

ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

УДК 528.7:721:004.92

<https://doi.org/10.31713/vt1202313>

**Янчук О. Є., к.т.н., доцент, Янчук Р. М., к.т.н., доцент,
Трохимець С. М., старший викладач, Хитько М. М., студент**
(Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне)

ДОСВІД СТВОРЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ (BIM) ЗА ДАНИМИ КОМБІНОВАНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗНІМАНЬ

У статті описано досвід створення будівельної інформаційної моделі (BIM) у середовищі Autodesk Revit. Для моделювання зовнішнього вигляду навчального корпусу використано хмару точок, одержану зі знімання безпілотним літальним апаратом DJI Phantom 4 Pro. Для моделювання навчальної аудиторії використано дані тахеометричного знімання електронним тахеометром Leica 405 Ultra. Значну увагу приділено проблемі інтеграції різноформатних даних, отриманих із різних джерел, а також зібраних за допомогою декількох видів геодезичного обладнання у різних системах координат.

Ключові слова: будівельна інформаційна модель (BIM); безпілотний літальний апарат (БПЛА, UAV); хмара точок; ортофотоплан; Autodesk Revit 2023; геодезичні знімання.

Постановка проблеми. Використання будівельної інформаційної моделі будівлі (BIM) дозволяє підвищити ефективність будівельних процесів, зменшити витрати на будівництво та супровід при експлуатації існуючої будівлі. Залучення даних комбінованих геодезичних знімків дозволяє зібрати інформацію про геометрію будівлі та її елементів, що є необхідним для побудови реальної моделі споруди «як є», яка може дещо відрізнятися від запроєктованої.

Використання різних засобів та методик знімків, таких як безпілотні літальні апарати (БПЛА), лазерне сканування, тахеометричне знімання, дозволяє отримати різноманітні дані про будівельний об'єкт, які можуть бути використані для створення детальної BIM високої точності. Наприклад, БПЛА дозволяє



здійснювати знімання з висоти, що забезпечує можливість отримання хмар точок зовнішнього вигляду споруди, даху та оточуючої території. Лазерне сканування й тахеометричне знімання забезпечує точну геометричну інформацію про розміщення будівельних елементів, у тому числі внутрішніх приміщень та комунікацій.

Отже, комбінування даних різних методик знімань є важливим для отримання повної інформації про будівельний об'єкт та створення точної інформаційної моделі будівлі.

При створенні будівельної інформаційної моделі за даними комбінованих геодезичних знімань потребують вирішення наступні питання:

1. Сумісність форматів даних. Результати геодезичного знімання можуть бути подані у різних форматах залежно від програмних засобів опрацювання таких знімань. Необхідно забезпечити конвертацію хмари точок з БПЛА та пікетних точок наземного тахеометричного знімання у формат, який може бути імпортований в Autodesk Revit.

2. Рівноточність даних. Необхідно забезпечити співрозмірну точність геодезичних даних, одержаних за різними технологіями та методиками знімання.

3. Сумісність систем координат. Для поєднання комбінованих геодезичних даних необхідно забезпечити вимірювання всіх об'єктів (як зовнішніх, так і внутрішніх) у єдиній системі координат.

4. Формування геопросторових баз даних або наповнення атрибутивними даними відповідних шарів, які в подальшому будуть застосовуватися в процесі експлуатації будівельної споруди (шкали вимірювання, одиниці вимірювання, типи даних тощо).

Аналіз літературних джерел. Основна увага у наукових публікаціях зосереджується на використанні BIM на етапах проєктування та будівництва споруди. При цьому зазначається важливість геодезичного контролю на етапі будівництва. Наприклад, у роботі Vacanas Y., Themistocleous K., Agariou A., Hadjimitsis D. [6] аналізується можливість застосування технологій BIM та UAV для управління будівництвом та аналізу дотримання календарних графіків й геометричних відхилень у будівельних проєктах. Розглядається можливість використання безпілотних літальних апаратів для збору детальних даних про стан будівельного майданчика та оперативного контролю за виконанням робіт. Це

дозволяє виявляти можливі відхилення в процесі будівництва, забезпечувати можливість оперативного прийняття рішень та зменшення можливих збитків.

Варто відмітити й дослідження, де описується досвід створення BIM побудованих споруд за даними геодезичних знімів. Наприклад, у статті Mill T., Alt A., Liias R. [3] описано досвід використання наземного лазерного сканування та тахеометричного знімання для створення 3D-моделі будівлі. Наведено методи обстеження будівель, а також процес обробки даних та інтеграції у BIM. Весь процес робіт розділено на декілька етапів: створення геодезичного обґрунтування; виконання зовнішніх вимірювань; виконання внутрішніх вимірювань; опрацювання даних; створення BIM. Наголошено на складності інтеграції даних з лазерного сканера та тахеометра. Автори статті виходили з ситуації створенням тривимірної моделі внутрішніх елементів у AutoCAD 2011 з подальшою її конвертацією у Revit 2013 (рис. 1).

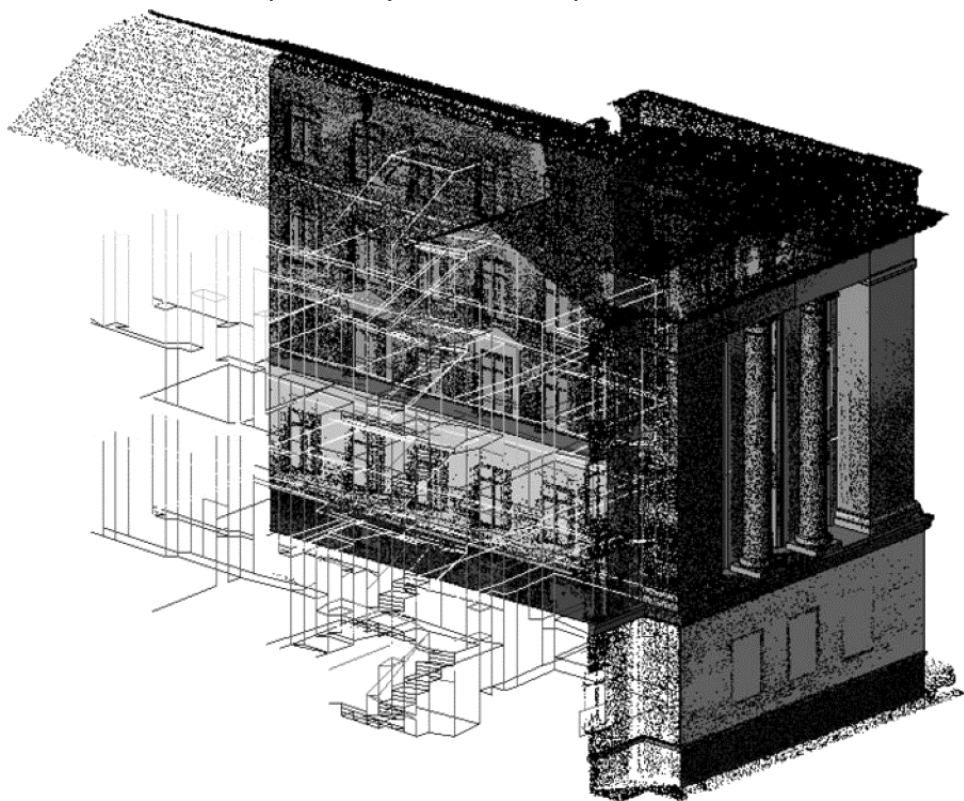


Рис. 1. Приклад внутрішньої 3D-моделі, об'єднаної із зовнішньою хмарою точок [3]



Статтю Banfi F. [1] присвячено дослідженню технічних та методичних аспектів створення BIM-моделей історичних будівель на основі геодезичних даних. Описано досвід створення BIM базилики Collemaggio in L'Aquila за даними знімань БПЛА, лазерного сканування та тахеометричного знімання. Досліджено різні способи моделювання і різні параметри, що визначають розміри та форму будівлі, щоб знайти оптимальні налаштування для створення найточнішої та найбільш детальної 3D-моделі. Запропоновано використання методу параметричного моделювання, що полягає в створенні параметрів, які визначають форму і розміри будівлі та залежності між ними.

Таким чином, можна стверджувати, що питання побудови будівельних інформаційних моделей за даними геодезичних вимірювань є актуальним. Методи збору даних, їх опрацювання та побудови BIM відрізняються залежно від характеристик об'єкта та використовуваного програмного забезпечення. А тому питання створення будівельної інформаційної моделі за даними комбінованих геодезичних знімань потребують подальших досліджень.

Постановка завдання. Метою роботи є апробація підходів до створення інформаційної моделі будівлі за хмарою точок (знімання з БПЛА) і доповнення її результатами наземних геодезичних знімань.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження обрано 7 корпус Національного університету водного господарства і природокористування. Знімання фасаду об'єкта виконано БПЛА DJI Phantom 4 Pro. У результаті польоту отримано 236 фотознімків. Для їх прив'язки використано 32 точки на фасаді будівлі (виміряні електронним тахеометром Leica 405 Ultra) і 8 точок на місцевості (виміряні супутниковим приймачем Leica 1200). В результаті опрацювання матеріалів знімання у Agisoft Photoscan створено хмару точок фасадів будівлі (рис. 2).



Рис. 2. Хмара точок фасадів будівлі одержана зі знімання БПЛА DJI Phantom 4 Pro

Для моделювання внутрішніх приміщень виконано тахеометричне знімання навчальної аудиторії електронним тахеометром Leica 405 Ultra. Для забезпечення сумісності результатів знімань різними приладами в єдиній системі координат виконано передачу координат від зовнішніх геодезичних пунктів всередину приміщення. Всього в аудиторії знято 188 пікетних точок.

Інформаційне моделювання споруди виконано у програмному продукті Autodesk Revit 2023 [4].

Вихідні дані знімання БПЛА конвертовано у формат *.las, проіндексовано та збережено у форматі *.gcp. Цей формат є «рідним» для Autodesk Revit. На підготовчому етапі моделювання було зафіксовано осі споруди та висоти вертикальних перерізів. Зважаючи на значну кількість точок у хмарі, одержаній зі знімання з БПЛА, доцільно користуватися допоміжними інструментами – перерізами вздовж заданого напрямку, січними площинами тощо. Таким чином виконано моделювання основних конструктивних елементів: стін, перекриттів, колон, сходів, вікон й дверей (рис. 3). Опрацьований зовнішній вигляд моделі наведено на рис. 4.

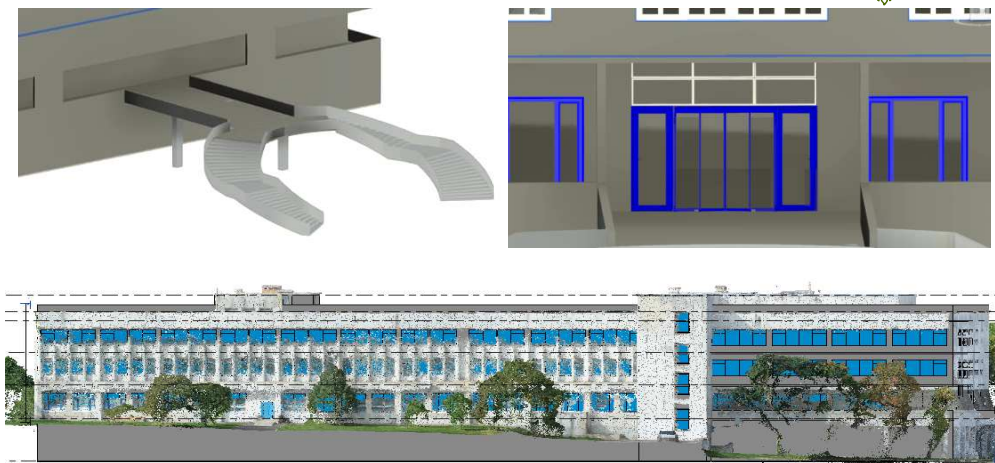


Рис. 3. Моделювання конструктивних елементів за хмарою точок

Програмне забезпечення Revit не має функції для безпосереднього імпорту даних тахеометричного знімання. Однак, у модель Revit можна імпортувати дані з систем автоматизованого проєктування (САПР) [2; 5]. Тому дані тахеометричного знімання спершу імпортовано до програмного забезпечення AutoCAD, виконано їх тривимірну візуалізацію та сполучено необхідні елементи згідно з абрисом знімання (рис. 5).



Рис. 4. Опрацьований зовнішній вигляд моделі, одержаний за хмарою точок з БПЛА

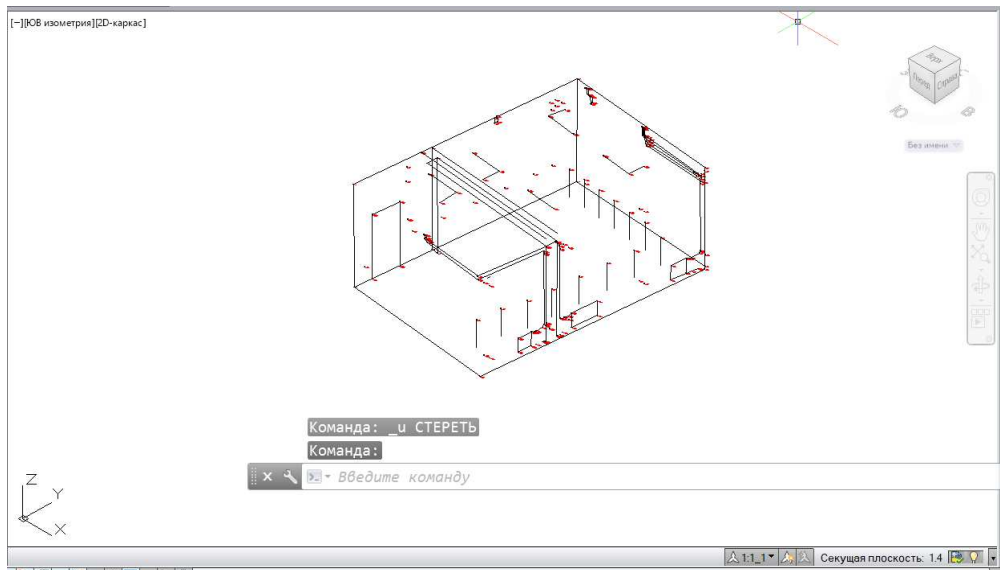


Рис. 5. Тривимірна візуалізація матеріалів тахеометричного знімання у програмі AutoCAD

На наступному етапі дані тахеометричного знімання з САПР імпортовано до Autodesk Revit та виконано моделювання конструктивних елементів аудиторії: стін, перекриттів, колон, дверей і вікон. Детальне знімання елементів інженерних комунікацій дозволило сформувати моделі електромережі, тепломережі, вентиляційні решітки, засоби освітлення. Остаточним етапом є моделювання розташування елементів внутрішнього інтер'єру: парт, лавок, навчальної дошки (рис. 6).

Завершальним етапом роботи є інтеграція внутрішнього приміщення навчальної аудиторії до зовнішньої моделі корпусу. Використання єдиної системи координат дозволяє виконати таку інтеграцію. Вигляд суміщених моделей наведено на рис. 7. Візуалізацію завершеної моделі наведено на рис. 8.

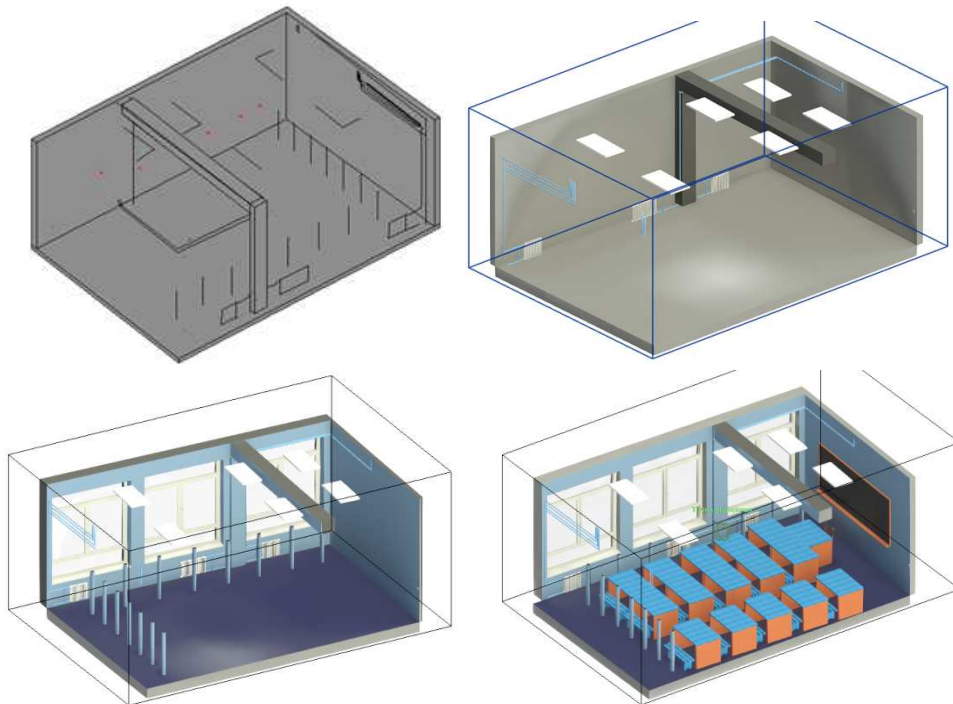


Рис. 6. Моделювання конструктивних елементів за даними тахеометричного знімання

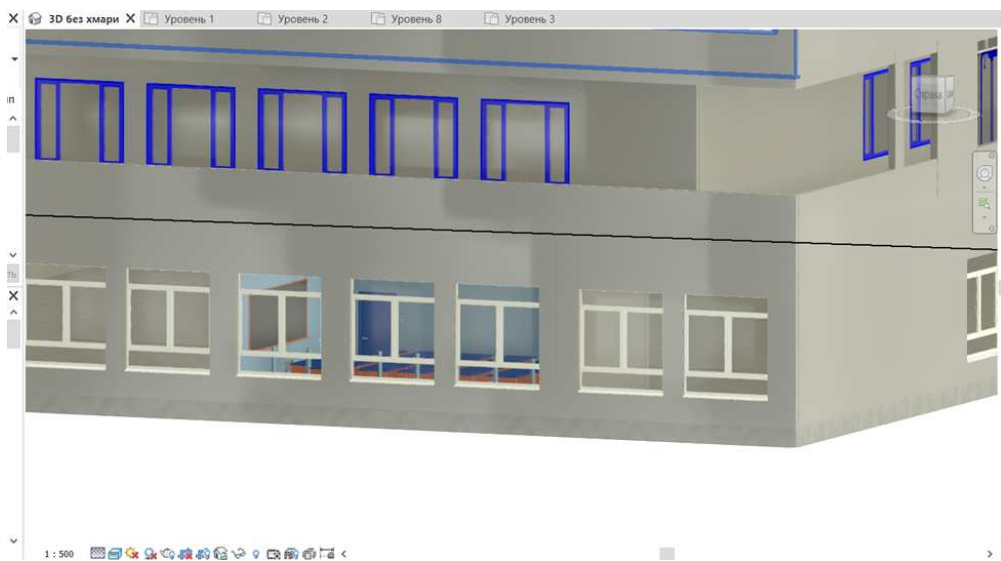


Рис. 7. Вигляд змодельованої аудиторії всередині зовнішньої моделі



Рис. 8. Візуалізація завершеної моделі після суміщення

Таким чином, у роботі апробовано підходи до створення будівельної інформаційної моделі за даними комбінованих геодезичних знімів. Успішно реалізовано BIM при поєднанні хмари точок, одержаної зі знімання БПЛА (зовнішній вигляд споруди) та даних тахеометричного знімання (внутрішні елементи будівлі). Акцентовано увагу на проблемі інтеграції даних, які отримують різними геодезичними приладами, у різних форматах та з різною деталізацією.

1. Banfi F. Building Information Modelling – A Novel Parametric Modeling Approach Based on 3D Surveys of Historic Architecture. *Materials of Euro-Mediterranean Conference*. 2016. P. 116–127. 10.1007/978-3-319-48496-9_10.
2. Importing CAD Files. URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/ENU/?guid=GUID-E8705303-0610-4A82-9118-0C3A742706D2> (дата звернення: 16.01.2023).
3. Mill T., Alt A., Lias R. Combined 3D building surveying techniques – Terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for BIM data management purposes. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2013. Vol. 19. P. 23–32. 10.3846/13923730.2013.795187.
4. Revit: BIM software for designers, builders, and doers. URL: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата звернення: 16.01.2023).
5. About Importing or Linking CAD Files. URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/troubleshooting/caas/CloudHelp/cloudhelp/2023/ENU/Revit-Model/files/GUID-630EC38E-37FE-41BC-8369-2238825BF4F6-htm.html> (дата звернення: 16.01.2023).
6. Vacanas Y., Themistocleous K., Agapiou A., Hadjimitsis D. Building Information Modelling (BIM) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technologies in infrastructure

construction project management and delay and disruption analysis. *The International Society for Optical Engineering* : Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment. 2015. Proceedings Volume 9535. 10.1117/12.2192723.

REFERENCES:

1. Banfi F. Building Information Modelling – A Novel Parametric Modeling Approach Based on 3D Surveys of Historic Architecture. *Materials of Euro-Mediterranean Conference*. 2016. P. 116–127. 10.1007/978-3-319-48496-9_10.
2. Importing CAD Files. URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/ENU/?guid=GUID-E8705303-0610-4A82-9118-0C3A742706D2> (data zvernennia: 16.01.2023).
3. Mill T., Alt A., Liias R. Combined 3D building surveying techniques – Terrestrial laser scanning (TLS) and total station surveying for BIM data management purposes. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2013. Vol. 19. P. 23–32. 10.3846/13923730.2013.795187.
4. Revit: BIM software for designers, builders, and doers. URL: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (data zvernennia: 16.01.2023).
5. About Importing or Linking CAD Files. URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/troubleshooting/caas/CloudHelp/cloudhelp/2023/ENU/Revit-Model/files/GUID-630EC38E-37FE-41BC-8369-2238825BF4F6-hm.html> (data zvernennia: 16.01.2023).
6. Vacanas Y., Themistocleous K., Agapiou A., Hadjimitsis D. Building Information Modelling (BIM) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technologies in infrastructure construction project management and delay and disruption analysis. *The International Society for Optical Engineering* : Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment. 2015. Proceedings Volume 9535. 10.1117/12.2192723.

Yanchuk O. Y., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor,
Yanchuk R. M., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor,
Trokhymets S. M., Senior Lecturer, Khytko M. M., Senior Student
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

EXPERIENCE OF CREATING A BUILDING INFORMATION MODEL (BIM) BASED ON COMBINED GEODETIC SURVEYS

This article describes the experience of creating a Building

Information Model (BIM) using Autodesk Revit software. To model the exterior of the educational building, a point cloud obtained from unmanned aerial vehicle DJI Phantom 4 Pro was used. To model the classroom, data from the Leica 405 Ultra electronic total station survey was used. Significant attention was paid to the problem of integrating data of different formats obtained from different sources, as well as captured using several types of geodetic equipment in different coordinate systems.

***Keywords:* Building Information Model (BIM); Unmanned Aerial Vehicle (UAV); point cloud; orthophotoplan; Autodesk Revit 2023; geodetic surveys.**
