

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 004.93'14./942:69

М. В. МИКИТАСЬ^{1*}, П. П. ТЕСЛЕНКО², С. І. КУШНІР³

^{1*} Кафедра архітектурних конструкцій, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (050) 388 11 08, ел. пошта maksim27@ukr.net, ORCID 0000-0002-6176-6822

² Кафедра менеджменту в будівництві, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 241 54 98, ел. пошта nkc_kiev@ukr.net

³ Кафедра менеджменту в будівництві, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680, тел. +38 (044) 241 54 98, ел. пошта nkc_kiev@ukr.net

ЗАГАЛЬНА КОНЦЕПЦІЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мета. В статті викладено базові теоретичні положення загальної концепції кластеризації геометричних об'єктів, проаналізовано деякі сфери її ефективного практичного застосування. **Методика.** Для досягнення поставленої мети авторами проаналізовано деякі сфери ефективного практичного застосування концепції кластеризації геометричних об'єктів. Розглянуто відповідні приклади моделювання кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі. **Результати.** Обґрунтовано актуальність виконаних досліджень, акцентовано переваги напрацьованого підходу, зокрема його універсальність та гнучкість, відкритість для розвитку, пристосованість до реалізації сучасними комп'ютерними засобами. Окреслено перспективи проведення подальших наукових розвідок у даному напрямку. **Наукова новизна.** Встановлено, що концепція здатна бути ефективною складовою комп'ютерних інформаційних технологій автоматизованого проектування різноманітних технічних об'єктів, зокрема, в BIM-технологіях. **Практична значимість.** Розглянуто відповідні приклади моделювання кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі.

Ключові слова: кластер; кластерна організація; BIM-технологія; системна прикладна геометрія; система прийняття рішень

Вступ

Інформаційні технології сьогодення широко використовуються в багатьох галузях промисловості, зокрема, архітектурно-будівельній. Насущним сучасним питанням є підвищення енергоефективності будівель, один із напрямків успішного вирішення якого полягає в застосуванні кластерного підходу на базі BIM-технологій (Building Information Modeling) [1-4]. Архітектурно-будівельні кластери являють собою великі за числом елементів і складні за характером зв'язків системи. Здійснення для них натурних експериментів із метою оптимізації практично неможливе. У даному випадку комп'ютерне моделювання становить основний засіб проведення зазначених досліджень. Головна перевага геометричних моделей, порівняно з іншими математичними, полягає в їх наочності. Це дозволяє продуктивно розв'язувати складні задачі більш простими засобами. Таким чином, постає актуальна проблема розробки тео-

ретичних засад у галузі геометрії для ефективного відтворення кластерних структур взагалі та в архітектурно-будівельній галузі зокрема. Вирішенню зазначеного питання присвячено дану роботу.

У праці [1] проаналізовано можливості використання інформаційного моделювання для прогнозування показників діяльності енергоефективного архітектурно-будівельного кластеру. Дослідження [2] присвячено розробці та впровадженню інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень під час проектування кластерних організаційних структур, публікацію [3] – розв'язанню оптимізаційної задачі управління поточкорозподілом ресурсів кластерних організаційних структур енергоефективного будівництва.

У статті [4] методами системного аналізу виконано дослідження структурних і функціональних ознак кластерних систем. Праці [5-8] становлять методологічну основу для запропонованої загальної концепції кластеризації геометричних об'єктів.

Мета

Викласти базові теоретичні положення загальної концепції кластеризації геометричних об'єктів, проаналізувати деякі сфери її ефективного практичного застосування. Розглянути відповідні приклади моделювання кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі.

Методика

Відомо, що *кластером* називають поєднання кількох схожих або різних близько розташованих елементів, що розглядається як одне ціле та має певні властивості.

Під *геометричним кластером* розумітимемо поєднання кількох схожих або різних близько розташованих фігур, що розглядається як одне ціле та має певні властивості.

Запропоноване означення є узагальненням поняття кластер в інших науках і тому забезпечує інваріантне його вживання під час комп'ютерного геометричного моделювання.

Отже, кластером можна відтворювати в:

– *інформаційних технологіях* – логічну одиницю зберігання даних, яка поєднує кілька секторів жорсткого диска, певну сукупність комп'ютерів;

– *хімії* – групу атомів або молекул;

– *астрономії* – сукупність зірок, що взаємодіють силами гравітації;

– *економіці* – розташовані на деякій території взаємопов'язані підприємства та організації;

– *містобудуванні* – автономну одиницю міста, яка забезпечує мешканцям повний набір комунальних послуг;

– *лінгвістиці* – групу близьких мов, тощо.

Як свідчить наведений перелік, під близько розташованими елементами мається на увазі поняття більш широке, ніж просто близькість із геометричної точки зору. Останнє трактування полягає у відносно тісній взаємодії елементів. Наприклад, близько розташованими вважаються зірки, гравітаційні сили між якими є значними, комп'ютери, пов'язані мережевими засобами, і т. д.

Під *геометричною кластеризацією* розумітимемо формування потрібних множин геометричних кластерів, які складаються з належних фігур, при цьому створені різні кластери мають між собою певні необхідні відмінності. Для ро-

© М. В. Микитась, П. П. Тесленко, С. І. Кушнір, 2017

зробки загальної концепції кластеризації геометричних об'єктів застосовуватимемо подану в дослідженні [5] системну методологію, класифікацію геометричних об'єктів за їх вимірністю [6], викладені у працях [7, 8] відповідно комбінаторно-варіаційний підхід та динамічне формоутворення засобами структурно-параметричного моделювання.

В основі загальної концепції кластеризації геометричних об'єктів, що подається, лежить запропонований у даній публікації *принцип кластеризації* геометричних об'єктів. Завдяки цьому, спираючись на роботи [5-8], може бути окреслено новий науковий напрямок у вигляді *кластерного геометричного моделювання*.

Точки, лінії, поверхні, тіла та багатовимірні фігури є відповідно *нуль-, одно-, дво-, три- та n-вимірними* геометричними об'єктами, які визначаються своїми параметрами *форми, розмірів і положення*.

Оскільки кластерне геометричне моделювання орієнтоване на широке використання в комп'ютерних інформаційних засобах, то пропонується додатково застосовувати ще й *атрибутивні параметри* фігур у вигляді таких їх властивостей як колір, текстура (растрове зображення поверхні), яскравість, прозорість тощо. Цей підхід отримав назву *принципу атрибуції геометричних об'єктів*.

Базуючись на комбінаторно-варіаційному підході та динамічному формоутворенні засобами структурно-параметричного моделювання, розроблено загальні кластерні геометричні моделі, приклади яких показано на рис. 1.

Зробимо пояснення до поданих зображень. Зауважимо, що у зв'язку з обмеженим обсягом статті викладення математичного опису розглянутих кластерів неможливе, але він є достатньо зрозумілим. При цьому акцентуються лише моменти загального плану.

Наведені на рис. 1, *a-v* кластери отримали свою назву від траєкторії розташування точок. Параметрами кластерів є число точок, їх положення та атрибути у вигляді форми, розмірів і кольору графічного подання. Останні, як і застосовувані траєкторії, можуть бути різноманітними та додаватися користувачем, що свідчить про відкритість для розвитку описаних кластерних моделей. Ці і проаналізовані далі моделі можуть мати динамічний характер. На всіх зазначених аспектах увага більше докладно не ак-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

центується. З практичної точки зору рис. 1, б, в здатні слугувати прикладами схеми розташу-

вання колон будівель.

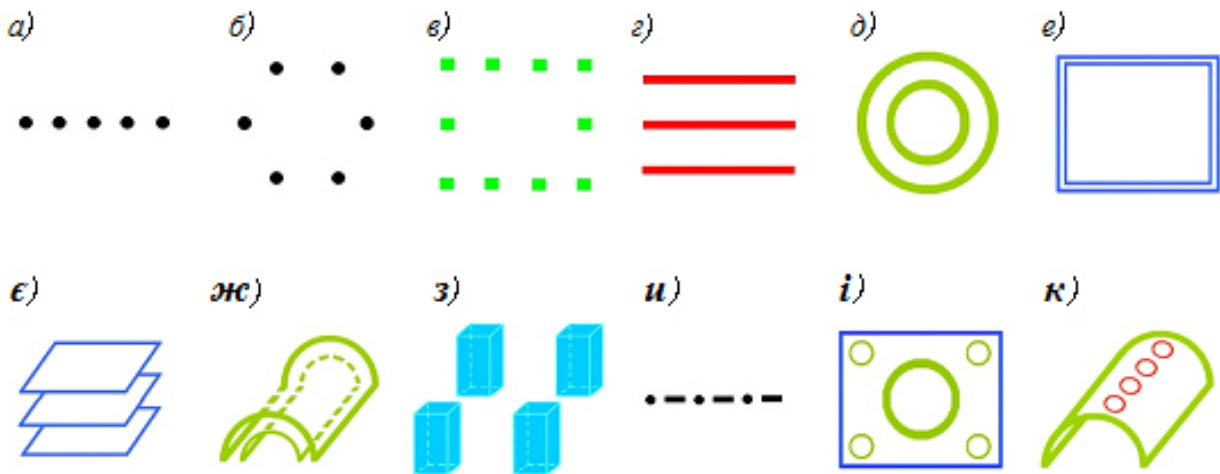


Рис. 1. Приклади геометричних кластерів:

а, б, в – точкові (прямолінійний, коловий, прямокутний); *г, д, е* – лінійні (з прямих, з кіл, з прямокутників); *є, ж* – поверхневі (площинні, циліндричні); *з* – твердотільний із прямокутних паралелепіпедів; *и, і, к* – комбіновані (точково-лінійний, з кіл і прямокутників, лінійно-поверхневий)

Показані на рис. 1, *г-е* лінійні кластери за своєю формою та змістом схожі на розглянуті вище, але побудовані не з точок, а ліній. Модель рис. 1, *е* може відтворювати, зокрема, несучі стіни проєктованої будівлі.

Зображені на рис. 1, *є, ж* поверхневі кластери геометричні моделі складаються відповідно з площин та циліндричних поверхонь. У першому випадку використовується непрозора текстура, а у другому – прозора. На рис. 1, *з* наведено твердотільний кластер із паралелепіпедів, які здатні моделювати колони опрацьованої будівлі.

Подані на рис. 1, *и-к* комбіновані кластери ілюструють відповідно поєднання точок і ліній, різних плоских фігур, ліній та поверхонь. З практичної точки зору можуть застосовуватися належним чином для різних типів ліній на комп'ютерних схемах, відтворення фланцевих стиків та теоретичної поверхні відсіку фюзеляжу з отворами під ілюмінатори.

Проаналізовані приклади свідчать про універсальний та гнучкий характер запропонованого підходу кластерного геометричного моделювання, його відкритість для розвитку, пристосованість до реалізації сучасними комп'ютерними засобами.

Результати

Розглянемо далі деякі питання використання розробленої концепції для дослідження системних ознак енергоефективних кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі. Згідно з публікацією [4] типи зв'язків таких кластерів за внутрішніми енергетичними потоками включають теплову енергію та електричну енергію

$$EP = (TE, EE), \quad (1)$$

де EP – енергетичні потоки, TE – теплова енергія, EE – електрична енергія.

Для об'єктів (1) характерні наступні стадії

$$ST = (B, T, C), \quad (2)$$

де ST – стадії енергетичних потоків, B – виробництво, T – транспортування, C – споживання.

Компоненти (2) мають структуру

$$\left. \begin{aligned} B &= (TP, HTP, VKC, VID); \\ T &= (BV, VD, DC); \\ C_{TE} &= (OPL, GV, KHB); \\ C_{EE} &= (OSB, OBL, VD, KHB), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де *ТР* – традиційне, *НТР* – нетрадиційне, *ВКС* – використання сировини, *ВІД* – відновлена енергія; *ВВ* – від виробника, *ВД* – власне джерело, *ДС* – до споживача; *СТЕ* – споживання теплової енергії, *ОП* – опалення, *ГВ* – гаряче водо-постачання, *КНВ* – конвертація; *С_{ЕЕ}* – споживання електричної енергії, *ОСВ* – освітлення, *ОБЛ* – обладнання, *ВД* – виробнича діяльність, *КНВ* – конвертація.

Проаналізуємо один із варіантів формування геометричних кластерів для схематичного відображення енергетичних потоків згідно з виразами (1)...(3). У якості базової фігури застосуємо стрілку, що утворюється з прямокутника заміною однієї або двох його протилежних сторін ламаною з двох ланок (рис. 2).

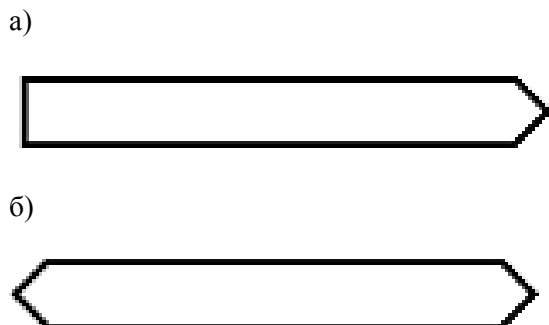


Рис. 2. Стрілки як базові фігури геометричного кластера:

а – одного напрямку; *б* – двох напрямків

З метою скорочення обсягів публікації надалі ілюстрації робитимемо на прикладі стрілок одного напрямку (інший випадок моделюється аналогічно).

Вираз (1) для наочності враховуватимемо атрибутивним параметром кольору: *помаранчевим* – для теплової енергії, *жовтим* – для електричної. Стадії (2) енергетичних потоків відтворимо типом лінії зовнішнього контуру стрілок: *суцільною* – для виробництва, *штриховою* – для транспортування, *штрих-пунктирною* – для споживання. Значення множин (3) розміщуватимемо як атрибути всередині стрілок.

Рис. 3 є графічною моделлю, що ілюструє конкретні приклади використання описаних геометричних кластерів. Як бачимо виробництво теплової енергії здійснюється традиційними способами, а електричної – відновлюваними. Транспортування відповідно від виробника і власного джерела. Теплова енергія витрачається

на опалення та гаряче водопостачання, а електрична – на освітлення.

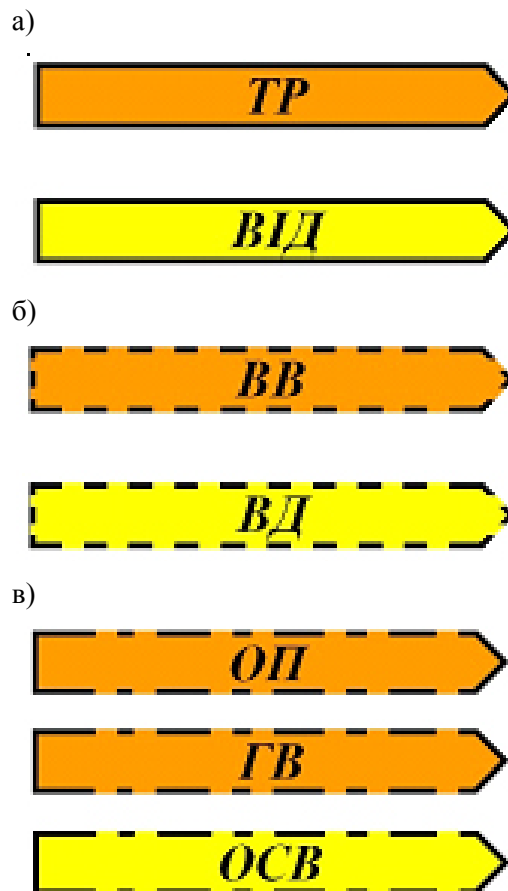


Рис. 3. Приклади геометричних кластерів для моделювання внутрішніх енергетичних потоків енергоефективних кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі:

а – виробництво енергії; *б* – транспортування енергії; *в* – споживання енергії

Важливим із точки зору реалізації енергоефективності кластерних систем є адаптивне управління агрегованими структурами на основі імітаційного моделювання множини альтернативних стратегій. У цьому випадку створювані геометричні кластери теж повинні забезпечувати належну властивість. Такі кластери називатимемо *адаптивними*.

Для проаналізованого на рис. 3 випадку це може бути змінювання складу елементів кластера та властивостей останніх. Наприклад, висота стрілок здатна динамічно змінюватися пропорційно величині відображуваного нею потоку енергії, гострота кута стрілки – швидкості потоку тощо.

Наукова новизна та практична значимість

Аналогічно поданим вище енергетичним потокам моделюються й фінансові, матеріальні, трудові, технологічні та інші потоки енергоефективних кластерних структур архітектурно-будівельної галузі, що складає наукову новизну роботи. У цьому виражається одна з характерних рис застосовуваного *системного геометричного моделювання*, що базується на проведенні комплексного аналізу опрацьовуваних об'єктів, класифікації та систематизації їх елементів, методів геометричних побудов, практичного використання.

Висновки

У даній статті подано базові теоретичні положення запропонованої загальної концепції кластеризації геометричних об'єктів. Ця концепція здатна бути ефективною складовою комп'ютерних інформаційних технологій автоматизованого проектування різноманітних технічних об'єктів, зокрема, в BIM-технологіях.

Спираючись на методологію системного геометричного моделювання, структурно-параметричний і комбінаторно-варіаційний підхід, динамічне формоутворення, забезпечується можливість, наприклад, реалізації багатоваріантного аналізу різних сценаріїв розвитку архітектурно-будівельних кластерів у стохастичних ринкових умовах. Це дозволяє успішно розв'язувати задачі управління розподілом потоків ресурсів кластерних організаційних структур енергоефективного будівництва, удосконалення систем підтримки прийняття рішень на різних етапах і рівнях оптимізації кластерних структур тощо.

Перспективи проведення подальших наукових досліджень у даному напрямку полягають у розробці потрібних класифікацій геометричних кластерів для певного застосування; поширенні запропонованого підходу на інші, ніж архітектурно-будівельна, галузі народного господарства; поглибленні напрацьованих теоретичних положень, математичній та комп'ютерній реалізації створених кластерів; успішному впровадженні отриманих результатів у практику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Микитась, М. В. Концептуальний підхід до формування енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів із застосуванням BIM-технологій [Текст] / М. В. Микитась, Б. М. Єременко, Х. М. Чуприна // Сучасні проблеми моделювання. – Мелітополь : МДПУ, 2018. – Вип. 13. – С. 106-113.
2. Куліков, П. М. Формування теоретико-методичного підходу до розробки інструментального забезпечення стратегічного розвитку організаційних структур [Текст] / П. М. Куліков, М. В. Микитась, С. А. Теренчук, С. А. Кожедуб // Містобудування та територіальне планування. – Київ : КНУБА, 2018. – Вип. 68. – С. 295-301.
3. Микитась, М. В. Оптимізаційна задача управління поточкорозподілом ресурсів кластерних організаційних структур енергоефективного будівництва [Текст] / М. В. Микитась, С. А. Теренчук // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – Київ : КНУБА, 2018. – Вип. 10. – С. 77-84.
4. Микитась, М. В. Дослідження системних ознак енергоефективних кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі [Текст] / М. В. Микитась, В. О. Плоский, С. А. Кожедуб // Управління розвитком складних систем. – Київ : КНУБА, 2018. – №. 35. – С. 68-75.
5. Плоский, В. О. Дослідження структурних особливостей методів геометричного моделювання та тенденцій розвитку прикладної геометрії [Текст] : дис. д-ра. техн. наук : 05.01.01 / Плоский В. О. – Київ, 2007. – 277 с.
6. Вірченко, Г. А. Узагальнення структурно-параметричного підходу до геометричного моделювання об'єктів машинобудування [Текст] : дис. д-ра. техн. наук : 05.01.01 / Вірченко Г. А. ; – Київ, 2011. – 367 с.
7. Вірченко, В. Г. Комбінаторно-варіаційне геометричне моделювання технічних об'єктів [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.01.01 / Вірченко В. Г. ; НТУУ «КПІ». – Київ, 2014. – 219 с.
8. Вірченко, С. Г. Динамічне формоутворення технічних об'єктів засобами структурно-параметричного моделювання [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.01.01 / Вірченко С. Г. ; НТУУ «КПІ». – Київ, 2018. – 214 с.

М. В. МИКИТАСЬ^{1*}, П. П. ТЕСЛЕНКО², С. И. КУШНИР³

^{1*} Кафедра архитектурных конструкций, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, Киев, Украина, 03680, тел. +38 (050) 388 11 08, эл. почта maksim27@ukr.net, ORCID 0000-0002-6176-6822

² Кафедра менеджмента в строительстве, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, Киев, Украина, 03680, тел. +38 (044) 241 54 98, эл. почта nkc_kiev@ukr.net

³ Кафедра менеджмента в строительстве, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, Киев, Украина, 03680, тел. +38 (044) 241 54 98, эл. почта nkc_kiev@ukr.net

ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Цель. В статье изложены базовые теоретические положения общей концепции кластеризации геометрических объектов, проанализированы некоторые сферы ее эффективного практического применения. **Методика.** Для достижения поставленной цели авторами проанализированы некоторые сферы эффективного практического применения концепции кластеризации геометрических объектов. Рассмотрены соответствующие примеры моделирования кластерных организационных структур архитектурно-строительной отрасли. **Результаты.** Обоснована актуальность выполненных исследований, акцентированы преимущества наработанного подхода, в частности его универсальность и гибкость, открытость для развития, приспособленность к реализации современными компьютерными средствами. Определены перспективы проведения дальнейших научных исследований в данном направлении. **Научная новизна.** Установлено, что концепция способна быть эффективной составляющей компьютерных информационных технологий автоматизированного проектирования различных технических объектов, в частности, в BIM-технологиях. **Практическая значимость.** Рассмотрены соответствующие примеры моделирования кластерных организационных структур архитектурно-строительной отрасли.

Ключевые слова: кластер; кластерная организация; BIM-технология; системная прикладная геометрия; система принятия решений

М. V. MYKYTAS^{1*}, P. P. TESLENKO², S. I. KUSHNIR³

^{1*} Department of architectural designs of The Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotsky Avenue, 31, Kyiv, Ukraine, 03680, tel. +38 (050) 388 11 08, e-mail maksim27@ukr.net, ORCID 0000-0002-6176-6822

² Department of Management in Construction of The Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotsky Avenue, 31, Kyiv, Ukraine, 03680, tel. +38 (044) 241 54 98, e-mail nkc_kiev@ukr.net

³ Department of Management in Construction of The Kyiv National University of Construction and Architecture, Povitroflotsky Avenue, 31, Kyiv, Ukraine, 03680, tel. +38 (044) 241 54 98, e-mail nkc_kiev@ukr.net

GENERAL CONCEPT OF CLUSTERING GEOMETRIC OBJECTS

Purpose. The article outlines the basic theoretical concepts of the general concept of clustering geometric objects, analyzes some areas of its effective practical application. **Methodology.** To achieve this goal, the authors analyzed some areas of effective practical application of the concept of clustering geometric objects. Relevant examples of modeling cluster organizational structures of the architectural and construction industry were considered. **Findings.** The relevance of the research performed is substantiated, the advantages of the developed approach are emphasized, in particular, its versatility and flexibility, openness to development, and its adaptability to the implementation of modern computer tools. Prospects for further research in this area are identified. **Originality.** It was established that the concept can be an effective component of computer information technologies for computer-aided design of various technical objects, in particular, in BIM-technologies. **Practical value.** Relevant examples of modeling cluster organizational structures of the architectural and construction industry were considered.

Keywords: cluster; cluster organization; BIM technology; system applied geometry; decision making system

REFERENCES

1. Mykytas M. V., Yeremenko B. M., Chupryna Kh. M. Kontseptualnyi pidkhd do formuvannia enerhoefektyvnykh arkhitekturno-budivelnykh klasteriv iz zastosuvanniam BIM-tekhnologii [Conceptual approach to the formation of energy-efficient architectural and construction clusters using BIM-technologies]. *Suchasni problemy modeliuвання – Modern simulation problems*. Melitopol, MDPU Publ., 2018, issue 13, pp. 106-113.
2. Kulikov P. M., Mykytas M. V., Terenchuk S. A., Kozhedub S. A. Formuvannia teoretyko-metodychnoho pidkhodu do rozrobky instrumentalnoho zabezpechennia stratehichnoho rozvytku orhanizatsiinykh struktur [Formation of theoretical and methodical approach to the development of instrumental support for the strategic development of organizational structures]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban planning and territorial planning*. Kyjiv, KNUBA Publ., 2018, issue 68, pp. 295-301.
3. Mykytas M. V., Terenchuk S. A. Optymizatsiina zadacha upravlinnia potokorozpodilom resursiv klasternykh orhanizatsiinykh struktur enerhoefektyvnoho budivnytstva [Optimization Task of Flow Distribution of Resources of Cluster Organizational Structures of Energy Efficient Construction]. *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi – Energy efficiency in construction and architecture*. Kyjiv, KNUBA Publ., 2018, issue 10, pp. 77-84.
4. Mykytas M. V., Ploskyi V. O., Kozhedub S. A. Doslidzhennia systemnykh oznak enerhoefektyvnykh klasternykh orhanizatsiinykh struktur arkhitekturno-budivelnoi haluzi [Research of system signs of energy-efficient cluster organizational structures of the architectural and construction industry]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system – Managing the development of complex systems*. Kyjiv, KNUBA Publ., 2018, issue 35, pp. 68-75.
5. Ploskyi V. O. Doslidzhennia strukturykh osoblyvostei metodiv heometrychnoho modeliuвання ta tendentsii rozvytku prykladnoi heometrii. Dokt. Diss. [Investigation of structural features of methods of geometric modeling and trends of applied geometry development. Doct. Diss.]. Kyjiv, 2007. 277 p.
6. Virchenko H. A. Uzahalennia strukturno-parametrychnoho pidkhodu do heometrychnoho modeliuвання obektiv mashynobuduvannia. Dokt. Diss. [Generalization of structural-parametric approach to geometric modeling of machine building objects. Doct. Diss.]. Kyjiv, 2011. 367 p.
7. Virchenko V. H. Kombinatorno-variatsiine heometrychne modeliuвання tekhnichnykh obektiv. Diss. [Combined-variational geometric modeling of technical objects. Diss.]. Kyjiv, 2014. 219 p.
8. Virchenko C. H. Dynamichne formoutvorennia tekhnichnykh obektiv zasobamy strukturno-parametrychnoho modeliuвання. Diss. [Dynamic shaping of technical objects by means of structural-parametric modeling. Diss.]. Kyjiv, 2018. 214 p.

Надійшла до редколегії 22.11.2017

Прийнята до друку 30.11.2017