

УДК 721.021.2:004.9

к.е.н. Микитась М.В.,  
mykytas.m@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6176-6822,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИХ КЛАСТЕРІВ

*Основна ідея дослідження щодо вирішення інфраструктурних проблем енергозбереження полягає у формуванні енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів із застосуванням BIM-технології. Дослідження орієнтовані на розробку концепції моделювання, що основана на системному аналізі характеристик діяльності кластерів різної структури, як системи в цілому, та порівнянні оцінок ефективності участі в кластері альтернативних об'єктів кластеризації. Синтез моделей кластерних структур запропоновано здійснювати методами системного геометричного моделювання. Оцінку ефективності участі в кластері різних об'єктів пропонується здійснювати на основі обчислювальних експериментів з інформаційними моделями будівель.*

*Ключові слова: енергоресурсоефективність, кластерна структура, об'єкт кластеризації, BIM-технологія.*

**Постановка проблеми.** При проектуванні кластерних соціотехнічних систем виникає велика кількість задач, які потребують синтезу моделей кластерних структур, і моделювання закономірностей, що відображають процеси функціонування та розвитку кластерів. Розв'язання задачі вибору адекватного способу моделювання є окремою проблемою, що пов'язана з [1, 2]:

- надійністю прогнозування на великі проміжки часу;
- адекватністю моделей і методів представлення об'єкта;
- розробкою засобів оцінки характеристик об'єкта в нечітких умовах та умовах невизначеності.

Проблеми, що виникають при виборі моделей і методів оцінки характеристик кластерних структур, пов'язані з існуванням великої кількості різних кластерів, а також складністю і гетерогенністю структури кожного [3, 4]. Вирішення проблеми прийняття раціонального рішення щодо обрання методу моделювання, який буде найкраще задовольняти вимогам конкретної практичної задачі дозволить підвищити якість процесу оцінки характеристик об'єкта кластеризації та надійність прогнозування результатів діяльності кластерних структур в цілому.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В різних літературних джерелах зустрічаються різні трактовки поняття «кластер». Найчастіше кластер визначається як сукупність груп підприємств, що сконцентровані за географічною ознакою для досягнення єдиної мети, але існують інші означення. Неоднозначність поняття та велика кількість класифікацій кластерів за різними ознаками та критеріями пояснюється існуванням великої кількості різних кластерів, а також складністю і гетерогенністю структури кожного [1, 3, 4].

З позицій типології така складна соціотехнічна система, як енергоефективний архітектурно-будівельний кластер (ЕАБК) може адекватно відображатись складно-структурованою моделлю (ССМ) з геометричними компонентами [2, 5]. Кожен геометричний (геометризований) елемент такої ССМ може бути представлений різними геометричними та графічними способами [6, 7]. У зв'язку з цим подібні задачі доцільно вирішувати засобами системного геометричного моделювання, які базуються на системній *технології зустрічних потоків* [7]. Сутність технології полягає в узгодженні структури системного уявлення заданого об'єкта моделювання з його моделлю та структурою методу геометричного моделювання (МГМ).

Підхід до формування енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів із застосуванням інформаційної моделі будівлі (Building Information Model – BIM) відкриває нові можливості вирішення задачі формування кластерів на основі обчислювальних експериментів з моделями різних об'єктів в складі різних кластерних структур [8, 9].

#### **Мета статті.**

Метою даної роботи є розробка концепції впровадження BIM-технології в процеси формування енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів

#### **Виклад основного матеріалу.**

Організаційно-технологічною основою реалізації системної геометрії у проектуванні ЕАБК є розробка інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (ІСППР). Основна функція такої системи полягає у підвищенні ступеня обґрунтованості вибору геометричних та графічних засобів моделювання при проектуванні ЕАБК. З іншої точки зору, відповідна система є необхідним та невід'ємним елементом загальної концепції BIM-проектування у будівництві, що свідчить про її практичну значимість [2, 10].

Для ефективного наповнення інформаційної бази знань [2, 9] ІСППР щодо формування ЕАБК технологія зустрічних потоків [6, 7] має бути застосована в якості алгоритмічної основи експертного аналізу об'єкта та вибору відповідних МГМ або їх модифікацій.

На рисунку 1 наведено схему впровадження BIM-технології в процес формування енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів.

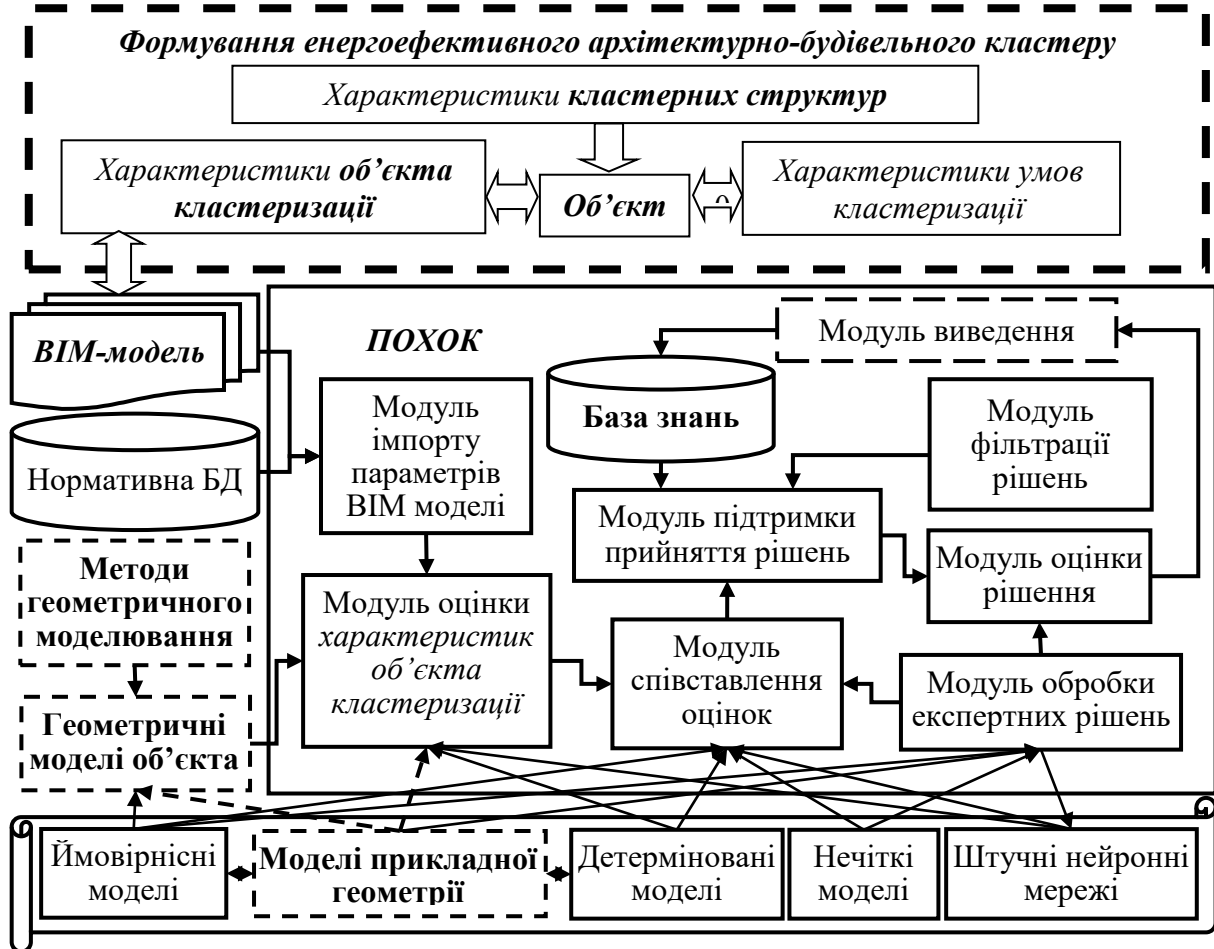


Рис.1. Схема впровадження BIM-технології в процес формування ЕАБК

Основна увага в роботі приділяється проектуванню підсистеми оцінки характеристик об'єкта кластеризації (ПОХОК), яка використовує множину моделей прикладної геометрії та методів геометричного моделювання для побудови множини геометричних моделей об'єкта кластеризації у якості основи бази знань.

На рис. 1 також вказано математичні моделі, які на думку авторів, доцільно використовувати при розробці інструментального забезпечення модулів, що призначені забезпечувати підтримку прийняття рішень щодо формування найкращої (для заданих умов кластеризації) структури ЕАБК.

Модуль імпорту параметрів BIM-моделі призначається для реалізації взаємодії ПОХОК з зовнішніми системами, що використовуються при побудові BIM. Така взаємодія надає можливість забезпечити оцінку характеристик об'єктів кластеризації, що є необхідною умовою при розробці відповідної технічної документації, а також сприяє зниженню витрат на проведення додаткових натурних випробувань [2, 12].

Модуль виведення та модулі фільтрації, оцінки і обробки експертних рішень – складові частини ПОХОК, що призначені автоматизувати процес наповнення бази знань ІСППР експертними знаннями [12, 13].

Базою знань в роботі називається інформаційний засіб, який допомагає вирішувати задачу вибору об'єкту кластеризації, і містить в собі [11, 12]:

- всі зв'язки між усіма об'єктами кластеризації;
- систему правил, які визначають взаємозв'язок між характеристиками об'єкту кластеризації та характеристиками кластерної структури в цілому.

В [10, 12] показано як моделі та методи нечіткої математики застосовуються при формалізації експертних знань інтелектуальних систем оцінки технічного стану будівельних конструкцій. В [13] нечіткі моделі використовуються при формуванні онтології предметної області ІСППР у містобудуванні. Проте підхід, що ґрунтується на моделях та методах нечіткої математики, доцільно застосовувати і при формуванні ЕАБК, оскільки ці методи розроблялись для опрацювання нечітких даних різного характеру.

Схему процесу цілеспрямованого синтезу моделей ЕАБК запропоновано в роботі [9]. При цьому, інтеграція ВІМ-технології в процес інформаційно-аналітичного супроводу проектів надає змогу реалізовувати обчислювальні експерименти з геометричними моделями об'єкта в середовищі кластеру. Оптимальна за критерієм енергоефективності структура кластера формується на основі аналізу і співставлення результатів обчислювальних експериментів, які проводяться з різними моделями об'єктів кластеризації в різних умовах з урахуванням стохастичних змін умов кластеризації (рис. 1).

Методика проведення експертного дослідження методів геометричного моделювання та структура ВІМ-орієнтованого представлення інформації в ІСППР є предметом подальших досліджень.

**Висновки.** Практична значимість впровадження ВІМ-технології в процесі формування ЕАБК полягає в економії бюджету на додаткові натурні випробування та скороченні часу на зміни в проекті та адаптацію об'єкта до непередбачуваних змін середовища в процесі експлуатації. Ймовірність правильної організації кластерної структури на стадії проектування зростає за рахунок проведення обчислювальних експериментів з інформаційними моделями об'єктів кластеризації. Таким чином, забезпечуються найбільший внесок усіх структурних одиниць в діяльність кластера, як системи в цілому, та передумови використання системних властивостей кластерів, що в подальшому сприяє підвищенню їх стійкості та конкурентоспроможності.

### Перелік посилань

1. European Commission. Innovation Clusters in Europe – A Statistical Analysis and Overview of Current Policy Support (2006). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
2. Kulikov P. Development of a methodology for creating adaptive energy efficiency clusters of the architecture and construction industry / P. Kulikov, M. Mykytas, S. Terenchuk, Yu. Chupryna // Technology audit and production reserves – № 6/5(44), 2018, p. 11–16.

3. Porter, M. Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy // *Economic Development Quarterly*, 14, 2000a. p. 15-34.
4. Микитась М.В. Дослідження системних ознак енергоефективних кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі / М.В. Микитась, В.О. Плоский, С.А. Кожедуб // *Управління розвитком складних систем*. – 2018. – № 35. – С. 68 – 75.
5. Ploskyi V. From the System Analysis of Applied Geometry Methods toward Structure of Ukrainian Geometrical School // *Journal for Geometry and Graphics*. – Vol. 6. – 2002. – No.2, pp. 201-211.
6. Плоский В.О. Принципи визначення загальносистемних властивостей методів геометричного моделювання // *Прикладна геометрія та інженерна графіка* // КНУБА. – 2008. – Вип.79. – С. 23-27.
7. Плоский В.О. Сценарії розвитку та концептуальні класи методів геометричного моделювання // *Наукові нотатки ЛДТУ*. – Луцьк: 2008. – Вип. 22. – С. 276 – 280.
8. Барабаш М.С. Використання методів інтеграції для створення узагальненої інформаційної моделі будівельного об'єкта / М.С. Барабаш, К.І. Київська // *Управління розвитком складних систем*. – 2016. – № 25. – С. 114-120.
9. Микитась М.В. Концептуальний підхід до формування енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів із застосуванням BIM-технологій / М.В. Микитась, Б.М. Єременко, Х.М. Чуприна // *Сучасні проблеми моделювання*. 2018. В. 13. С. 106-113.
10. Єременко Б.М. Моделювання інтелектуальної системи для діагностики технічного стану об'єктів будівництва / Б.М. Єременко // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – 2015. – № 1/2 (21). – С. 44-48.
11. Малафєєва Л.Ю. Розробка структурованої бази знань для розв'язання задач з технологічного передбачення / Л.Ю. Малафєєва // *Наук. Вісті НТУУ «КПІ»*. – 2009. № 6. – С. 61-68.
12. Terenchuk S. Implementation of Intelligent Information Technology for the Assessment of Technology for Condition of Building Structures in the Process of Diagnosis / S. Terenchuk, B. Yeremenko, T. Sorotuyk // *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5/3(83). 2017. P. – 30-39. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.80782.
13. Гайна Г.А. Концепція багатомодельного підходу до розробки інтелектуальних СППР у містобудуванні / Г.А. Гайна // *Управління розвитком складних систем*. – 2010. – № 1. – С. 28-34.

к.э.н. Микитась М.В.,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

## **РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРОВ.**

Основная идея исследования по решению инфраструктурных проблем энергосбережения заключается в формировании энергоэффективных архитектурно-строительных кластеров с применением BIM-технологии. Исследования ориентированы на разработку концепции моделирования, которая основана на системном анализе характеристик деятельности кластеров различной структуры, как системы в целом, и сравнении оценок эффективности участия в кластере альтернативных объектов кластеризации. Синтез моделей

кластерных структур предложено осуществлять методами системного геометрического моделирования. Оценку эффективности участия в кластере различных объектов предлагается осуществлять на основе вычислительных экспериментов с информационными моделями зданий.

Ключевые слова: энергоресурсоэффективность, кластерная структура, объект кластеризации, BIM-технология.

PhD. Maksym Mykytas,  
Kyiv National University of Construction and Architecture.

### **DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF IMPLEMENTATION OF BIM-TECHNOLOGIES IN THE PROCESSES OF FORMATION OF ENERGY EFFICIENT ARCHITECTURAL-BUILDING CLUSTERS**

The main idea of the research on solving infrastructure energy saving problems is the formation of energy-efficient architectural and construction clusters using BIM technology. The research is focused on the development of a modeling concept based on a system analysis of the characteristics of the activity of clusters of different structures, as systems in general, and compares the assessments of the effectiveness of participation in the cluster of alternative clustering objects. The synthesis of models of cluster structures is proposed to be carried out by methods of system geometric modeling. The evaluation of the effectiveness of participation in a cluster of various objects is proposed to be carried out on the basis of computational experiments with information models of buildings.

Keywords: energy resource efficiency, cluster structure, clustering object, BIM-technology.