

УДК 725.8.01:721.02

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.051125.123.1199

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ 3D-СКАНУВАННЯ ПРИ ПОБУДОВІ ОБ'ЄМНОЇ МОДЕЛІ ЛІЦЕЮ № 15 В МІСТІ ДНІПРО

СОПІЛЬНЯК А. М.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

ПИЛИПЕНКО О. В.², канд. техн. наук, доц.,

НЕМЦЕВА Т. О.³, канд. пед. наук,

ОЛЕЙНИКОВ В. М.⁴, студ.,

БІЛЯЄВА М. С.⁵, студ.

^{1*} Кафедра нарисної геометрії та графіки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: sopilniak.artem@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

² Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0009-0007-2987-7905

³ Директор ліцею 15, вул. Братів Горобців, 53, 49008, Дніпро, Україна, тел. +38 (093) 424-23-43, e-mail: zso15@dhp.dniprorada.gov.ua, ORCID ID: 0009-0007-9686-8910

⁴ Студент групи ПЦБ-23-2, будівельного факультету, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: valeraoleynikov2005@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-4218-9426

⁵ Студент групи ПЦБ-24-1, будівельного факультету, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-80, e-mail: beliajevamaria07@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-8314-9540

Анотація. Постановка проблеми. УДУНТ ННІ «ПДАБА» це один з лідерів підготовки фахівців будівельної галузі в Україні, який окрім освітньої діяльності займається інноваційними, просвітницькими та науковими дослідженнями. В рамках науково-технічного проекту «Хімічний та структурний дизайн новітніх функціональних матеріалів» було придбано обладнання для проведення сканування будівель, архітектурних пам'яток, історичних споруд, скульптур, арт об'єктів, інтер'єрів будинків тощо. Методика 3D сканування дозволяє отримати об'ємний макет будівлі в електронному вигляді за досить короткий період, а потім відцифрований варіант використовувати в разі відновлення, реконструкції чи проведення реставраційних робіт по об'єкту. **Мета статті та задачі дослідження** – полягає в скануванні існуючої будівлі ліцею № 15 ДМР в місті Дніпро лазерним 3D сканером Leica BLK360 і в створенні першої в області 3D моделі навчального закладу. Подальше опрацювання отриманих даних дозволить вирішити три основні задачі: 1) для команди фахівців і студентів УДУНТ ННІ «ПДАБА» визначити скільки потрібно часу для проведення сканування, збірки, обробки та опрацювання отриманих даних, для подальших аналогічних робіт; 2) для учнів та вчителів ліцею – ознайомлення з передовими, інноваційними світовими тенденціями 3D сканування та будівельними технологіями; 3) для адміністрації ліцею – отримання готової 3D моделі навчального закладу, яку можна використовувати в навчанні учнів старших класів, а для адміністративно-господарської частини отримання готових креслень для проведення ремонтів, відновлювальних робіт або реконструкції будівлі ліцею № 15. **Висновок.** Команда фахівців і студентів УДУНТ ННІ ПДАБА отримала необхідний практичний досвід при роботі з переносним лазерним 3D сканером Leica BLK360, визначила особливості проведення сканування в умовах діючого навчального закладу освіти, отримала відповіді на ряд особливостей при роботі з програмним забезпеченням, визначила алгоритм дій, орієнтовний час проведення збору та обробки даних.

Ключові слова: 3D модель; сканування; ліцей; будівля; точка вимірювання; лазерний сканер; автоматизоване проектування; масив даних; фасад; будівельні конструкції

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE WORLD TRENDS 3D-SCANNING IN THE CONSTRUCTION OF A 3D MODEL OF LYCEUM NO. 15 IN THE CITY OF DNIPRO

SOPILNIAK A.M.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

PYLYPENKO O.V.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

NIEMTSEVA T.O.³, Cand. Sc. (Pedagogical.),

OLEINYKOV V.M.⁴, Stud.,

BELYAEVA M.S.⁵, *Stud.*

^{1*} Department of Descriptive Geometry and Graphics, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-80, e-mail: sopilniak.artem@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

² Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0009-0007-2987-7905

³ Director Lyceum 15, 53, Brothers’ Gorobtsiv St., Dnipro, 49008, Ukraine, tel. +38 (093) 424-23-5743, e-mail: zso15@dhp.dniprorada.gov.ua, ORCID ID: 0009-0007-9686-8910

⁴ Student, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-80, e-mail: valeraolevnikov2005@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-4218-9426

⁵ Student, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-80, e-mail: beliajevamaria07@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-8314-9540

Abstract. Problem statement. USUST ESI “PSACEA” is one of the leading institutions in Ukraine for training specialists in the construction industry. In addition to its educational activities, the institution is actively engaged in innovation, educational initiatives, and scientific research. Within the framework of the scientific and technical project “Chemical and Structural Design of New Functional Materials”, specialized equipment was acquired for the 3D scanning of buildings, architectural monuments, historical structures, sculptures, art objects, building interiors, and more. The 3D scanning method enables the rapid acquisition of a three-dimensional digital model of a building, which can subsequently be used for restoration, reconstruction, or preservation purposes. **The aim of this article** and the objectives of the study are to scan the existing building of Lyceum no. 15 using a Leica BLK360 laser 3D scanner and to develop the first 3D model of an educational institution of this kind in the region. Further processing of the collected data will help address three main objectives: 1) For the team of specialists and students of USUST ESI “PSACEA” – to determine the amount of time required for scanning, assembling, processing, and analyzing the data, in order to plan future similar projects more efficiently. 2) For the students and teachers of the lyceum – to become familiar with cutting-edge, innovative global trends in 3D scanning and construction technologies. 3) For the lyceum administration – to receive a ready-to-use 3D model of the educational institution, which can be used in teaching senior students, and for the administrative and maintenance department to obtain detailed drawings to support repairs, restoration, or reconstruction of the Lyceum No. 15 building. **Conclusion.** The team of specialists and students from USUST ESI “PSACEA” gained valuable practical experience working with the Leica BLK360 portable laser 3D scanner. They identified the specific challenges associated with scanning an operational educational facility, addressed various software-related issues, and established a workflow and estimated timeline for data acquisition and processing.

Keywords: 3D model; scanning; lyceum; building; measurement point; laser scanner; computer-aided design; data array; facade; building structures

Постановка проблеми. УДУНТ ННІ «ПДАБА» це один з лідерів підготовки фахівців будівельної галузі в Україні, який окрім освітньої діяльності займається інноваційними, просвітницькими та науковими дослідженнями. За останні п’ять років ПДАБА приймала активну участь у ряді міжнародних проектів [1–2], один з яких присвячений розширенню горизонтів в 3D моделюванні і графічному проектуванні [3]. В рамках науково-технічного проекту «Хімічний та структурний дизайн новітніх функціональних матеріалів» було придбано обладнання для проведення сканування будівель, архітектурних пам’яток, історичних споруд, скульптур, арт об’єктів, інтер’єрів будинків тощо. Методика 3D сканування дозволяє отримати об’ємний макет будівлі в електронному вигляді за досить короткий період, а потім

відцифрований варіант використовувати в разі відновлення, реконструкції чи проведення реставраційних робіт по об’єкту.

Дніпро має низку об’єктів, які є архітектурними родзинками міста, деякі відносять до історичних об’єктів Катеринославу, деякі існують в одиничному екземплярі інші розроблялись відомими архітекторами чи зодчими регіону.

Аналіз публікацій. У 2017 році Україна приєдналась до Європейської ініціативи щодо впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM), яка була організована Європейською Комісією на основі пропозицій Західноєвропейської асоціації цифрового будівництва (Building SMART Europe), погоджених з Європейською групою регуляторів у сфері будівництва та архітектури (European Construction Sector Observatory, ECSO) [4; 5].

Аналіз останніх досліджень у сфері використання 3D моделювання демонструє активне впровадження цифрових технологій у процеси проектування, будівництва та управління життєвим циклом об'єктів. Зокрема, інструменти BIM, лазерне сканування, фотограмметрія та цифрові подвійники дозволяють підвищити точність, скоротити витрати й забезпечити стійкий розвиток у галузі будівництва.

Серед прикладів успішного впровадження 3D моделювання в Україні можна відзначити діяльність провідних технічних університетів, зокрема Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ), де активно впроваджуються BIM-технології в навчальний процес та дослідницькі проекти. У рамках європейського грантового проекту Erasmus+ «The BRIDGE», викладачі та студенти університету проходять стажування в Польщі, Італії та інших країнах ЄС, опановуючи сучасні цифрові інструменти проектування.

У 2025 році студенти УДУНТ ННІ ПДАБА провели 3D-сканування архітектурної спадщини в центрі Дніпра за допомогою сканера Leica BLK360, створюючи цифрові моделі фасадів та

будівельних об'єктів у Revit. Цей досвід поєднує практичну підготовку молодих фахівців з міжнародними стандартами проектування, сприяючи підвищенню якості підготовки кадрів для сталого будівництва [6–8; 11].

Мета статті та задачі дослідження – полягає в скануванні існуючої будівлі ліцею № 15 ДМР в місті Дніпро лазерним 3D сканером Leica BLK360 і в створенні першої в області 3D моделі навчального закладу. Подальше опрацювання отриманих даних дозволить вирішити три основні задачі: 1) для команди фахівців і студентів УДУНТ ННІ ПДАБА визначити скільки потрібно часу для проведення сканування, збірки, обробки та опрацювання отриманих даних, для подальших аналогічних робіт; 2) для учнів та вчителів ліцею – ознайомлення з передовими, інноваційними світовими тенденціями 3D сканування та будівельними технологіями; 3) для адміністрації ліцею – отримання готової 3D моделі навчального закладу, яку можна використовувати в навчанні учнів старших класів, а для адміністративно-господарської частини отримання готових креслень для проведення ремонтів, відновлювальних робіт або реконструкції будівлі ліцею № 15.



а) Leica BLK360



б) Leica BLK360 G2

Рис. 1. Лазерний 3D сканер Leica BLK360 та Leica BLK360 G2

Результати досліджень. Стандартна методика створення робочого проекту існуючої будівлі передбачає декілька послідовних етапів: ознайомлення з існуючими паперовими кресленнями, визначення технічних та геометричних характеристик будівлі, передбачає обстеження будівлі (при потребі, якщо будівля є аварійною), визначення змін в проекті (якщо було проведено додаткові

будівельні роботи з розширення, надбудови або перепланування), проведення обмірів рулеткою (переносною або лазерною), створення креслень в AutoCAD (або його аналогів), уточнення графічної частини, створення комплекту графічних матеріалів (ескізного або робочого проекту) і тільки після всіх вищезазначених дій створення 3D моделі. З лазерний 3D сканером Leica BLK360 (рис. 1, а) або його поліпшеною

модифікацією Leica BLK360 G2 (рис. 1, б), час який потрібен для побудови трьохвимірної об'ємної моделі можна скоротити до 2–3 днів.

Мініатюрний лазерний сканер Leica BLK360/Leica BLK360 G2 – це портативний, ультракомпактний, високошвидкісний швейцарський лазерний 3D сканер розроблений компанією Leica Geosystems, а компанія Autodesk розробила систему автоматизованого проектування під сканер для обробки отриманих даних. Leica BLK360 призначений переважно для інтер'єрної зйомки та виконує панорамне сканування 360° на відстані від 20 до 100 метрів з точністю ± 4 мм., при цьому швидкість сканування становить від 360 тис. до 2 млн. крапок за секунду, з довжиною хвилі – 1550 нм, а отримання повного панорамного скана займає лише 2–3 хвилини. Вбудована цифрова HDR камера з високою роздільною здатністю дозволяє швидко отримати панорамне зображення, а інтегровані інфрачервоні термальні сенсори дозволяють отримувати термографічні знімки [9; 10].

Для проведення заходів щодо першого

сканування та тривимірного моделювання закладу освіти в місті Дніпро, за ініціативи директора ННІ ПДАБА проф. Владислава Данішевського та підтримки ректора УДУНТ проф. Костянтина Сухого, було утворено команду з фахівців УДУНТ ННІ ПДАБА доц. Артема Сопільнака, доц. Олександра Пилипенка та студентів будівельного факультету Валерія Олейникова і Марії Біляєвої із залученням учнів ліцею. Робота почалась з візуального огляду об'єкту, ознайомлення з кресленнями – планів (рис. 2), перерізів, фасадів його геометрією, поверховістю, перепадом висот, можливості встановлення обладнання, визначення точок обзору, кількості стоянок для сканування, визначення часу експозиції, налаштування і синхронізації сканеру та планшету з програмним забезпеченням. Після проведення підготовчих робіт було прийнято рішення щодо початкової точки вимірювання між лівим кутом будівлі та його центральним входом (рис. 3), для формування подальшого ланцюга стоянок по периметру і переходом в середину будівлі.

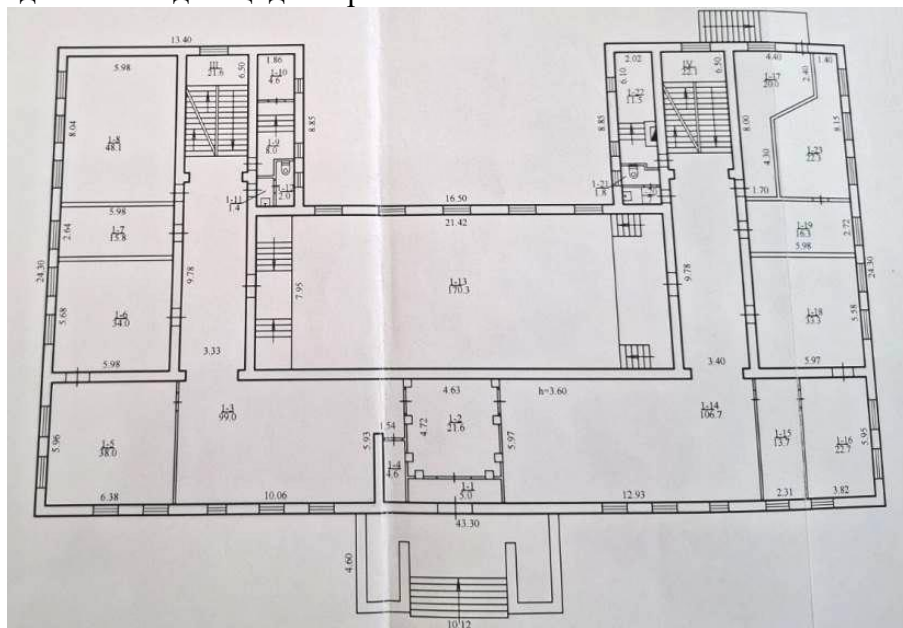


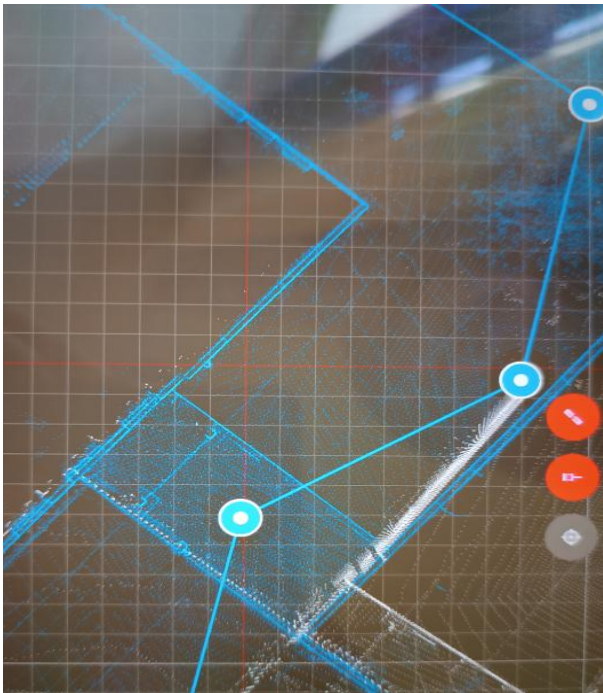
Рис. 2. План 1-го поверху ліцею № 15



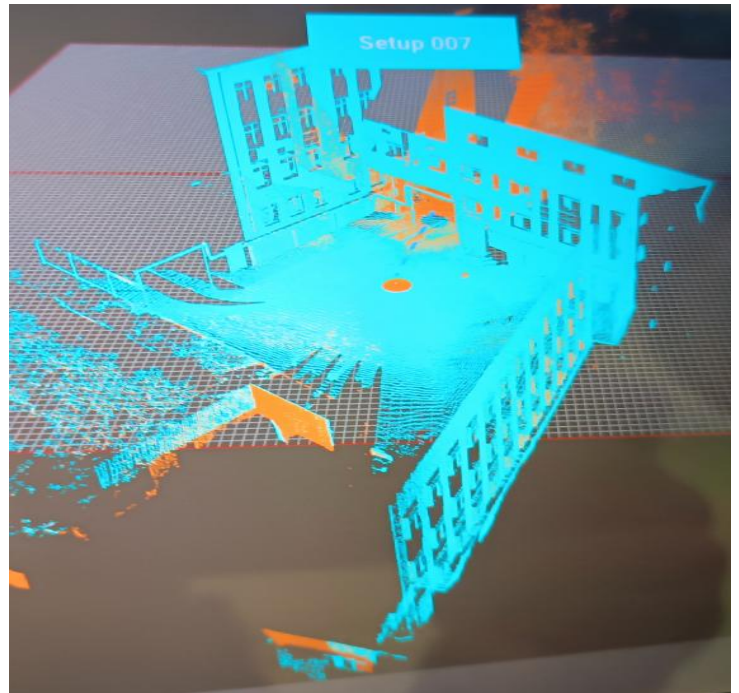
Рис. 3. Встановлення 3D сканеру на першу стоянку з лицьового фасаду будівлі ліцею № 15

В процесі сканування необхідно чітко дотримуватись послідовності дій, виставляти сканер на відстані 15–30 метрів від фасадів, крок точок змінний до 40 метрів, тримати площину, перевіряти зв'язок, щоб він не переривався, не поспішати і перевіряти прив'язку кожної точки стоянки після

проведення сканування. Так після семи стоянок і переході на восьму стоянку (рис. 4, а), програма не змогла їх з'єднати в один масив даних, в результаті чого з'явилась необхідність вручну змінювати площину орієнтації моделі і повертати її на 180 градусів (рис. 4, б).



а) План-схема 4-5 точок стоянок навколо будівлі



б) Проміжна 3D model будівлі

Рис. 4. Проміжна схема та 3D модель будівлі після 7 стоянок збору даних



Рис. 5. План-схема будівлі з кількістю стоянок збору даних

На одну точку наша команда в середньому витрачала 7–10 хвилин, для встановлення триноги з сканером, проведення сканування, завантаженням даних в хмарний простір, синхронізації точки стоянки в просторі та її закріпленні на місцевості, що в цілому зайняло близька 2–2,5 годин. При виконанні сканування виникали певні труднощі технічного характеру, так як іноді зникав Wi-Fi і ми були вимушені дублювати вимірювання в певних точках, а також труднощі з орієнтирами і «прив'язуванні» наступної точки, так як мали місце дерева з пишною кроною, що ускладнювали сканування фасадів. Після кропіткої роботи та очікувань обробки загального масиву даних наша команда отримала загальну план-схему, де було ув'язано 18 стоянок в один загальний масив точок (рис. 5), який давав можливість

для створення першої 3D моделі навчального закладу будівлі ліцею № 15 в місті Дніпро.

Другою задачею, було ознайомлення учнів ліцею № 15 з передовими, інноваційними світовими тенденціями 3D сканування та будівельними технологіями, для їх зацікавлення і підготовки до обрання вищого навчального закладу, зробити усвідомлений вибір для визначення своє майбутньої професії.

Для вирішення другої задачі доц. Артем Сопільняк провів вступну лекцію-інструктаж, як працювати з обладнанням, як змінювати налаштування, яким чином закріплювати масив точок в програмному комплексі, змінювати прив'язку, розривати зв'язок між послідовними точками, коригувати отримані дані та створювати загальну модель (рис. 6, 7).



Рис. 6. Ознайомлення учнів ліцею з технологією 3D сканування будівель

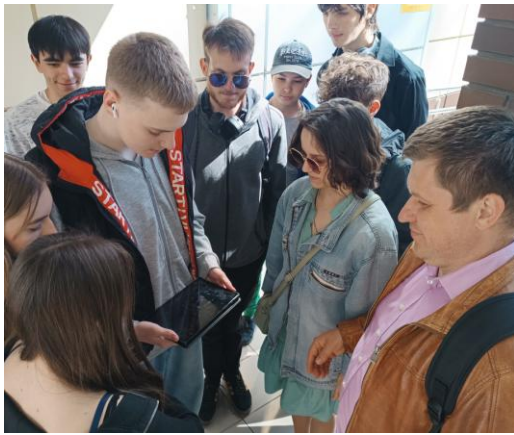


Рис. 7. Робота учнів ліцею № 15 з технологією 3D сканування будівель



Рис. 8. Загальне фото команди УДУНТ ННІ ПДАБА та учнів ліцею № 15

Після проведення сканування зовнішніх фасадів та окремих будівельних конструкцій ззовні, а також після сканування внутрішніх поверхонь приміщень, сходових клітин, класів, кабінетів, коридорів тощо команда фахівців, студентів УДУНТ ННІ ПДАБА та учнів 8–11 класів ліцею № 15 зробили загальне фото на центральному вході до будівлі (рис. 8).

Після обробки даних було отримано завершену 3D модель ліцею № 15 (рис. 9).

Отримавши об'ємну 3D модель будівлі ліцею № 15 ми вирішили третю задачу, яка було поставлена перед нами, а саме отримати готову 3D моделі навчального закладу, яку можна використовувати в навчанні учнів старших класів, а для адміністративно-господарської частини отримання готових креслень для проведення ремонтів, відновлювальних робіт або реконструкції будівлі ліцею.

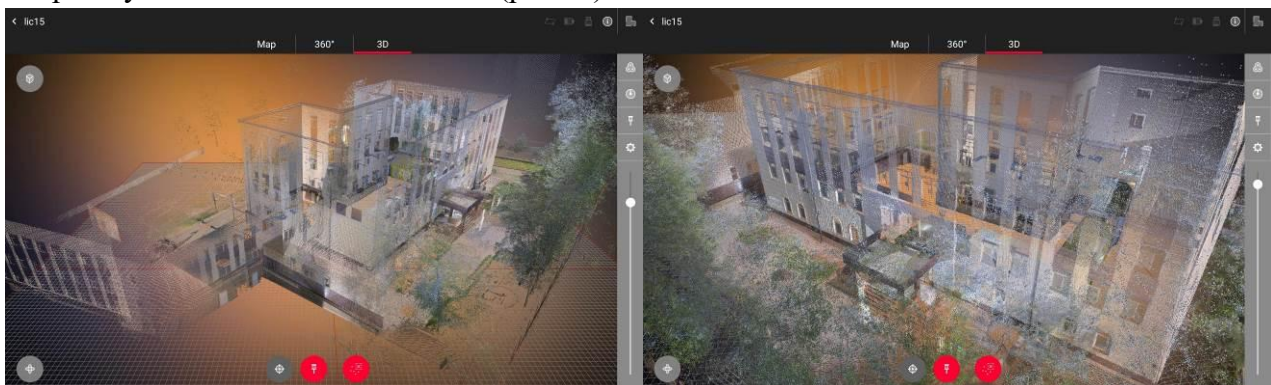


Рис. 9. Об'ємна 3D модель ліцею № 15

Команда фахівців і студентів УДУНТ ННІ ПДАБА отримала необхідний

практичний досвід при роботі з переносним лазерним 3D сканером Leica BLK360,

визначила особливості проведення сканування в умовах діючого навчального закладу освіти, отримала відповіді на ряд особливостей при роботі з програмним забезпеченням, визначила алгоритм дій, орієнтовний час проведення збору та обробки даних. Це досвід ми плануємо впровадити і на інших об'єктах дошкільної та шкільної освіти в місті Дніпро. Заплановано провести аналогічні роботи в ряді інших ліцеїв та гімназій м. Дніпра для побудови 3D моделей.

Висновки

В результаті проведеної роботи було досягнуто (вирішено) наступні задачі:

➤ Було відскановано чотирьох поверхову будівлю ліцею № 15 ДМР в місті Дніпро, як з зовні по фасадах будівлі, так і з середини, стіни підлоги, холи, коридори, сходові марші, використовуючи новітній мобільний переносний лазерний 3D сканером Leica BLK360 швейцарської фірми Leica.

➤ Було відскановано будівлю ліцею, оброблено отриманий масив точок,

відкоригована об'ємно-планувальна складова проєкцій та отримано першу в Дніпропетровській області 3D модель навчального закладу.

➤ Команда фахівців і студентів УДУНТ ННІ ПДАБА визначила фактичний обсяг проведених камеральних робіт, ознайомчих та робіт із сканування подібного об'єкту, обробки та опрацювання отриманих даних і нарешті видачі готового результату у вигляді об'ємної 3D моделі навчального закладу.

➤ Було проведено ознайомлення учнів 8-11 класів ліцею № 15 з передовими, інноваційними світовими тенденціями 3D сканування та будівельними технологіями, що дозволило провести профорієнтаційну роботу та підвищити зацікавленість до вищої освіти будівельного профілюю

➤ Керівництво та адміністративно-господарська частини отримали готовий комплект креслень в електронному вигляді, який можна використовувати в подальшому для проведення ремонтів, відновлювальних робіт або реконструкції будівлі ліцею № 15 в майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Модуль Жана Моне. Європейські практики із зеленої трансформації : уроки для України. Проєкт 101085133 – EUGREEN. URL: <https://pgasa.dp.ua/jean-monnet-project/opys-proyektu/>
2. Інноваційні магістерські курси на підтримку покращення енергетичного та вуглецевого сліду будівельного фонду України. Проєкт 101082898 – UKRENERGY. URL: <https://pgasa.dp.ua/ukrenergy-project/opys-proyektu/>
3. Подолання розриву між університетом і промисловістю : інноваційна магістерська навчальна програма, що підтримує розвиток зелених робочих місць і цифрових навичок в українському будівельному секторі. Проєкт 101127884 – The BRIDGE. URL: <https://pgasa.dp.ua/the-bridge-project/opys-proyektu/>
4. Building SMART International. URL: <https://www.buildingsmart.org/>
5. European Construction Sector Observatory, ECSO. URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/observatory_en?prefLang=uk
6. Fandiei A., Sopilniak A., Shabanova K. 3D scanning as a modern architect's tool. *Engineer of the Third Millennium : proceedings of International students' scientific conference*. Dnipro : USUST, ESI «PSACEA», 2024. Pp. 29–31.
7. Фінал конкурсу «CREATE 3D SCAN». URL: <https://pgasa.dp.ua/news/final-konkursu-create-3d-scan/>
8. Сучасні технології УДУНТ ННІ «ПДАБА» крокують разом з абітурієнтами ліцею № 15. URL: <https://pgasa.dp.ua/news/suchasni-tehnologiyi-udunt-nni-pdaba-krokuyut-razom-z-abituriyentamy-litseyu-15/>
9. Навігаційно-геодезичний центр. Лазерний сканер Leica BLK360. URL: <https://leica-geosystems.com.ua/product/blk360/>
10. Навігаційно-геодезичний центр. Лазерний сканер Leica BLK360 G2. URL: <https://surl.li/upvuce>
11. Титюк А., Ярова Т., Середа С., Сіренко К., Правоторова А. Інтеграція технології 3D-сканування при створенні моделі будівлі ліцею. *Технічні науки та технології*. 2025. № 2 (40). С. 493–501. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2\(40\)-493-501](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2(40)-493-501)

REFERENCES

1. Modul' Zhana Mone. Yevropeys'ki praktyky iz zelenoyi transformatsiyi : uroky dlya Ukrayiny. Proyeckt 101085133 – EUGREEN [Jean Monnet Module. European practices on Green Deal : lessons for Ukraine Project 101085133 – EUGREEN]. URL: <https://pgasa.dp.ua/jean-monnet-project/opys-proyektu/> (in Ukrainian).
2. Innovatsiyni mahisters'ki kursy na pidtrymku pokrashchennya enerhetychnoho ta vuhletsevoho slidu budivel'noho fondu Ukrayiny. Proyeckt 101082898 – UKRENERGY [Innovative Master Courses Supporting the Improvement of the Energy and Carbon Footprint of the Ukrainian Building Stock Project 101082898 – UKRENERGY]. URL:

<https://pgasa.dp.ua/ukrenergy-project/opys-proyektu/>

3. *Podolannya rozryvu mizh universytetom i promyslovistyu : innovatsiyna mahisters'ka navchal'na prohrama, shcho pidtrymuje rozvytok zelenykh robochykh mist' i tsyfrovyykh navychok v ukrayins'komu budivel'nomu sektori. Proyeht 101127884 – The BRIDGE* [Bridging the gap between university and industry: an innovative master's degree program supporting the development of green jobs and digital skills in the Ukrainian construction sector. Project 101127884 – The BRIDGE]. URL: <https://pgasa.dp.ua/the-bridge-project/opys-proyektu/> (in Ukrainian).

4. Building SMART International. URL: <https://www.buildingsmart.org/>

5. European Construction Sector Observatory, ECSO. URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/observatory_en?prefLang=uk

6. Fandiei A., Sopilniak A. and Shabanova K. 3D scanning as a modern architect's tool. Engineer of the Third Millennium : Proceedings of International Students' Scientific Conference. Dnipro : USUST, ESI "PSACEA", 2024, pp. 29–31.

7. *Final konkursu "CREATE 3D SCAN"* [Final of the "CREATE 3D SCAN" competition]. URL: <https://pgasa.dp.ua/news/final-konkursu-create-3d-scan/> (in Ukrainian).

8. *Suchasni tekhnolohiyi UDUNT NNI PDABA krokuyut' razom z abituriyentamy litseyu № 15* [Modern technologies of UDUNT ESI "PSACEA" walk together with the applicants of Lyceum no. 15]. URL: <https://pgasa.dp.ua/news/suchasni-tehnologiyi-udunt-nni-pdaba-krokuyut-razom-z-abituriyentamy-litseyu-15/> (in Ukrainian).

9. *Navihatsiyno-heodezychnyy tsentr. Lazernyy skaner Leica BLK360* [Navigation and Geodetic Center. Leica BLK360]. URL: <https://leica-geosystems.com.ua/product/blk360/> (in Ukrainian).

10. *Navihatsiyno-heodezychnyy tsentr. Lazernyy skaner Leica BLK360 G2* [Navigation and Geodetic Center. Leica BLK360 G2]. URL: <https://surl.li/upvuce> (in Ukrainian).

11. Tytiuk A., Yarova T., Sereda S., Sirenok K. and Pravotorova A. *Intehratsiya tekhnolohiyi 3D-skanuvannya pry stvorenni modeli budivli litseyu* [Integration of 3D scanning technology in the development of a lyceum building model]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi* [Technical Sciences and Technologies]. 2025, no. 2 (40), pp. 493–501. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2\(40\)-493-501](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2(40)-493-501) (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 21.08.2025.