

*УДК 69.003.13

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.25.518

ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНКА НЕДОЛІКІВ І ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКТУ РЕНОВАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НЕЗАВЕРШЕНОГО БУДІВНИЦТВА

ДОНЕНКО В. І.^{1*}, д. т. н., проф.,
ЛУК'ЯНОВА Т. В.², аспір.

^{1*} Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка»; вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (061) 270-95-07, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

² Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка»; вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (095) 416-14-99, e-mail: tatka.lyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2571-307X

Анотація. Постановка проблеми. Процеси BIM успішно використовуються для нових будівель, у той час, коли більшість об'єктів незавершеного будівництва (ОНБ) не є ефективними при BIM-розрахунках. Огляд літератури з BIM-технологій для об'єктів незавершеного будівництва (ОНБ) та пов'язаних з ними процесів реновації доводять, що численні швидкі зміни та останні події не тільки підштовхують впровадження та дослідження у багатьох сферах, пов'язаних із BIM, а й розширюють складність досліджень. **Мета роботи.** Стаття спрямована на виявлення та обговорення сучасних тенденцій та прогалин у галузі BIM при моделюванні та розрахунку об'єктів незавершеного будівництва. Однак впровадження BIM в ОНБ стикається з іншими перспективами та проблемами. Потенційні переваги використання BIM у FM виглядають досить вагомими, наприклад забезпечення інформації, контроль якості, оцінка та моніторинг, управління надзвичайними ситуаціями або планування модернізації. Процеси реновації та ліквідації також можуть отримати користь від структурованої сучасної будівельної інформації для зменшення помилок та фінансового ризику, наприклад, за допомогою планування та узгодженості дій, калькулювання витрат, оптимізації або управління даними. Подальший процес вибору типу реновації також може отримати користь від використання BIM за рахунок вдосконалення процесу прийняття рішень, зменшення витрат на процес вибору типу реновації, безпеки проведення робіт, розширеного обігу документації, управління даними та візуалізації. Але несумісність все ще є головною перешкодою в обміні даними BIM як у нових, так і в ОНБ. **Висновки.** Практичні підходи показують необхідність використання BIM для ОНБ. До розробки BIM повинні бути також залучені власники, об'єкт-менеджери, конструктори та пов'язані з ними консультанти, що до теперішнього часу навряд чи були залучені до розвитку функціонування BIM.

Ключові слова: BIM-моделювання; об'єкт незавершеного будівництва; впровадження BIM; інформаційна модель; BIM; реновація

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА НЕДОСТАТКОВ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТА РЕНОВАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ДОНЕНКО В. И.^{1*}, д. т. н., проф.,
ЛУК'ЯНОВА Т. В.², аспир.

^{1*} Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника»; ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (061) 270-95-07, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

² Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника»; ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (095) 416-14-99, e-mail: tatka.lyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2571-307X

Аннотация. Постановка проблемы. Процессы BIM успешно используются для новых зданий, в то время, когда большинство объектов незавершенного строительства (ОНС) не эффективны при BIM-расчетах. Обзор литературы BIM-технологий для объектов незавершенного строительства (ОНС) и связанных с ними процессов

* Стаття публікується в авторській редакції

реновации доказывают, что многочисленные быстрые изменения и последние события не только подталкивают к внедрению исследований во многих сферах, связанных с BIM, но и расширяют сложность исследований. **Цель работы.** Статья направлена на выявление и обсуждение современных тенденций и пробелов в области BIM при моделировании и расчете объектов незавершенного строительства. Однако внедрение BIM в расчет ОНС сталкивается с другими перспективами и проблемами. Потенциальные преимущества использования BIM в FM выглядят достаточно весомыми, например обеспечение информации, контроль качества, оценка и мониторинг, управление чрезвычайными ситуациями или планирование модернизации. Процессы реновации и ликвидаций также могут получить пользу от структурированной современной строительной информации для уменьшения ошибок и финансового риска, например, посредством планирования и согласованности действий, калькулирования затрат, оптимизация или управления данными. Дальнейший процесс выбора типа реновации также может получить пользу от использования BIM за счет совершенствования процесса принятия решений, уменьшения затрат на процесс выбора типа реновации, безопасности проведения работ, расширенного оборота документации, управления данными и визуализации. Но несовместимость компонентов все еще является главным препятствием в обмене данными BIM как в новых зданиях, так и в объектах незавершенного строительства. **Выводы.** Практические подходы показывают необходимость использования BIM для ОНС. К разработке BIM должны быть также включены владельцы, объект-менеджеры, конструкторы и связанные с ними консультанты, которые, до настоящего времени, вряд ли были вовлечены в развитие функционирования BIM.

Ключевые слова: BIM-моделирование; объект незавершенного строительства; внедрение BIM; информационная модель; ОНС; реновация

IDENTIFICATION, ASSESSMENT OF DISADVANTAGES AND POTENTIAL POSSIBILITIES OF IMPLEMENTING BIM-TECHNOLOGIES FOR MODELING THE RENOVATION OF UNFINISHED BUILDING CONSTRUCTIONS PROJECTS

DONENKO V.I.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
LUKIANOVA T.V.², *Postgrad. Stud.*

^{1*} Department of Construction Production and Project Management, Zaporizhia Polytechnic National University, 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (061) 270-95-07, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

² Department of Construction Production and Project Management, Zaporizhia Polytechnic National University, 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (095) 416-14-99, e-mail: tatka.lyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2571-307X

Abstract. Problem statement. BIM processes are successfully used for new buildings, at that time most of unfinished building constructions (UBC) objects are not effective at BIM calculations. A review of the BIM references for unfinished building constructions and related renovation processes shows that numerous rapid changes and recent developments not only push implementation and research into many BIM-related fields, but also increase complexity of research. **The purpose of the article.** The article is aimed at identifying and discussing current trends and problems in the BIM-industry in case of modeling and calculating unfinished building constructions. However, implementation of BIM in the UBP is fraught with other potentials and challenges. The potential benefits of using BIM in FM appear to be significant, such as providing information, quality control, evaluation and monitoring, emergency management, or upgrade planning. Renovation and liquidation processes can also benefit from structured, up-to-date construction information to reduce errors and financial risk, for example through planning and consistency, costing, optimization or data management. A further process of selecting type of renovation may also benefit from the use of BIM by improving the decision-making process, reducing the costs of selecting a type of renovation, job security, expanded documentation, data management and visualization. But incompatibilities are still a major barrier to data-BIM. **Conclusions.** Practical approaches demonstrate the need to use BIM for unfinished building constructions. BIM development should also include owners, facility managers, designers, and related consultants who are unlikely to have been involved in the development of BIM functionality to date.

Keywords: BIM-modeling; unfinished building constructions; BIM implementation; information model; UBC renovation

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.

Огляд літератури з BIM-технологій для об'єктів незавершеного будівництва (ОНБ) та пов'язаних з ними процесів реновації доводять, що численні швидкі зміни та останні події не тільки підштовхують

впровадження та дослідження у багатьох сферах, пов'язаних з BIM, але й розширюють складність досліджень.

Переваги ефективного управління ресурсами мотивують до розробок щодо подолання невизначеності стану ОНБ з

огляду на проблему наявності документації не в повному обсязі.

Незважаючи на швидкі розробки та поширення стандартів, складні дослідницькі можливості виникають внаслідок автоматизації процесів та адаптації BIM до потреб ОНБ.

У багатьох ОНБ переважає неповна, застаріла або фрагментована інформація про будівництво [5]. Відсутня або застаріла інформація про будівництво може призвести до неефективного управління проектом, невизначених результатів процесу, втрату часу або збільшення витрат на процеси технічного обслуговування, модернізації чи відновлення.

Аналіз публікацій. Проблеми та переваги BIM при реновації об'єктів ОНБ знайшли відображення у роботах Вонг Дж., Лібіх Т., Тищенко П. А., Синягова С. А.

Цілі та задачі публікації. Стаття спрямована на виявлення та обговорення сучасних тенденцій та прогалин у галузі BIM при моделюванні та розрахунку об'єктів незавершеного будівництва. Що включає конкретні потреби та потенціал BIM-технологій.

Виклад матеріалу. Різні рамкові умови впливають на застосування BIM, у т. ч. рівень його деталізації (LoD). Основні переваги полягають в узгодженості дизайну та візуалізації, оцінці витрат, виявленні протиріч або вдосконаленій кооперації сторін. Основні проблеми в новобудовах стосуються переходу від процесів проектування та складання пропозицій до інтегрованої реалізації проектів (IPD) та збільшення витрат часу та знань, необхідних для використання BIM.

Однак впровадження BIM в об'єктах незавершеного будівництва стикається з іншими перспективами та проблемами. Потенційні переваги використання BIM у FM (facilities management) виглядають досить вагомими, наприклад забезпечення інформації, контроль якості, оцінка та моніторинг, управління надзвичайними ситуаціями або планування модернізації. Процеси реновації та ліквідації також можуть отримати користь від

структурованої сучасної будівельної інформації для зменшення помилок та фінансового ризику, наприклад, за допомогою планування та узгодженості дій, калькулювання витрат, оптимізації або управління даними.

Для управління ОНБ або проведення заходів з реновації об'єкта необхідно кілька типів інформаційної направленості. Окрім контактної та загальної інформації про будівництво, необхідні детальні дані про вже побудовані конструкції, такі як об'єм виконаних робіт за попереднім проектом, дати монтажу, постачальник/виробник, геометрія та точне місце розташування, матеріальна база, фізичні властивості, гарантії, а також історія технічного нагляду з моменту простою об'єкта [3]. При побудові комп'ютерної моделі необхідна, додаткова інформація про об'єм проведених робіт, фактичну та детальну інформацію про матеріал, кількість та з'єднання компонентів, варіанти реконструкції та ліквідації (часткової або повної), потенційні можливості реновації, конструкції несучих конструкцій або метод ліквідації з відповідним часом та витратами на компоненти [9] є актуальним для планування ОНБ. І для зручності численних відповідальних та зацікавлених сторін та субпідрядників, які часто вилучають свою спеціалізовану інформацію, всі компоненти повинні бути взаємопов'язаними.

Оскільки модель будівельної інформації (BIM) є інструментом для управління точною будівельною інформацією в цілому, вона є достатньою для підтримки даних процесів технічного обслуговування [7]. Оскільки BIM спочатку призначався ціленаправлено для підтримки процесів проектування та будівництва, така інформація, як, структури проектування вже задокументовані в попередньому BIM, тоді як інші, наприклад, інформація LCA (life cycle assessment), може бути доданою або оновлена для необхідної функціональності; з моменту запровадження міжнародної COBie (Construction Operations Building Information Exchange).

З одного боку, впровадження BIM як у нових, так і в об'єктах незавершеного будівництва індукує глибокі зміни процесів та інформаційних потоків (наприклад, через IPD), з іншого боку, технологія дозволяє отримувати значні переваги (наприклад, для зменшення ризику чи покращеного управління даними).

Таким чином, існуючі вимоги до ОНБ, наприклад, моделювання причин та наслідків фізичного зносу [9] або варіантна невизначеність досі не розглядалися.

Далі розглядатимуться не лише основні потенційні переваги впровадження BIM при моделюванні та розрахунку ОНБ, а й недоліки, зміни в процесах та упущень в дослідженні.

Функціональні проблеми. Відомі наявні переваги у використанні BIM-технології при розрахунках новобудов, наприклад, покращена робота інформаційних потоків та потоків управління проектами, зменшення ризиків та передбачення інвестиційної діяльності [1], особливо у складних структурах. BIM-технології в реновації ОНБ поки ще не використовуються так широко, не зважаючи на те, що потенційні функції BIM для таких видів об'єктів чисельні. Багато підходів вже використовуються, наприклад, через моніторинг продуктивності [7] або віртуальної реальності. І, все-таки, тільки небагато підходів стосуються планування реновації або аналізу вразливості та ліквідації, припускаючи попередньо існуючу модель BIM, який містить необхідну інформацію.

Але подальший експертний процес реновації також може отримати користь від використання BIM за рахунок вдосконалення процесу прийняття рішень, зменшення витрат на процес вибору типу реновації, безпеки проведення робіт, розширеного обігу документації, управління даними та візуалізації (наприклад, під час торгів або переговорів).

Вважаємо за потрібне приділити увагу екологічним проблемам, як ефективність використання ресурсів, норм та можливості вторинного використання матеріалів, здатності компонентів до демонтажу,

шкідливий вплив при проведенні робіт (такі як шум, пил, вібрації) або відповідні заходи захисту, які можуть бути змодельовані та оптимізовані через BIM. Якщо BIM впроваджується в об'єктах високого ступеню завершуваності, цікавим може бути показник стійкості та енергоефективності. Ці адаптації допомогли б зменшити впливи побудованої структури на навколишнє середовище, виконувати контроль значень споживання та викидів.

Оскільки розвиток функціональних можливостей обслуговування вимагає стандартизованих рівнів деталізації, розробка (LoD) стандарт COBie є важливою віхою для використання BIM з огляду розрахунку ОНБ. Хоча COBie включає інформацію про матеріал та стійкість, вона виключає інформацію про архітектурні частини, такі як плити, стіни, опори, дах, скати та сходи, які є найважливішими, наприклад, для планування реконструкції чи ліквідації об'єкта. Також сегменти потоку та фітинги не входять до COBie, але є релевантними, наприклад під час реновації та розрахунку компонентів і матеріалів. Це перешкоджає сумісності та обміну інформацією у «вбудованих» BIM. Крім того, багато співіснуючих концепцій для оцінки якості моделі BIM можуть отримати користь від гармонізації.

Відповідно до точної, однозначної та відповідної актуальної інформації, якість даних BIM має вирішальне значення для будь-якого застосованого функціоналу. Основними проблемами та сферами досліджень є, з одного боку, початковий збір даних та автоматизоване створення моделі ОНБ, а з іншого – підтримка та оцінка інформації в BIM. Третє, головне питання, це обробка та моделювання невизначених даних, об'єктів та процесів, що виникають у незавершених об'єктах. Щоб це виправити, необхідна інтеграція методів моніторингу та фіксації в BIM. Подальший розвиток атрибутів та інтеграція таких прийомів, як семантичне міркування, має важливе значення для надання однозначних ознак атрибутів і покращення моделювання та обробки будівлі. Це

дозволить, в майбутньому, функціонувати в режимі FM і забезпечить взаємодію між BIM та приєднаними експертними функціями задля полегшення впровадження BIM у ОНБ.

Інформаційні проблеми. Несумісність все ще є головною перешкодою в обміні даними BIM як у нових, так і в існуючих будівлях. Нещодавно були визначені деякі концепції (IDM, MVD) для експертних функцій у нових або нещодавно побудованих будівлях. Але використання обміну даними, наприклад при деформації, ці концепції ще вимагають подальших розробок та специфікацій.

Другий інформаційний виклик є результатом випереджаючого розвитку технології BIM. Через тривалий термін експлуатації будівель та інфраструктури виникають проблеми інтегруєбельності в межах швидко розвинених BIM-моделей, експертних функцій та постійного технічного обслуговування моделей протягом циклу життя об'єкта.

Технічні питання. Якщо будівельна документація є неадекватною, повинен бути застосований метод зйомки з метою отримання всіх характеристик існуючих конструкцій ОНБ. Рівень деталізації, пов'язаний з функціональністю, та відповідна техніка збору даних впливають на всі наступні етапи створення BIM та взаємопов'язує зусилля, наприклад, під час обстеження та обробки [4].

Завдяки інтерактивному та трудомісткому процесу збору, обробки та створення даних, зусилля з моделювання BIM є вагомими, тому BIM часто ще не застосовується при розрахунку ОНБ. Крім того, високий LoD, наприклад, необхідні дані для детального технічного плану або реконструкції, не є сумісними з поточним обмеженням часу або витрат у секторі АЕС/FM/D.

Результатом основних проблем в дослідженні є скорочення зусиль шляхом автоматизації, обробки, розпізнавання та створення BIM.

Тому підходи зосереджуються на розробці економічно ефективного та високо

автоматизованого створення BIM на основі лазерного сканування або фотограмметрії. Але майбутні дослідницькі підходи також можуть включати розпізнавання матеріалів або текстур шляхом неруйнівних методів обстеження, що дозволить збільшити насиченість інформацією в BIM-моделюванні. Подальша автоматизація моделювання семантичних та об'ємних BIM-об'єктів із захоплених даних може бути досягнута завдяки специфічним, але поки недоступним бібліотекам об'єктів реальних будівельних компонентів, алгоритмам навчання [2], тестуванню в реальних середовищах, врахування невизначеностей та подальша деталізація через захоплення дрібних, прихованих компонентів у складних будівлях.

Крім того, все більш затребуваними стають мобільні додатки BIM, але вони стикаються з проблемою великого обсягу даних та часом обчислень.

Організаційно-правові питання. З поширенням BIM, традиційні процеси та умови адаптуються з різною швидкістю. Політичний тиск у таких країнах, як Великобританія чи США, сприяє впровадженню BIM (напр. шляхом проведення тендерів) [7], тоді, як розвиток будівельних секторів інших країн відстає. Таким чином, організаційно-правові рамки BIM відрізняються в різних країнах. Деякі джерела описують відсутність співпраці, в цілому по галузі, через опір та невідповідність навчального матеріалу. Останнім часом розвиваються системи співпраці, але вони зосереджені на управлінні вмістом, перегляді та звітування, а не на створення моделі або адміністрування систем.

Оскільки впровадження BIM вимагає глибоких змін у процесі [7], це має великий вплив на договірні відносини в галузі АЕС/FM/D. В останні роки правові інструменти та договірні угоди в галузі АЕС/FM/D щодо BIM не були широко адаптовані. Крім того, для впровадження BIM в ОНБ, необхідна міждисциплінарна освіта керівників проектів, проектантів та консультантів. Але поки питання про

модель власності та відповідальність за дані LoD, права та зобов'язання не передбачені та не стандартизовані [11], що і перешкоджає впровадженню ВІМ у ОНБ саме через зниження безпеки даних та довіри користувачів.

Висновки. Незважаючи на збільшення використання ВІМ у проектах нового будівництва, впровадження ВІМ в ОНБ поки обмежене і зосереджується, в основному, на результатах нещодавно завершених будівель.

Зростаюча кількість інтерфейсів та функціональних можливостей технічного

обслуговування в попередньому ВІМ є розробкою для недавно побудованих будівель, в той час як додатки та підходи до досліджень для вибору та проектуванні реновації ОНБ в ВІМ залишаються рідкісними і не охоплюють усіх пов'язаних аспектів. Практичні підходи показують необхідність використання ВІМ для ОНБ. До розробки ВІМ-технологій повинні бути також зацікавлені власники, об'єкт-менеджери, конструктори та пов'язані з ними консультанти, що до теперішнього часу навряд чи були залучені до розвитку функціонування ВІМ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тесля Ю. М. Інформаційна технологія управління проектами на базі ERPP (enterprise resources planning in project) та APE (administrated projects of the enterprise) систем / Ю. М. Тесля, А. О. Білощицький, Н. Ю. Тесля // Управління розвитком складних систем. – 2010. – № 1. – С. 16–20.
2. Wong J. Research and Application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry: A review and direction for future research. / J. Wong, J. Yang // Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC). – Loughborough University, U.K., Pennsylvania State University, 2010. – Pp. 356–365.
3. Watson A. Digital buildings – Challenges and opportunities / A. Watson // Advanced Engineering Informatics. – 2011. – 25:573–81.
4. East W. Construction Operations Building Information Exchange (COBIE) : Means and Methods / W. East // The National Institute of Building Sciences. – 2012. – Pp. 234–241.
5. Козлов И. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий / И. Козлов // Архитектура и современные информационные технологии / АМІТ : электронный журнал. – 2010. – № 1(10). – Режим доступа : <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/1kvart10/kozlov/kozlov.pdf>.
6. Барабаш М. Використання методів інтеграції для створення узагальненої інформаційної моделі будівельного об'єкта / М. Барабаш, К. Київська // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 114–120.
7. Grilo A. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments / A. Grilo, R. Jardim-Goncalves // Automation in Construction. – № 19. – 2010. – Pp. 522–530.
8. Turkaslan-Bulbul M. T. Computational support for building evaluation : Embedded Commissioning Model / M. T. Turkaslan-Bulbul, Ö. Akin // Automation in Construction. – 2006. – 15:438–47.
9. Shen W. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management : a review / W. Shen, Q. Hao, H. Mak, J. Neelamkavil, H. Xie, J. Dickinson, R. Thomas, A. Pardasani, H. Xue // Advanced Engineering Informatics. – 2010. – 24:196–207.

REFERENCES

1. Teslya Yu.M., Biloshhycjkyj A.O. and Teslja N. Yu. *Informacijna tekhnologhija upravlinnja proektamy na bazi ERPP (enterprise resources planning in project) ma APE (administrated projects of the enterprise) system* [ERPP based project management information technology (enterprise resources planning in project) and APE (administrated projects of the enterprise) system]. *Upravlinnja rozvytkom skladnykh system* [Management of complex systems development]. 2010, no. 1, pp. 16–20. (in Ukrainian).
2. Wong J. and Yang J. Research and Application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry : a review and direction for future research. Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC), Loughborough University, U.K., Pennsylvania State University, 2010, pp. 356–365.
3. Watson A. Digital buildings – Challenges and opportunities. *Advanced Engineering Informatics*, 2011; 25:573–81.
4. East W. Construction Operations Building Information Exchange (COBIE) : Means and Methods. The National Institute of Building Sciences, 2012, pp. 234–241.
5. Kozlov I. *Otsenka ekonomycheskoj efektyvnosti vnedrenija ynformacyonnogho modelyrovanyja zdanyj*

[Evaluation of the economic efficiency of the implementation of building information modeling]. *Arkhytektura i sovremennye informacyonnye tekhnologhy* [Architecture and modern information technology]. AMIT : electronic journal, 2010, no. 1(10).

6. Barabash M. and Kyivska K. *Vykorystannja metodiv integraciji dlja stvorennja uzagaljenoji informacijnoi modeli budivelnogho objekta* [Use of integration methods to create a generalized information model of a construction object]. *Upravlinnja rozvytkom skladnykh system* [Management of the development of complex systems]. 2016, no. 25, pp. 114–120. (in Ukrainian).

7. Grilo A. and Jardim-Goncalves R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, no. 19, 2010, pp. 522–530.

8. Turkaslan-Bulbul M.T. and Akin Ö. Computational support for building evaluation : Embedded Comissioning Model. *Automation in Construction*, 2006; 15:438–47.

9. Shen W., Hao Q., Mak H., Neelamkavil J., Xie H, Dickinson J., Thomas R., Pardasani A. and Xue H. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management : a review. *Advanced Engineering Informatics*, 2010; 24:196–207.

Надійшла до редакції: 13.09.2019 р.