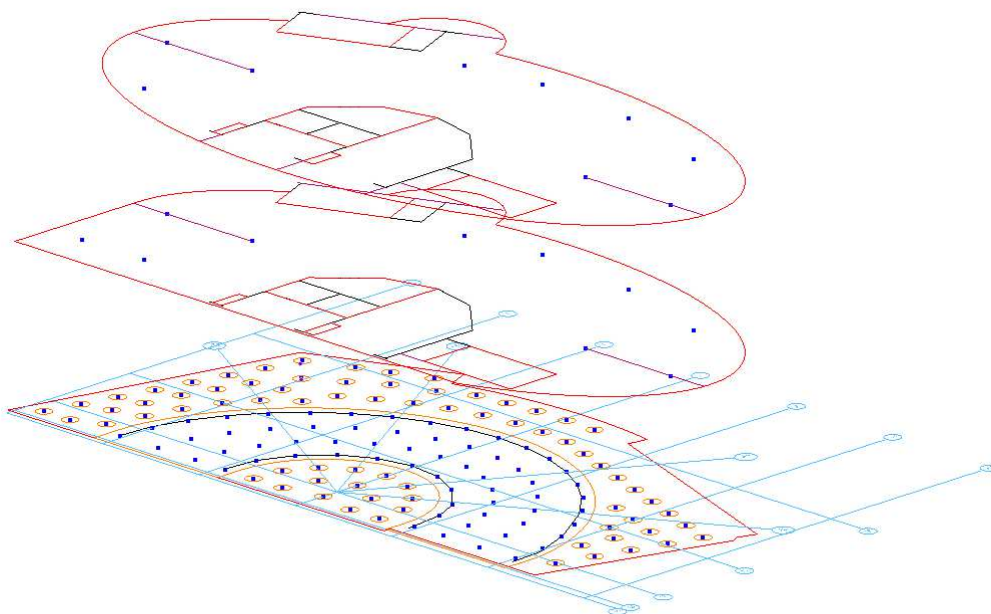


Рисунок 4 – Графічна модель будівельного об'єкта, імпортована з програми AutoCAD

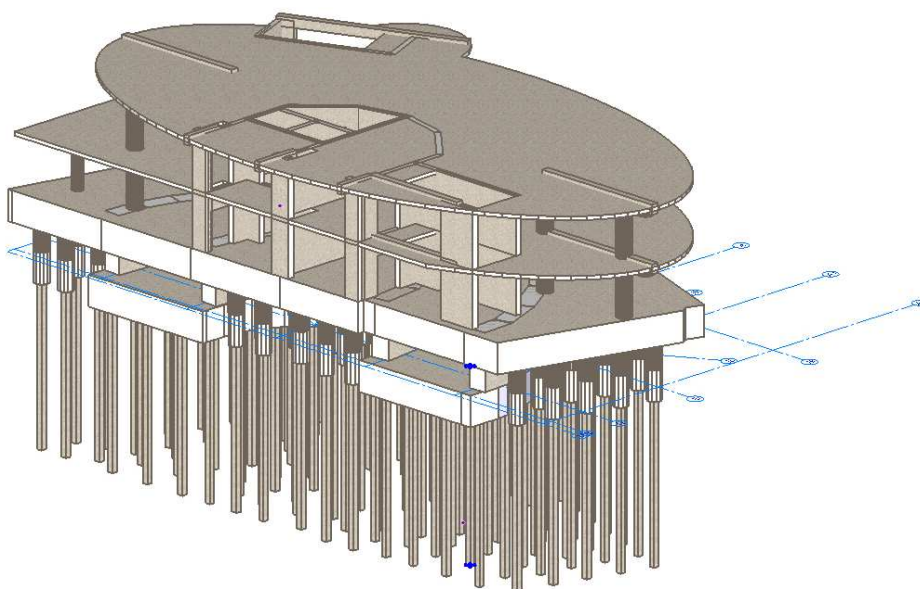


Рисунок 5 – 3D модель в ПК САПФІР

### Список літератури

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение и информационное моделирование зданий. –М.: ДМК Пресс, 2011.–392 с.
2. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. –К.: Изд-во «Сталь», 2014.-301с.
3. Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплекса САПФІР: Монография. –К.: Изд-во «Сталь», 2012.-485с.
4. 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.
5. Талапов В. BIM: что под этим обычно понимают [Електронний ресурс]. – [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14078](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078)

6. Талапов В. BIM: что под этим обычно понимают. Второе издание [Электронный ресурс]. – [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17298](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17298)
7. Барабаш, М. С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла конструкций [Текст] / М. С. Барабаш // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К. : КНУБА, 2013. – Вип. 47. – С. 83-89.
8. Барабаш, М. С. Архітектурно-будівельне проектування об'єкта будівництва на основі моделювання його життєвого циклу [Текст] / М. С. Барабаш // Проблеми розвитку міського середовища: наук.-техн. зб. – К. : НАУ, 2013. – Вип. 9. – С. 27-34.
9. Малюх В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. –М.: ДМК Пресс, 2010. –192 с. –ISBN 978-5-94074-551-8.
10. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. –4-е изд., перераб. и доп. –М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. –430 с. –ISBN 978-5-7038-3275-2.
11. Чуприна Х.М. Інтегрована єдина енергетична модель будівлі [Текст] / Чуприна Х.М. // Управління розвитком складних систем – К. : КНУБА, 2014. – Вип. 17. – С. 125-131.

Стаття надійшла до редколегії 01.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

### Барабаш Мария Сергеевна

Доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий строительства, [orcid.org/0000-0003-2157-521X](http://orcid.org/0000-0003-2157-521X)  
Национальный авиационный университет, Киев

### Київська Катерина Іванівна

Ассистент кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0003-0906-1128](http://orcid.org/0000-0003-0906-1128)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБОБЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

**Аннотация.** В статье изложены современные принципы информационного моделирования строительных объектов. Рассмотрены различные системы автоматизированного проектирования, которые используются для создания компьютерных моделей строительных объектов на разных стадиях проектирования. Проведен анализ существующих методов интеграции систем автоматизированного проектирования. Обосновано создание нового метода интеграции параметрической модели на базе программного комплекса САПФИР-3D, суть которого заключается в создании отдельного файла, в котором содержится дополнительная информация об элементах информационной модели строительного объекта. Целесообразность такого подхода в том, что строительные модели проектируются как единое целое, и при изменении информации по любому элементу, автоматически изменяются параметры всех связанных с ним элементов. Также в статье приведены результаты работы созданного модуля интеграции графической двухмерной модели здания в 3D-модель.

**Ключевые слова:** BIM-технология; параметрическое моделирование; информационные технологии; системы автоматизированного проектирования; интеграция

### Barabash Maria

DSc(Eng), Professor, Department of Computer technology building, [orcid.org/0000-0003-2157-521X](http://orcid.org/0000-0003-2157-521X)  
National Aviation University, Kiev

### 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

## USING METHODS FOR INTEGRATION CREATING GENERIC INFORMATION MODEL OF CONSTRUCTION PROJECTS

**Abstract.** The article describes the modern principles of information modeling of construction projects. Various computer-aided design (CAD), which is used to create computer models of construction projects in various stages of design. The analysis of existing methods for the integration of CAD systems. It justified the creation of a new method of integration of a parametric model based on software complex SAPPHIRE-3D. The essence of this method is to create a single file, which contains additional information about the elements of a building information model of the object. The feasibility of this approach is that building models are designed as a single unit. If you change any information on any element or attribute, automatically change the parameters of all related items (for example, drawings, visualization, specification, schedule) and of the model as a whole. The article also presents the results of the work created by the integration module graphic two-dimensional model of the building in the 3D model.

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

**References**

1. Talapov, V.V. (2011). *Basics of BIM: Introduction and building information modeling*. Moscow, Russia: DMK Press, 392.
2. Barabash, M.S. (2014). *Computer simulation of the life cycle of construction projects: Monograph*. Kyiv, Ukraine: Publishing House of the "Steel", 301.
3. Barabash, M.S., Boychenko, V.V., Palienko, O.I. (2012). *Information technology integration on the basis of software SAPFIR: Monograph*. Kyiv, Ukraine: Publishing House of the "Steel", 485.
4. Gorodetsky, A.S. (2014). *Complex design and construction management with a fully functional building information model (BIM). Foreign and domestic experience, prospects of development / A.S. Gorodetsky, M.S. Barabash, V.S. Sudak et al. // Problems of development of the urban environment: Science and Technology collection*. Kyiv, Ukraine: NAU, Issue 2 (12), 499.
5. Talapov V.V. *BIM: that*
6. *under this generally understood [Electron resource]*. – [Http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14078](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078)
7. Talapov V.V. *BIM: that by this is usually understood. Second Edition [Electron resource]*. – [Http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17298](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17298)
8. Barabash, M.S. (2013). *Computer simulation of the life cycle of structures [Text]*. *Mistobuduvannya that teritorialne planuvannya: nauk. techno. ST*. Kyiv, Ukraine: KNUBA, 47, 83-89.
9. Barabash, M.S. (2013). *Architectural and structural design of the construction based on modeling of lifecycle. The problems of the urban environment: nauk. techno. ST*. Kyiv, Ukraine: NAU 2013, 9, 27-34.
10. Malukh, V.N. (2010). *Introduction to modern CAD system: Lectures*. Moscow, Russia: DMK Press, 192. ISBN 978-5-94074-551-8.
11. Norenkov, I.P. (2009). *Fundamentals of computer-aided design: Textbook. for high schools. 4th ed., Rev. and add.* Mosow, Russia: Publishing House of the MSTU. Bauman, 430. ISBN 978-5-7038-3275-2.
12. Chupryna, H.M. (2014). *The integrated model of building an integrated energy. Management of development of complex systems*. Kyiv, Ukraine: KNUBA, 17, 125-131.

---

**Посилання на публікацію**

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