

УДК 528.92.504. 86

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.44.6>**Казаченко Л.М.**

к.т.н., доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків
ORCID ID: 0000-0001-7188-2790

Казаченко Д.А.

викладач кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків
ORCID ID: 0000-0002-8309-53371

Казаченко В.А.

аспірант кафедри міського будівництва
Навчально-наукового інституту підготовки кадрів вищої кваліфікації
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків
ORCID ID: 0000-0002-9568-3136

Лобко-Зампассі М.

асистент кафедри образотворчого мистецтва і дизайну
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків
ORCID ID: 0000-0002-0945-6624

ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ І 3-D МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ МІСТ

Анотація. Пошкоджені житлові будинки та історичні будівлі Українських міст з боку військових дій РФ потребують якнайшвидшого відновлення. Для цього потрібні будівельні матеріали, кошти, час, фахівці будівельної справи. Є такі історичні будівлі, які для відновлення їх у тому вигляді, якому були вони створені, потребують скульпторів, художників, реставраторів, тобто фахівців дуже вузької спеціальності. В наш час комп'ютерних технологій, геоінформаційних систем і 3-D моделювання є можливість відтворення таких будівель не витрачаючи багато ресурсів. Застосування будівельного 3-D принтера як альтернативи у будівельній справі може значною мірою сприяти відновленню та відбудови пошкодженого житла, застосовуючи при цьому як будівельну суміш подріблене будівельне сміття, яке залишається після бомбардування наших міст. Застосування лазерного 3-D сканування пошкоджених будівель, комп'ютерна обробка результатів дає змогу визначити ступінь пошкодження, порахувати витрати та підібрати будівельні матеріали. Новітні методи і технології, комп'ютерні програмні засоби дають змогу програмувати відновлення пошкоджень будівель. 3-D моделювання пошкоджених житлових будинків, історичних будівель і споруд допомагають у якнайшвидший час здійснити їх відбудову. Побудована 3-D модель зруйнованої будівлі показана можливості програмних засобів у відбудові. Проведення 3D-сканування для збереження об'єктів, що відносяться до архітектурної культурної спадщини у цифровому вигляді потрібно для створення єдиної бази даних культурного заповідання. Проведення робіт з 3-D сканування є вкрай необхідним в часи війни, оскільки є високий ризик пошкодження або зруйнування таких неповторних історичних будівель. Спираючись на досвід іноземних колег, можемо стверджувати, що це дуже потрібно для подальшої фотофіксації у цифровому вигляді найцінніших історичних об'єктів, які можна відтворити тільки за 3-D зображенням. На основі 3D-моделювання за допомогою програмних засобів можна з високою точністю відновлювати зруйновані війною будівлі, які. Такий підхід до збереження історико-культурної спадщини відкриває нові перспективи.

Ключові слова: 3-D моделювання, ГІС-технології, відбудова пошкодженого житла.

Вступ. Повномасштабна війна, яку затіяла Росія повністю змінило обсяги будівництва та відновлення зруйнованих будівель в містах та населених пунктах України. Відомо такі факти, що внаслідок військових дій з боку РФ в містах і селах зруйновано або пошкоджено понад 20 000 багатопверхівок, понад 150 000 приватних господарських житлових будинків. Величезна кількість – понад 3 500 пошкоджених або зовсім зруйнованих об'єктів інфраструктури та об'єктів охорони здоров'я. Знищено або зазнали значних руйнувань біля 4 000 закладів освіти. Все це потребує відновленню та відбудови.

Для відновлення та відбудови найбільш затребуваними будуть новітні технології будівництва. Вже відомо, що на сьогоднішній день втрати пошкоджених будівель і споруд становлять понад \$150 млрд, з них житловий фонд зазнав збитків біля \$56 млрд, об'єкти інженерної інфраструктури біля \$37 млрд, промисловість біля \$12 млрд. Уряд України разом з ООН та Світовим банком зробили приблизні розрахунки коштів на відновлення, які оцінюються понад 400 млрд доларів.

До збитків житлового фонду входять будівлі, що відносяться до історико-культурної спадщини. Але різниця в тім, що ці будівлі так просто не відновляться. Якщо звичайні будинки, де проживають громадяни України можуть відновити будівельники, то для відновлення історичних будівель потрібні вузькі фахівці – художники, скульптори, реставратори. Тому це дуже складна задача. Рішенням проблеми можуть стати новітні технології в будівництві з використанням простих матеріалів. Так застосування 3-D принтера у відбудові історичних будівель може стати якнайкращим варіантом. Заповнюючи будівельними сумішами елементів фасаду можна відтворити первозданний вигляд історичної будівлі. Будівельні 3D-принтери це роботизовані прилади, які працюють за допомогою керування фахівцем і створюють будівельні конструкції за розробленими кресленнями у 3-D форматі. Такі роботизовані принтери відрізняються конструктивними можливостями і методами зведення стін. Серед них є будівельні 3-D принтери порталної конструкції, двох і чотирьох опорної конструкції, маніпулятоної та циркульної конструкції. Будівельний 3-D-принтер створює будівельні конструкції та елементи оздоблення, які побудовані в програмному забезпеченні, тобто

друкує елементи, які потім можна зібрати на будівельному майданчику. Такий робот-3-D принтер може збудувати за швидкий час невеликий за розміром одноповерховий будинок і з дешевих будівельних сумішей, які можна отримувати з будівельного сміття.

Для відновлення зруйнованих або пошкоджених будівель виникає потреба у будівельних матеріалах, але за часи війни понад 15% виробничих потужностей будівельних матеріалів зазнали руйнувань. Майже знищені виробництво металопрокату, цегли, сухих гіпсових сумішей та інших матеріалів, які вкрай необхідні для відбудови та відновлення. Як відомо чим раніше буде відбудова та відновлення зруйнованої або пошкодженої інфраструктури і житлових будинків, тим громадяни раніше повернуться у звичайне життя, тобто відновлення потрібно робити зараз. Нашу державу в цьому підтримують такі країни як Естонія, Данія, Японія, Франція, які надають експертизу, підтримку на відбудову.

Методика дослідження Українці сильна нація і не дуже чекають на допомогу залучаються до відбудови наших зруйнованих міст, як приклад наше місто Харків. Але для відновлення і відбудови потрібні нові унікальні методи та методики.



Рис. 1. Фіксація пошкодженого історичного будинку в м. Харків

Існує також проблема знищення будівельних відходів – побита цегла, цементна суміш, плитка. Проблема утилізації та розчищення будівельного майданчика від матеріалів руйнації. За даними Міністерства довкілля обсяг яких складає понад 700 000тон, значна частина з яких може бути використана для подальшої відбудови країни. На Київщині вже є такий досвід, створено такі майданчики з сортування будівельних матеріалів, на яких очищаються від цементних сумішей цегла інші будівельні матеріали, які сортуються та використовуються заново у будів-

ництві та відновленні. А цементні суміші теж використовуються у будівництві шляхом їх перемелювання у малі фракції, в результаті чого утворюються нові матеріали. Такий досвід започаткували на Харківщині, нещодавно в Харківському районі за м. Дергачі є полігон побутових відходів, куди вивозять будівельні відходи, де їх сортують, вичищають і відправляють на повторну переробку. Такі матеріали як металеві, пластикові, скляні залишки та бетон після проведення сортування перероблюють, з використанням подрібнювача. Ці отримані матеріали використовують повторно у відбудові зруйнованих будинків (рис. 2).

Використання будівельного робота 3-D принтера у відновленні пошкодженого житла та конструктивних елементів, які можна запроєктувати за допомогою комп'ютерних програм може вирішити частину проблеми відбудови. Будівельний робот 3-D принтер працює з будівельними сумішами, які можна отримати з будівельного сміття, шляхом подрібнення. Такі роботи можна створювати прямо на будівельних майданчиках і використовувати в якості утилізації будівельного сміття як нового будівельного матеріалу, що вирішує зразу декілька завдань - дає швидке відновлення пошкоджених будівель не витрачаючи багато коштів на будівельні матеріали і використовує будівельне сміття для утилізації і очищення територій. В часи війни, це альтернатива вирішення ряду завдань.

Харків'яни знайшли спосіб використання подрібненої фракції відходів – засипаючи їх між збудованими стінами як утеплювач за принципом колодязя, що дозволило максимально використати відходи без утилізації. Приклад в Гостомелі відбудоване військове містечко подрібненими цеглою, бетоном та цементом, які стають новими будівлями за принципом економного використання

замкнутого циклу відбудови за допомогою використання будівельного 3-D принтера

Цей замкнений цикл відбудови створений за ініціативою французької "материнської" компанії Neo-Eco, що спеціалізується на екологічному відновленні пошкоджених об'єктів методом циркулярної економії. Демонтаж зруйнованих житлових будинків та всі процеси переробки будівельних залишків проводиться на будівельному майданчику, які становлять будівельний матеріал для відбудови нових житлових будинків за допомогою застосування 3-D принтера. Частина будівельного сміття використовують для підняття рівня землі тимчасових проїздів будівельної техніки та будівництва нових доріг.

За таким принципом відбудови житлових будинків повідомила пресслужба визначені 6 населених пунктів в Київській області – с. Бородянка с. Мощун, м. Тростянець в Сумській області, с. Циркуни в Харківській області, м. Посад-Покровське в Херсонській області і с. Ягідне в Чернігівській області. За таким принципом відновлення згідно концепції відбудови планується здійснити відбудову у 3 етапи. На першому етапі – відновлення пошкоджених житлових будівель. На другому – реконструкція вулично-дорожньої мережі. На третьому – створення громадського простору – паркової зони, бібліотек. Тобто трансформація житлового середовища мешканців.

Пошкодження будівель, особливо історичних потребує визначення ступеня руйнації для нарахування збитків, заподіяних українським містам, які повинні відшкодувати країна агресор. Досвід зруйнованого пожежею історичної будівлі у Франції – Нотр-Дам у Парижі та його 3D-сканування і отримання знімків історичної будівлі свідчить про те, що відновити такий будинок можна за допомогою фотогра-



Рис. 2. Будівельні матеріали, що збираються для повторного використання у відбудові житла будівельним 3-D принтером

фій, тобто маючі знімки з усіх сторін є можливість відбудови у первозданному вигляді.

В зруйнованому війною м. Харкові для цілей фіксування пошкоджень будівель та їх відновлення застосовують 3D-сканування історичних будівель за допомогою ПС-технологій, а саме використання 3D сканера (рис. 3).



Рис. 3. Фото пошкоджених будівель м. Харкова

Цей спосіб використовується зараз фахівцями міста Харків як спосіб проведення експертизи визначення ступеню руйнувань ракетними ударами та авіабомбардуваннями будинків.

3D-сканер – це роботизований прилад, який працює за допомогою лазерного променя, який відбивається від оптичної системи приладу. 3D-сканер пошарово знімає об'єкт пошкодження шляхом керування фахівцем через дисплей і повертається в іншу оптичну систему. Фахівець фіксує кожне місце пошкодження в комп'ютері, яка накопичується (рис. 4).



Рис. 4. 3D-сканер роботизований прилад, що фіксує ступінь пошкодження історичної будівлі

Отриману інформацію в офісі обробляють за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення. Це дозволяє створити 3D-модель руйнації будинку з міліметровою точністю і виражуванням всіх пошкоджень (рис. 5).



Рис. 5. Фіксація всіх пошкоджень роботом – 3-D сканером

3D-сканер за стислі терміни фіксує пошкодження і при найменших витратах. Новітній спосіб визначення ступеню пошкоджень і побудови моделі пошкодження із застосуванням високоточного приладу 3D-сканеру дає змогу у найкоротші терміни порахувати збитки і визначити кошти для відбудови будівель. Це стосується також пошкоджених житлових будівель, на відновлення яких в наш час працює грошова підтримка громадян. Якщо громадянин, будівлю якого пошкоджено звернеться до експертів, які проводять такі дослідження для відшкодування заподіяної шкоди та збитків (рис. 6).



Рис. 6. Фіксація відображення на екрані планшету пошкодження

В місті Харкові дуже багато пошкоджено житлових багатоповерхівок, які потребують

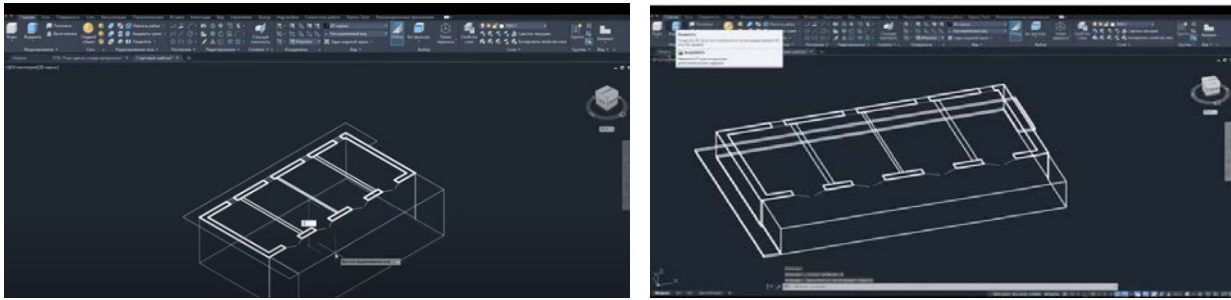


Рис. 7. Обрисовка конструкції будівлі

швидкого реагування щодо відновлення та відбудови. Ступінь пошкодження визначена за допомогою 3D - сканування дає уявлення за дуже короткий час. Так фахівці стверджують, що застосування методу 3D - сканування зруйнованого дев'ятиповерхового будинку займає біля двох годин часу. А комп'ютерна обробка отриманих результатів триває кілька годин.

Для обґрунтування доказів потрібен висновок фахівців – експертів, який об'єктивно підтверджував факт руйнування і склав Акт первинної експертизи про пошкоджене житло та про відшкодування збитків. В цьому випадку такий метод визначення ступеню пошкоджень із застосуванням 3D – сканера є досить точним і суттєвим, який фіксує фото збитків та робить модель пошкодження будівель.

Проведення 3D-сканування для збереження об'єктів, що відносяться до архітектурної культурної спадщини у цифровому вигляді потрібно для створення єдиної бази даних культурного заповідання. Проведення таких робіт є вкрай необхідним в часи війни, оскільки є високий ризик пошкодження або зруйнування таких неповторних історичних будівель. Спираючись на досвід іноземних колег, можемо стверджувати, що це дуже потрібно для подальшої фотофіксації у цифровому вигляді найцінніших історичних об'єктів, які можна відтворити тільки за 3-D зображенням.

Для відновлення пошкоджених будівель і споруд є метод 3-D планування реконструкції зруйнованих будівель. Для цього потрібно використовувати програмне забезпечення, яке дає змогу після 3-D сканування пошкоджених будівель і споруд отримати вихідні дані для розрахунку не тільки пошкодження, але й відбудови.

Таким чином завдяки 3-D скануванню можна запроектувати відбудову зруйнованого або пошкодженого будинку використовуючи програмне забезпечення. Ми в дослідженні

побудували 3-D модель відбудови зруйнованої історичної будівлі після 3-D сканування пошкодження. Після отримання результатів сканування пошкоджень ми занесли в програмне забезпечення всі дані зруйнованих елементів конструкції будівлі. Для цього ми скористались програмним забезпеченням AutoCad (рис. 7).

Обрисували конструкцію будівлі в програмі ми отримали основні елементи будівлі для її відбудови (рис. 8).

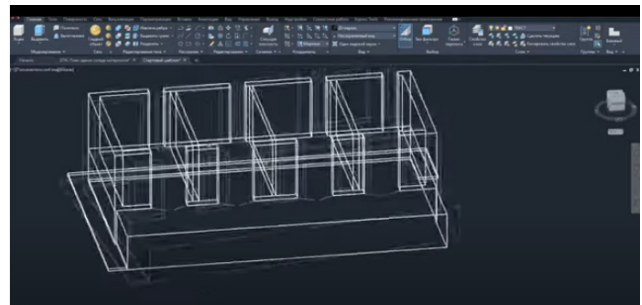


Рис. 8. Закладка фундаменту і основних будівельних конструкцій та обрисовка основних конструктивних елементів стін

Обрисовуємо основні конструктивні елементи в програмі AutoCad і за допомогою функції Витягування піднімаємо їх у програмі – витягуємо конструктивні елементи вікон, дверей (рис. 9).

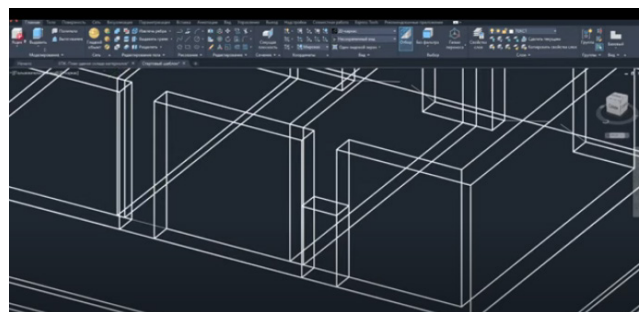


Рис. 9. Обрисовуємо і витягуємо двірні та віконні пройоми

Пристаємо до конструювання віконних проїмів за допомогою команди «Ящик». Обрисовуємо майбутні віконні проїми (рис. 10).

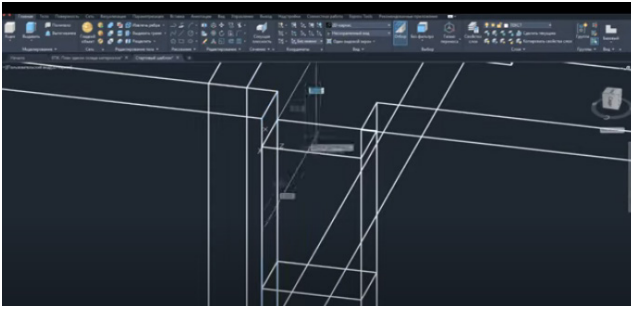


Рис. 10. Побудова в програмі двірних та віконних проїмів

Моделюємо у форматі 3-D проїом вікна закладуючі ширину проїома, довжину та відстань від підлоги до стелі (рис. 11).

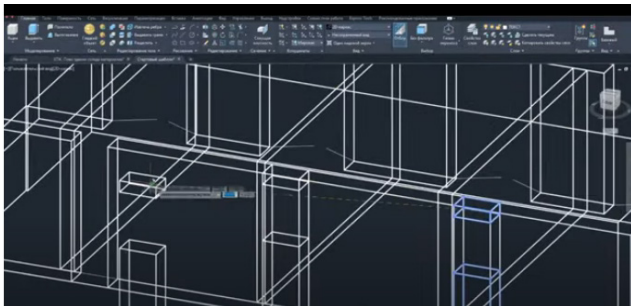


Рис. 11. 3-D моделювання проїмів з закладкою ширини і довжини кожного елемента

Копіюємо елементи віконних проїомів, які в будинку однакові і вставляємо їх в інші проїоми – отримуємо всі запроєктовані конструкції вікон (рис. 12).

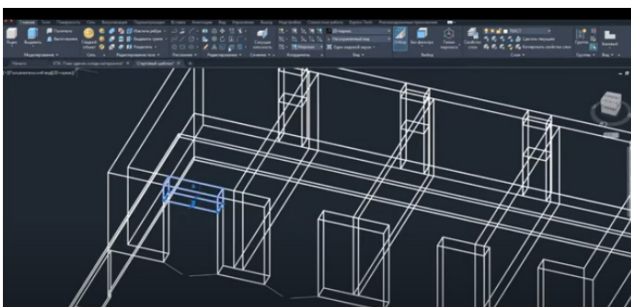


Рис. 12. Отримання всіх запроєктованих конструкцій вікон

Далі конструємо двірні проїоми і копіюємо та переносимо на всі стіни ці конструктивні елементи, отримуємо побудовану 3-D модель конструкції відбудови (рис. 13).

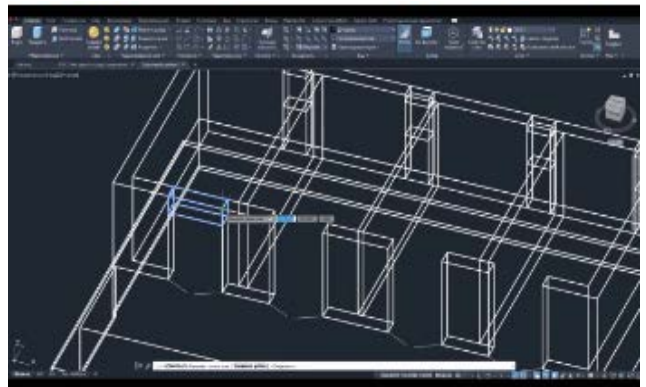


Рис. 13. Отримання конструктивних 3-D елементів відбудованої будівлі

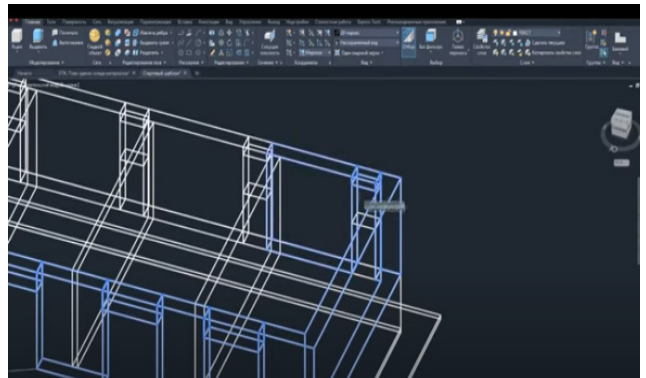


Рис. 14. Проектування двірних проїомів

Після отримання конструктивних 3-D елементів відбудованої будівлі. Виділяємо окремі 3-D тіла будівельної конструкції, копіюємо і вставляємо в конструктивні елементи відновленого будинку (рис. 15).

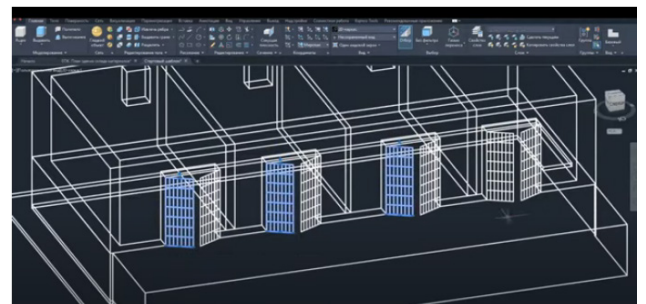


Рис. 15. Побудова 3-D тіла будівельної конструкції

Виділяємо двірні полотна та конструюємо їх у всіх двірних пройомах – отримуємо двірні 3-D тіла (рис. 16).

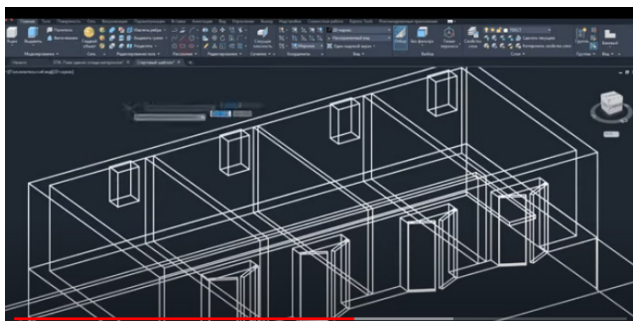


Рис. 16. Коструювання 3-D тіла двірних проїомів

Задавши товщину конструктивних елементів будуємо далі 3-D - модель відновлення пошкодженого війною будинку. Далі моделюємо заповнення стін будівельними матеріалами і отримуємо побудовану 3-D конструкцію будівлі із заповненими стінами та вікнами (рис. 17).

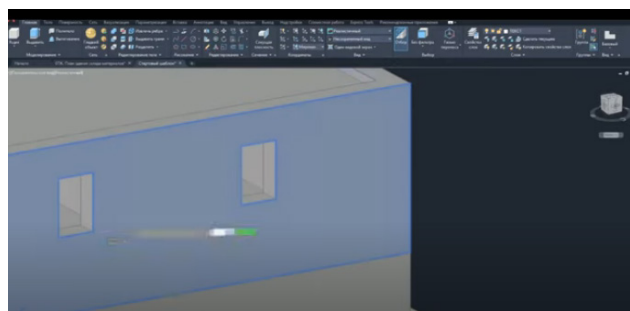


Рис. 17. Побудована 3-D конструкція будівлі із заповненими стінами та вікнами

Такий метод відновлення може бути застосований у будь-якій країні, у будь-якій час. Цей метод 3-D сканування пошкоджених будівель дає змогу визначити ступінь пошкодження і порахувати обсяги будівельних матеріалів. Методи 3-D моделювання відновлення будівель дає можливість приймати швидкі управлінські рішення щодо відновлення та відбудови нашої Держави

Висновки

1. Проведення 3D-сканування для збереження об'єктів, що відносяться до архітектурної культурної спадщини у цифровому вигляді потрібно для створення єдиної бази даних культурного заповідання.

2. Проведення робіт з 3-D сканування є вкрай необхідним в часи війни, оскільки є високий ризик пошкодження або зруйнування таких неповторних історичних будівель.

3. Спираючись на досвід іноземних колег, можемо стверджувати, що це дуже потрібно для подальшої фотофіксації у цифровому вигляді найцінніших історичних об'єктів, які можна відтворити тільки за 3-D зображенням.

4. На основі 3D-моделювання за допомогою програмних засобів можна з високою точністю відновлювати зруйновані війною будівлі, які .

5. Такий підхід до збереження історико-культурної спадщини відкриває нові перспективи відтворення втрачених об'єктів культурної спадщини України.

Література

- Мережко, А. Закордонний досвід реновації історичної житлової забудови. // Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування, №66, Київ 2023р. Стор. 179–190. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.66.179-190>
- Шумаков І.В., Табачников С.В., Наливайко Т.А., Дорожко Є.В., Наливайко Т.Т. Інноваційні методи планування і реконструкції будівель історичної спадщини з використанням 3-D сканера // Науково-технічний збірник "Комунальне господарство міст", Серія: Технічні науки та архітектура, Том 4, Вип. 178. ХНУМГ ім О.М. Бекетова Харків 2023, С.65-71
- For the history of architectural conservation in general and the origins of national practices in Italy, France, England and the German States through the early twentieth century, see: John H. Stubbs, Time Honored: A Global View of Architectural Conservation (Wiley & Sons: Hoboken, 2009), 183–226.
- Giovanni Carbonara (compiler), Trattato di Restauro Architettonico, vols. 1-11 (Torino: UTET, 1996-2008).
- John H. Stubbs, Emily G. Makaš. Architectural conservation in Europe and the Americas: national experiences and practice / John H. Stubbs, Emily G. Makaš. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. – 754 с.
- Jukka Jokilehto. A History of Architectural Conservation / Jukka Jokilehto. – Great Britain: LIBERfabrica, 2002. – 354 с.
- Казаченко В.А. ПС-технології в особливостях планування забудови крупних міст європейських країн в XVIII – XIX ст. // Вісник Харківського автомобільно-дорожнього університету Вип.92 т.2 Харків ХНАДУ 2021 р с.98-103
- В. Казаченко, М. Лобко-Зампассі Виявлення схожості планування та оздоблення міської забудови України та Європейських країн // Комунальне господарство міст Наук.техн.збірник серія технічні науки та архітектура Випуск 173 Т-6/ Харків ХНУМГ ім.Бекетова 2022 с. с.49-53
- Л.М. Казаченко, В.А. Казаченко, М. Лобко-Зампассі, Д.А. Казаченко Іноваційні методи відновлення та відбудови будівель і споруд у післявоєнні часи роботом-3D принтером // Нові технології в будівництві №41 2022 Київ КНУБА 2022 С.21-28
- Сунак П.О., Синій С.В., Мельник Ю.А. Ксьоншкевич Л.М., Крантовська О.М., Орешкович Магія, Реконструкція інженерних споруд та мереж, ландшафту на основі технології лазерного сканування // "Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві", Вип.18, 2022 с.147-161 [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-16)

References

1. Merezhko, A. Foreign experience of renovation of historical residential buildings. // Contemporary problems of Architecture and Urban Planning, No. 66, Kyiv 2023. Page 179–190. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.66.179-190>
2. Shumakov I.V., Tabachnikov S.V., Nalyvaiko T.A., Dorozhko E.V., Nalyvayko T.T. Innovative methods of planning and reconstruction of buildings of historical heritage using a 3-D scanner // Scientific and technical collection "Utility management of cities", Series: Technical sciences and architecture, Volume 4, Issue. 178. XNUMG named after O.M. Beketova, Kharkiv 2023, pp. 65-71
3. For the history of architectural conservation in general and the origins of national practices in Italy, France, England and the German States through the early twentieth century, see: John H. Stubbs, Time Honored: A Global View of Architectural Conservation (Wiley & Sons: Hoboken, 2009), 183–226.
4. Giovanni Carbonara (compiler), Trattato di Restauro Architetonico, vols. 1-11 (Torino: UTET, 1996-2008).
5. John H. Stubbs, Emily G. Makaš. Architectural conservation in Europe and the Americas: national experiences and practice / John H. Stubbs, Emily G. Makaš. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. – 754 c.
6. Jukka Jokilehto. A History of Architectural Conservation / Jukka Jokilehto. – Great Britain: LIBERfabrica, 2002. – 354 c.
7. Kazachenko V.A. GIS technologies in the peculiarities of planning the development of large cities of European countries in the XVIII - XIX centuries. // Bulletin of the Kharkiv Automobile and Road University Issue 92 vol. 2 Kharkiv Khnadu 2021 p. 98-103
8. V. Kazachenko, M. Lobko-Zampassi Identification of similarities in the planning and decoration of urban buildings of Ukraine and European countries // Communal management of cities Science and technology collection series of technical sciences and architecture Issue 173 T-6/ Kharkiv KhNUMG named after Beketov 2022 p. . pp. 49-53
9. L.M. Kazachenko, V.A. Kazachenko, M. Lobko-Zampassi, D.A Kazachenko Innovative methods of restoration and reconstruction of buildings and structures in post-war times with a robot-3D printer // New technologies in construction #41 2022 Kyiv KNUBA 2022 P.21-28
10. Sunak P.O., Sinii S.V., Melnyk Yu.A. Ksionshkevich L.M., Krantovska O.M., Oreshkovich Matia, Reconstruction of engineering structures and networks, landscape based on laser scanning technology // "Modern technologies and calculation methods in construction", Issue 18, 2022 p. 147-161 [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-16)

GIS TECHNOLOGIES AND 3-D MODELING FOR RESTORATION OF DAMAGED CITIES

Abstract. Residential buildings and historical buildings of Ukrainian cities damaged by the military actions of the Russian Federation need to be restored as soon as possible. This requires construction materials, funds, time, and construction specialists. There are historical buildings that require sculptors, artists, restorers, i.e. specialists of a very narrow specialty, to restore them in the form in which they were created. In our time of computer technology, geographic information systems and 3-D modeling, it is possible to reproduce such buildings without spending a lot of resources. The use of a construction 3-D printer as an alternative in the construction business can greatly contribute to the restoration and reconstruction of damaged housing, while using as a construction mixture the crushed construction debris that remains after the bombing of our cities. Application of laser 3-D scanning of damaged buildings, computer processing of the results makes it possible to determine the degree of damage, calculate costs and select building materials. The latest methods and technologies, computer software tools make it possible to program the restoration of damage to buildings. 3-D modeling of damaged residential buildings, historic buildings and structures helps to rebuild them as soon as possible. The built 3-D model of the destroyed building shows the possibilities of software tools in reconstruction. Conducting a 3D scan to preserve objects related to architectural cultural heritage in digital form is required to create a single database of cultural heritage. 3-D scanning work is essential in times of war, as there is a high risk of damage or destruction to such unique historic buildings. Based on the experience of foreign colleagues, we can say that this is very necessary for further digital photo-fixation of the most valuable historical objects, which can be reproduced only by 3-D image. On the basis of 3D modeling, with the help of software, it is possible to restore with high accuracy the buildings destroyed by the war, which . This approach to the preservation of the historical and cultural heritage opens up new prospects for the reproduction of the lost objects of the cultural heritage of Ukraine.

Key words: 3D modeling, GIS technologies, reconstruction of damaged housing.

Kazachenko L.M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Road Design, Geodesy and Land Management Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

Kazachenko D.A.

Teacher at the Road Design, Geodesy and Land Management Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

Kazachenko V.A.

Postgraduate Student at the Department of Urban Construction of the Educational and Scientific Institute for the Training of Highly Qualified Personnel, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv

Lobko-Zampassi M.

Assistant at the department of "Fine Art and Design" O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv