

3D-МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

3D-MODELING OF CONSTRUCTION OBJECTS

Татарченко Г.О., д.т.н., проф., Татарченко З.С., асистент, Паніна Н.І., студентка, Білошицька Н.І., к.т.н., доц. (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля)

Tatarchenko H., Doctor of Technical Sciences, Professor, Tatarchenko Z., assistant, Panina N., student, Biloshytska N., Candidate of technical sciences (Ph.D.), Associate Professor (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University)

Розглянуто перспективи впровадження сучасних BIM-технологій у сфері будівництва. Доведено ефективність та зручність у використанні таких технологій на усіх стадіях проєктування будівель та споруд. Завданням цих технологій є ефективне керування усіма етапами проєкту, підвищення якості та швидкості виконання робіт, мінімізація виправлень у проєкті. На прикладі спроектованої будівлі навчального корпусу Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля було доведено необхідність таких технологій у сучасному будівництві.

The issues of improving energy efficiency, reducing energy consumption and, accordingly, the rational use of budget funds are currently very relevant for every city.

The description of the city from the point of view of the decision to reduce CO2 emissions, increase the share of energy-positive energy and in general its transition to a more environmentally friendly one leads to the need to model facilities, territories, infrastructure.

In recent years, we have fully experienced the digitalization of all aspects of life, from education to professional fields. 3D-modeling plays a very important role in the field of construction. The basic programs for this are AutoCAD, 3Ds max, SketchUp, Civil 3D and others.

In the field of design, AutoCAD is a leader and allows you to reduce the time spent on design work and the release of design documentation. Autodesk AutoCAD allows you to use thousands of add-ons that can meet the requirements of even the most demanding user.

Permits are required for the start of any activity related to construction, renovation, modernization of buildings, spatial planning of territories, construction of infrastructure and ecosystems of cities.

BIM is a new paradigm in the AEC that encourages the integration of the roles of all stakeholders in the project.

It is important that BIM is a process and software. BIM means not only the use of three-dimensional intelligent models, but also significant changes in the workflow and project implementation processes.

The object of the study is the information model of the academic building of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, developed in the Autodesk AutoCAD program. This will allow you to experimentally select the most energy-efficient, environmentally friendly and cost-effective solution for future restoration of the building.

Ключові слова: BIM-технології, проектування, сучасні рішення, сучасне будівництво.

Keywords: BIM-technologies, design, modern solutions, modern construction.

Постановка проблеми. Останніми роками ми повністю відчуваємо цифровізацію усіх ланок життя, від навчання до професійних галузей. 3D-моделювання відіграє досить важливу роль в сфері будівництва. Базовими програмами для цього є AutoCAD, 3D-max, SketchUp, Civil 3D та інші. В галузі проектування програма AutoCAD є лідером та дозволяє зменшити витрати часу на роботи з проектування та випуск проектної документації. Програма Autodesk AutoCAD дає змогу використовувати тисячі надбудов, що можуть задовільнити вимоги навіть найвимогливішого користувача [1].

До початку будь-якої діяльності, що пов'язана із будівництвом, реновацією, модернізацією будівель, просторовим плануванням територій, побудовою інфраструктури та екосистеми міст, необхідні дозвільні документи. Building Information Modeling (BIM) є новою парадигмою в автоматизованих електронних системах, яка заохочує інтеграцію ролей усіх зацікавлених сторін у проекті. Building Information Modeling – технологія інформаційного моделювання – процес, що заснований на використанні інтелектуальних 3D-моделей. Важливо, що BIM – це процес та програмне забезпечення – означає не тільки використання тривимірних інтелектуальних моделей, але й внесення значних змін у робочий процес та процеси реалізації проектів [2].

Питання підвищення енергоефективності, зменшення споживання енергоресурсів та, відповідно, раціонального використання бюджетних коштів наразі є дуже актуальними для кожного міста. Опис міста з точки зору рішення скорочення викидів CO₂, збільшення частки енергопозитивної енергії та загалом переходу його до більш екологічно чистого призводить до необхідності моделювання об'єктів, територій, інфраструктури.

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Принцип функціонування BIM можна розділити на декілька етапів:

– перший етап – проектування. Спочатку створюється 3D-модель будівлі з планами, розмірами та видами. На цьому етапі проводиться розрахунок енергетичних та інженерних мереж, теплові втрати, рівень

природного освітлення тощо. Складається детальний план робіт та графік їх виконання, визначається необхідна кількість техніки та ресурсів.

– другий етап – будівництво. На цій стадії можна відстежувати стан та хід виконання робіт. Це дозволяє контролювати витрати, спостерігати за реалізацією закладеного бюджету і виконанням робіт. Дана технологія надає інформацію про всі рішення та зміни в будівництві в реальному часі.

– третій етап – експлуатація. Після завершення будівництва інформаційна модель може продовжити збирати необхідні дані, контролювати функціональність, вказувати на потенційні аварійні ситуації [3].

Крім того, BIM-моделювання корисне в управлінні нерухомістю, наприклад, дозволяє вести облік планових ремонтних робіт, оренди тощо.

Подібність BIM та 3D-моделювання полягає в тому, що в обох випадках проект будівлі виконується у тривимірному просторі. Але на відміну від 3D-моделі, BIM безпосередньо пов'язаний із базою даних. Така модель включає не тільки несучі лінії та текстуру матеріалів, а й інші дані (технологічні, економічні, кошторисні тощо), які мають відношення до будівлі. Наприклад, BIM враховує фізичні характеристики об'єкта, варіанти розміщення у просторі, етапи будівництва, вартість кожного матеріалу, часи роботи змін, замовників та виконавців робіт.

Застосування таких технологій у проектуванні будівель має низку переваг:

- ефективне керування всіма процесами за проектом;
- контроль над виділеним бюджетом та строками будівництва (від отримання дозволу на саме будівництво до введення в експлуатацію);
- об'єднання всіх даних щодо будівельного об'єкту в єдину систему, що відповідає ідеології BIM про доступність інформації на будь-якому етапі життєвого циклу об'єкта;
- підвищення якості та швидкості виконання робіт – від проектування до експлуатації та реновації;
- скорочення часу на підготовку документів з оціночної та кошторисної вартості проекту;
- мінімізація виправлень у проекті.

Використання BIM-технологій в будівництві забезпечує прозорість кожної дії та повний контроль в автоматизованому режимі, що в свою чергу гарантує високу якість проектно-будівельних робіт. У більшості розвинених країн вже активно користуються такими технологіями, а для об'єктів державного замовлення їх використання є обов'язковим [4, 5].

Будівельні компоненти, такі як стіни, підлоги та ін., моделюються як «розумні об'єкти», тобто визначаються числовими параметрами, такими як розміри і вбудовані в інші типи інформації, такі як будівельні матеріали і властивості. Збережені дані доступні і можуть бути змінені всіма професіоналами, які беруть участь в одному проекті. Процес BIM був

розроблений для новобудов і дозволяє планувати і управляти всім життєвим циклом будівлі, проте ми маємо змогу саме в AutoCAD відтворити тривимірну модель з двовимірної, на основі наявної проектною документації [6].

Ми не можемо покладатися на якісний аутсорсинг або доступ до будь-яких платних комплексів у закладі, тому в статті також висвітлюються недоліки існуючих досліджень щодо впровадження BIM в навчальних закладах, проте, на базі доступного нам AutoCAD, технологія BIM може бути адаптована, що дозволить нам виконати проектні роботи вже зараз [7].

Ітерації змін у будівництві створюють невизначеність і роблять управління проектами динамічними і нестабільними. Крім того, замовлення на реставрацію вважаються найбільшим джерелом будівельних відходів, що суперечить основній концепції екологічно чистого будівництва. Фахівці з будівництва повинні приймати рішення про зміни на основі свого попереднього досвіду та припущень, підкріплених неповною інформацією.

Об'єктивні методи, засновані на найсучасніших технологіях, можуть бути систематично використані для вирішення вищевказаної проблеми, однак, інформаційне моделювання будівель (BIM) не було досліджено для оцінки виробництва відходів від замовлень на реновацію [8].

Метою сталого будівництва є підвищення енергоефективності, екологічності будівлі, що на сьогодні є проблемою для розробників програмного забезпечення, будівельників, власників, в рамках обмежень за часом, вартістю, забезпеченням та ресурсами. Будівництво функціональних, екологічно чистих, безпечних, зручних і простих у використанні будівель збільшить споживчий попит, але проблемою реалізації сталого будівництва є розподіл обов'язків і завдань між відповідними фахівцями. Саме BIM-технології можуть допомогти нам в цьому [9].

Метою роботи є отримання 3D-моделі будівлі, на прикладі навчального корпусу Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, з подальшою перспективою планування енергоефективної будівлі у рамках проекту «Horizon – 2020».

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести натурні обстеження будівлі;
- визначити, які зміни внесені до цього стану порівняно з проектними документами;
- накреслити 2D-модель будівлі;
- виконати об'ємне моделювання будівлі;
- визначити основні шляхи щодо спрямування до енергоефективної будівлі.

Результати та аналіз дослідження. З моменту введення в експлуатацію навчального корпусу, а це понад сорок років, було частково проведено модернізацію: замінено входні двері, частину вікон, систему теплопостачання, покриття даху, але все це не дало гарного ефекту в напрямку енергозбереження.

Було проведено дослідження втрат тепла через вікна за допомогою тепловізора DALI серії LT3 (рис.1).



Рис. 1,а. Обстежувані вікна навчального корпусу

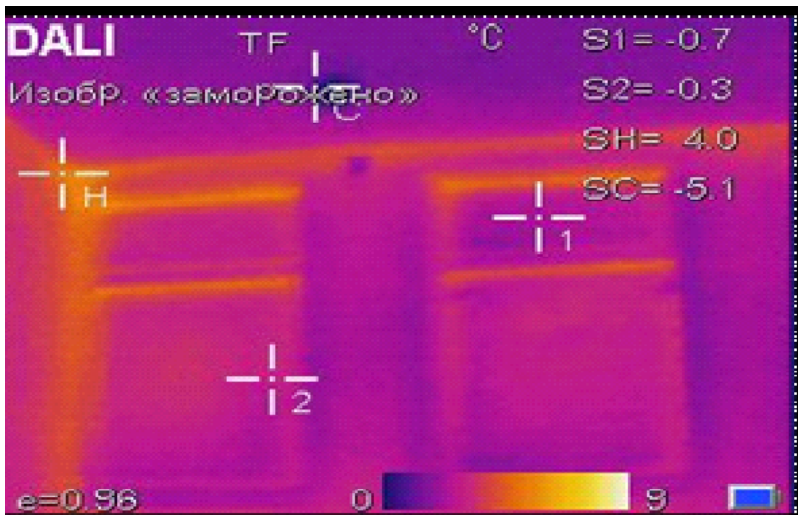


Рис. 1,б. Фото втрат тепла через вікна

У розрахунок приймається опір теплопередачі $0,32 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$, для $4M_1-16-4M_1$ (Порядок скління – від зовнішньої поверхні. Позначення скла: M_1 – листове стандартне, 16 – інтервал між ними) як для найбільш поширених типів вікон в будівлі (розмір $2\times 1,9\times 0,64\text{м}^3$).

Необхідно провести заміну всіх віконних конструкцій через невідповідність вимогам, коли нормативне значення $0,75 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$ [10].

Оскільки стіни в поганому стані, місцями вимощення зруйноване, а в корпусі багато вікон великих розмірів, тепло ніяк не зберігається, проте для комфортного навчання студентів не бажано жертвувати якісною інсоляцією (рис. 2).

Саме ці фактори спонукали нас до розумної, продуманої, енергоефективної реновації будівлі, а для цього потрібна тривимірна модель для експериментів з можливими рішеннями.



Рис. 2. Фото навчального корпусу СНУ ім. В. Даля

Розробка моделі. Плоскі деталі будь-якої форми можна виконувати в один прийом інструментом, що має назву полілінія. Завдяки доповненням проектувальники можуть зобразити (показати, накреслити) не тільки 2D проекції, але й виконувати складні об'ємні фрагменти з можливістю перетворення у реалістичну модель.

Початком роботи стало отримання креслення будівлі на аркуші, її розмірів. Ознайомившись із завданням, починається відтворення зображення у програмі AutoCAD. Володіючи початковими навичками, що

були здобуті здобувачами на першому курсі навчання, вони із легкістю можуть переносити креслення з аркуша у комп'ютер (рис.3).

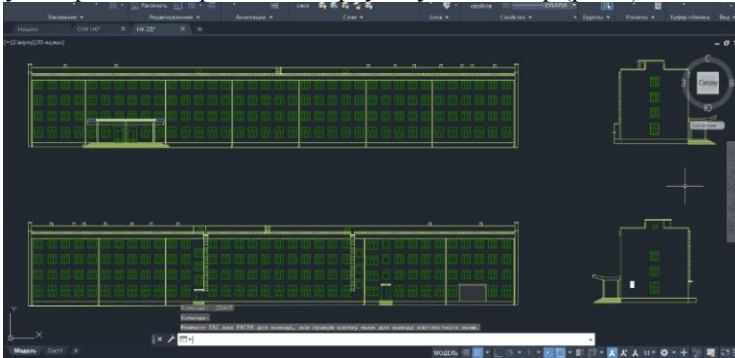


Рис. 3. Плошка деталь фасаду будівлі

Кожний шар в AutoCAD являє собою прозорий аркуш паперу, на якому накреслені певні об'єкти, наприклад, тільки зовнішні або внутрішні несучі стіни, перегородки, вікна тощо.

До складностей, що з'явилися на цьому етапі, можна віднести нестачу розмірів вікон, дверей та відстаней між ними. Для вирішення цієї проблеми необхідно було власноруч вимірювати дані елементи, що іноді було незручним.

Наступним етапом було розроблення виду зверху, маючи фасад та вид збоку. На рис. 4 відтворено 2D-вид даху будівлі навчального корпусу.

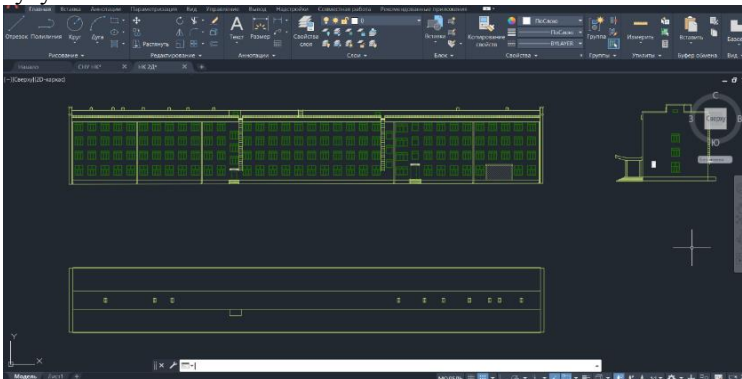


Рис. 4. 2D-вид даху будівлі навчального корпусу

Отже, ми отримали усі дані, які необхідні для ефективного досягнення мети. Подальші етапи виконання 3D-модельовання зображено на рис. 5(а, б, в).

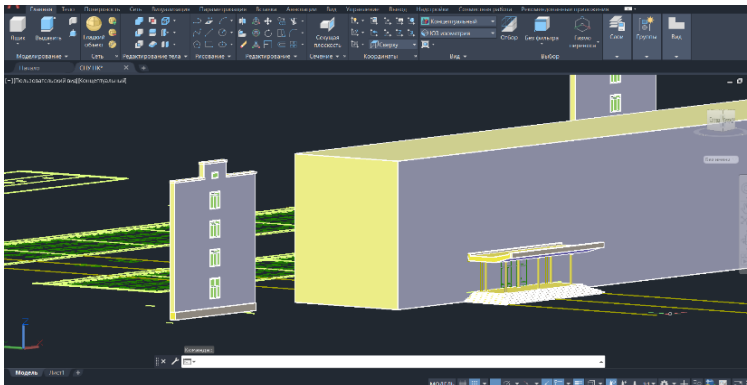


Рис. 5а. Об'ємна модель торця будівлі

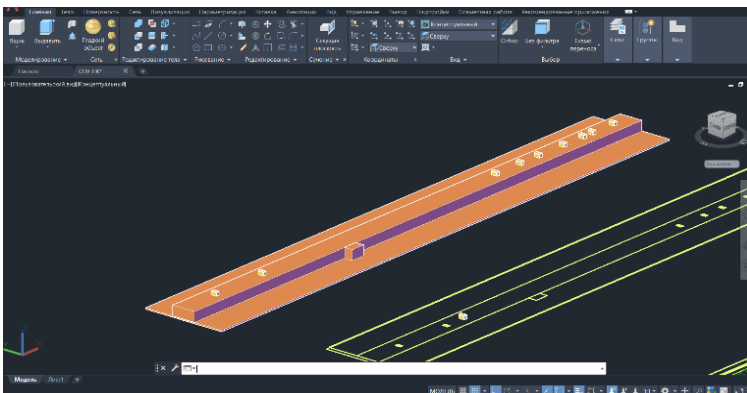


Рис. 5б. Об'ємна модель даху будівлі

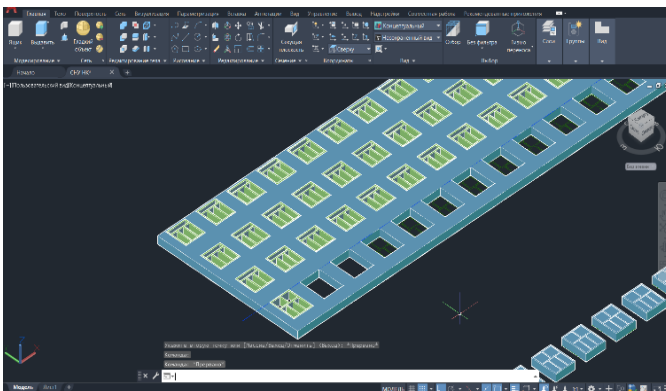


Рис. 5в. З'єднання стіни із вікнами

Останнім етапом є з'єднання усіх видавлених деталей в одне ціле (рис. 6 а, б).

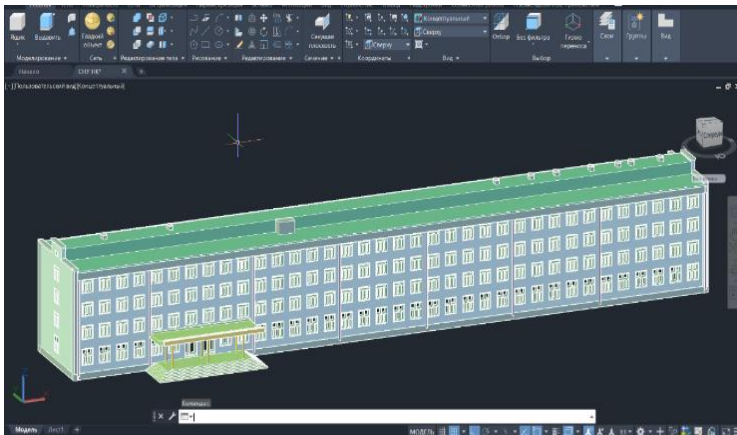


Рис. 6а. 3D-модель будівлі

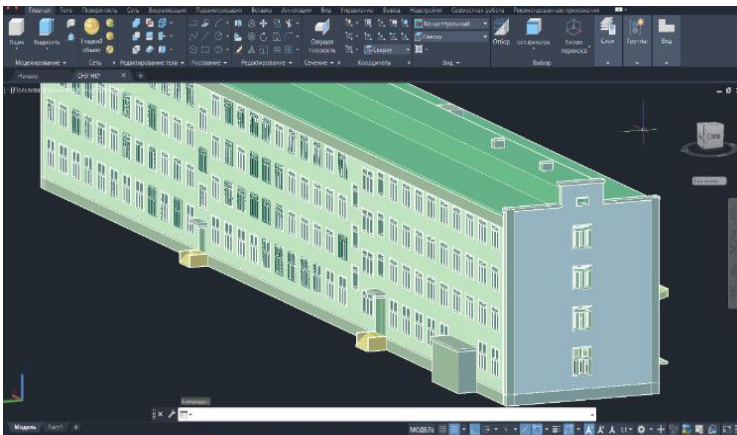


Рис. 6б. 3D-модель будівлі збоку

Отже, була досягнена головна мета роботи – ми отримали 3D-модель будівлі, яку в подальшому можемо використовувати для різних проєктів – реновації, зміни будь-яких комунікацій, озеленення території тощо.

Висновки:

- Проведено аналіз даних про наявні перспективи впровадження сучасних BIM-технологій у сфері будівництва.

- Доведено ефективність та зручність у використанні таких технологій на усіх стадіях проєктування будівель та споруд.
- На підставі проведених розрахунків отримана модель будівлі навчального корпусу Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, яка може бути як критерієм за ступенем зручності, так і необхідністю таких технологій і раціональності виконуваних робіт у сучасному проєктуванні та будівництві.

Список використаної літератури

1. Офіційний сайт Autodesk: огляд.
URL:<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
2. Author: Salman Azhar, Ph.D., A.M. ASCE (2011) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. DOI:[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
3. Основні принципи BIM-проєктування.
URL:https://bimforum.pro/osnovnie_principyu_bim
4. BIM-технології в будівництві: Що таке BIM. URL:
<https://www.planradar.com/ru/bim-tehnologii-v-stroitelstve/>
5. BIM – технології інформаційного моделювання будівель: Переваги BIM-технології. URL: <https://helix.by/uslugi/bim-tehnologii/>
6. Pocobelli, D.P., Boehm, J., Bryan, P. et al. (2018) BIM for heritage science: a review. Herit Sci **6**, 30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4>
7. Danae Phaedra Pocobelli, Jan Boehm, Paul Bryan, James Still & Josep Grau-Bové (2016) A Review of Building Information Modelling for Construction in Developing Countries. Citation Data: Procedure Engineering, ISSN: 1877-7058. Vol: 164, page: 487-494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.649>
8. Atul Porval, Mohammadsaid Parsamer, Dylan Shostopal, Rajiv Ruparatna and Kasun Huej (2020) Integrating Building Information Modeling (BIM) and System Dynamic Modeling to Minimize Construction Waste Generation from Change Orders. International Building Management Journal. DOI: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1854930>
9. Venera Garyaeva (2021) BIM modeling for sustainable design and energy efficient construction. XXIV International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment” (FORM-2021), Article Number 04057, Number of page(s) 6, Section. Engineering and Smart Systems in Construction. Vol: 263. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304057>
10. ДБН В 2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. URL:<https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-13>

References

1. The official website of Autodesk. Overview. Retrieved from: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
2. Author: Salman Azhar, Ph.D., A.M. ASCE (2011) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
3. Basic principles of BIM-design. Retrieved from: [https://bimforum.pro/osnovnie_principy_bim\[in Russian\]](https://bimforum.pro/osnovnie_principy_bim[in Russian])
4. BIM-technologies in construction. Retrieved from: [https://www.planradar.com/ru/bim-tehnologii-v-stroitelstve/\[in Russian\]](https://www.planradar.com/ru/bim-tehnologii-v-stroitelstve/[in Russian])
5. BIM – technologies of information modeling of buildings. Retrieved from: [https://helix.by/uslugi/bim-tehnologii/\[in Russian\]](https://helix.by/uslugi/bim-tehnologii/[in Russian])
6. Pocobelli, D.P., Boehm, J., Bryan, P. et al. (2018) BIM for heritage science: a review. *Herit Sci* 6, 30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4>
7. Danae Phaedra Pocobelli, Jan Boehm, Paul Bryan, James Still & Josep Grau-Bové (2016) A Review of Building Information Modelling for Construction in Developing Countries. Citation Data: Procedure Engineering, ISSN: 1877-7058. Vol: 164, page: 487-494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.649>
8. Atul Porval, Mohammadsaid Parsamer, Dylan Shostopal, Rajiv Ruparatna and Kasun Huej (2020) Integrating Building Information Modeling (BIM) and System Dynamic Modeling to Minimize Construction Waste Generation from Change Orders. *International Building Management Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1854930>
9. Venera Garyaeva (2021) BIM modeling for sustainable design and energy efficient construction. XXIV International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment” (FORM-2021), Article Number 04057, Number of page(s) 6, Section. Engineering and Smart Systems in Construction. Vol: 263. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304057>
10. DBN V 2.6-31:2006. Konstrukciyi budy`nkiv i sporud. Teplova izolyaciya budivel`. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-13>