

2. Horb O., Davidenko Y., Skurupiy O., Mytrofanov P. (2020). Application of Bonding Concrete to Reinforcement Using Adhesives in Steel Concrete Composite Structure. Proceedings of the 2020 session of the 13th fib International PhD Symposium in Civil Engineering (Paris, France, August 26-28, 2020). PP. 2–9. [https://phdsymp2020.sciencesconf.org/data/pages/Proceedings\\_phdsymp\\_2021.pdf](https://phdsymp2020.sciencesconf.org/data/pages/Proceedings_phdsymp_2021.pdf)

3. Brede Markus. (2018). Fracture Mechanics of Adhesive Joints. [https://doi.org/10.1002/9783527803743.ch1\\_04](https://doi.org/10.1002/9783527803743.ch1_04).

4. Mora Veronica, Mieloszyk Magdalena, Ostachowicz, Wieslaw. (2018). Model of moisture absorption by adhesive joint. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 99. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.06.042>.

5. Jeevi G., Nayak S., Kader M. (2019). Review on adhesive joints and their application in hybrid composite structures. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 33. 1-24. <https://doi.org/10.1080/01694243.2018.1543528>.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-14>

## PROBLEMS OF GEOMETRIC MODELING OF HISTORICAL BUILDINGS AND ARCHITECTURAL MONUMENTS IN BIM

## ПРОБЛЕМИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ І ПАМ'ЯТНИКІВ АРХІТЕКТУРИ У СЕРЕДОВИЩІ BIM

**Ivanova L. S. Іванова Л. С.**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics Kyiv National University of Construction and Architecture Kyiv, Ukraine*      *кандидат технічних наук, доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки, Київський національний університет будівництва і архітектури м. Київ, Україна*

Інформаційне моделювання будівель, або скорочено BIM, для створення цифрових моделей існуючих будівель набуває все більшого значення у професійній практиці архітекторів та інженерів.

Будь-яка система автоматизованого проєктування будівель та споруд має забезпечувати взаємодію користувача з окремими

об'єктами геометричної моделі та моделлю в цілому. BIM призначена для створення моделей будівель, що містять необхідну та вичерпну інформацію про кожен окремий елемент будівлі, зокрема геометричну інформацію.

З BIM-технологією нерозривно пов'язане 3D-сканування. Лазерні сканери дозволяють виконати швидкі та високоточні вимірювання будівлі або споруди, а спеціалізоване програмне забезпечення або вбудовані плагіни – обробити отриману хмару точок для формування достовірної 3D-моделі об'єкта.

Результатом лазерного сканування є щільна хмара точок. Ця технологія застосовується, зокрема:

- в архітектурі – для створення копій фасадів та декоративного оздоблення пам'яток архітектури під час реставраційних робіт,
- в авіабудуванні, кораблебудуванні, автобудуванні, машинобудуванні – для фіксації та контролю виготовлення складних геометричних форм
- у будівництві – для створення 3D моделей при проектуванні унікальних об'єктів та реконструкції об'єктів зі складним перетинанням комунікацій та обладнання, для забезпечення контролю точності зведення конструкцій, з метою моніторингу осідання та нахилів, при прогнозуванні руйнувань та оперативного прийняття рішень.

Внаслідок роботи лазерного сканера геометрія будь-якого фізичного об'єкта може бути представлена у вигляді хмари точок. Хмара точок – величезний масив даних. Забезпечити архівне зберігання таких обсягів складно та дорого. Лазерне сканування замінює собою більшість інструментів для виконання обмірних робіт, але супроводжується помилками або шумом, які виникають через похибку роботи приладів або присутність зовнішніх факторів, зовнішніх випадкових геометричних об'єктів, які потрапили в зону сканування.

Хмара точок схожа на тривимірну об'ємну модель, але не є нею. Це просто набір точок, які можна візуалізувати. Коли хмара точок потрапляє до BIM-проектувальника, вона має три основні варіанти її використання:

1. Генерація 2D креслень для подальшої роботи з ними як з традиційними результатами обмірів. Такі креслення будуть більш точними, ніж у разі застосування інших методів обміру.
2. Відновлення та актуалізація документації на основі сканованих даних, коли відсутні вихідні кресленики та інші дані про існуючий об'єкт. Генерація моделі 3D. 3D модель, побудована з хмари точок,

дозволяє швидко отримати будь-який кресленник будівлі або окремих елементів будівлі.

3. Верифікація вже наявної 3D моделі: перевірка її точності шляхом накладення даних, отриманих за лазерного сканування. Таке порівняння до початку робіт на будмайданчику дозволяє уникнути помилок.

Для створення 3D-моделі на основі даних 3D-сканування використовуються спеціальні плагіни, які дозволяють обробляти хмару точок, автоматично описуючи різні геометричні примітиви та BIM-об'єкти (металоконструкції, колони, стіни, трубопроводи та інше). Це стосується традиційних елементів будівлі правильної форми.

Однак для історичних будівель і пам'яток архітектури необхідне розпізнавання складних форм, які мають часткові або значні руйнування. На жаль, на сьогоднішній день в апараті BIM технологій відсутні або недостатньо надані плагіни, що дозволяють розпізнавати складні архітектурні форми. З цієї причини на сьогоднішній день зображення історичних будівель та об'єктів може бути описане лише обмежено за допомогою геометричних примітивів.

Історичний будинок може потребувати реконструкції чи реставрації. Реконструкція включає ремонт або заміну інженерних мереж, посилення або реконструкцію несучих конструкцій, надбудову поверхів. Реставрація – відновлення історичного вигляду зовнішніх елементів. Наприклад, фасаду та ліпнини. І в тому, і в іншому випадку на допомогу архітекторам та будівельникам можуть прийти такі інструменти, як лазерне сканування споруд, цифрова фотограмметрія та BIM.

У той час, як платформи BIM CAD для нових будівельних проєктів мають відображати стандартну геометрію, вимоги до існуючих історичних будівель часто є іншими, і не тільки для збереження оригінальної форми історичного об'єкту. Історичні будівлі зазвичай мають деформації та ушкодження. В даний час у середовищі BIM «історична точність виконання» може бути відтворена з недостатньою мірою точності за допомогою існуючих інструментів моделювання.

Платформи BIM CAD або не містять інструментів, що дозволяють отримати уявлення про складні геометричні або деформовані об'єкти на основі хмар точок, або ця форма обробки вимагає багато часу і тому нерентабельна. Моделі, створені з використанням стандартної геометрії, зазвичай достатні тільки для проєктування існуючих будівель, але не для проєктування реконструкції або реставрації історичних будівель.

Справа в тому, що в реставрації та реконструкції дуже багато дрібних деталей та складних геометричних форм, з якими не вміє працювати ПЗ BIM. До того ж, якщо виконувати модель з такою високою мірою деталізації, вона стає надто важкою і з нею незручно працювати.

За допомогою поверхонь, що складаються з структурованих та математично поданих сіток кривих [1, с. 59] деформовані або пошкоджені елементи будівель, а також складні геометричні форми можуть бути відображені більш реалістично і з меншим обсягом даних порівняно з вихідною хмарою точок, створених за допомогою тривимірних лазерних сканерів. Таким чином, завдання розробки плагінів та алгоритмів геометричних спеціальних мереж у середовищі BIM для моделювання складних геометричних форм на базі вихідних хмар точок в результаті роботи лазерного сканера є дуже актуальною.

Завдання підвищення геометричної якості «інтелектуальних» САД-моделей в першу чергу потребують реалізації в галузі архітектури, але також можуть бути потрібні і в інших галузях, наприклад, у машинобудуванні або суднобудуванні.

#### Література:

1. Иванова Л.С. Специальные линии и сети на поверхностях в задачах формообразования. *Прикл. геометрия и инж. графика*. Будівельник. 1993. Вып. 55. С. 59–63.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-230-2-15>

### **ANALYSIS OF THE EXPERIENCE OF THE IMPLEMENTATION OF GEOTHERMAL ENERGY IN POLAND FOR THE CONDITIONS OF UKRAINE**

### **АНАЛІЗ ДОСВІДУ ВПРОВАДЖЕННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ПОЛЬЩІ ДЛЯ УМОВ УКРАЇНИ**

**Lysak O. V. Лисак О. В.**

*Candidate of Engineering Sciences, Researcher at the Department of Geothermal Energy Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*      *кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу геотермальної енергетики Інституту відновлюваної енергетики Національної академії наук України м. Київ, Україна*

24 лютого 2022 року відбулось повномасштабне вторгнення росії, за підтримки білорусі, в Україну – що є частиною російського вторгнення, яке розпочалось ще 2014 року.