

УДК 69.059.6.

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.220222.21.829

ПРЕДМЕТНА ГАЛУЗЬ ДЕМОНТАЖУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД І ПЕРЕДУМОВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

БІЛОКОНЬ А. І.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,

НЕСЕВРЯ П. І.², канд. техн. наук, доц.,

НАУМОВ В. О.³, асп.

^{1*} Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

² Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 770-79-21, e-mail: nesevrya.pavlo@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2371-7381

³ Кафедра організації та управління будівництвом, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (066) 380-94-39, e-mail: naumov.vladyslav@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0355-6472

Анотація. Постановка проблеми. Стаття розглядає проектування демонтажу та утилізації будівель та споруд. Знесення розглядається як винятковий захід, пов'язаний з містобудівними та іншими об'єктивними обставинами, спрямований на реновацію та підвищення ефективності використання територій. Показано, що проблема оновлення, трансформації та стратегічного розвитку територій – це безперервний процес. Він пов'язаний, насамперед, із змінами знань, технологій, появою нових матеріалів та можливостей, а також новим уявленням про якість довкілля. **Мета роботи** – виконати аналіз літературних джерел на тему дослідження, сформулювати системне уявлення про накопичені знання в галузі демонтажу та ліквідації будівель та споруд та сформулювати передумови проведення подальших досліджень. **Об'єкт дослідження** – процеси проектування етапу виведення з експлуатації та ліквідації будівель та споруд. **Предмет дослідження** – методичні положення, інструменти та дії, пов'язані із забезпеченням ефективності та безпеки демонтажу будівель та споруд. Всі наукові роботи в цій галузі можна об'єднати у три напрямки: проектування будівель та споруд під розбирання; виконання демонтажу будівель та споруд; утилізація конструкцій будівель та споруд. Ефективність проектування будівлі під розбирання пов'язують, насамперед, із моделюванням конструктивних схем будівель, що забезпечують високий рівень трансформації та деконструкції. При спочатку спроектованих для деконструкції будинках можна успішно відновити набагато більше матеріалів для повторного використання. Це дає значні економічні та екологічні переваги. Виконання демонтажу будівель та споруд представлено у наукових фахових виданнях прикладами застосування різних технологій і методів знесення. У проектуванні технологій та прийнятті основних рішень щодо демонтажу та руйнування елементів будівель особливий наголос робиться на контрольованість, безпеку та ефективність процесу. Проектування етапу розбирання/знесення будівель та споруд вимагатиме додаткових досліджень та технологічних можливостей ВІМ. Розглянуті в публікаціях технології та методи знесення та їх застосування не дають об'єктивного уявлення та корисних орієнтирів для проектування. На нашу думку, необхідно продовжити дослідження щодо узагальнення досвіду, пошуку закономірностей, створення на їх основі інструментів і процедур для обґрунтування прийняття рішень. Запропоновано для кращого розуміння проблеми та пошуку можливостей її вирішення низку конкретних завдань.

Ключові слова: проектування демонтажу та зносу будівель та споруд; основні проектні рішення щодо способу ведення робіт

SUBJECT AREA OF DISMANTLING BUILDINGS AND STRUCTURES AND BACKGROUND FOR FURTHER RESEARCH

BILOKON A.I.^{1*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,

NESEVRIA P.I.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

NAUMOV V.O.³, Postgraduate Stud.

^{1*} Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: belokon0604@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7332-1177

² Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (066) 770-79-21, e-mail: nesevrya.pavlo@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-2371-7381

³ Department of Construction Organization and Management, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (066) 380-94-39, e-mail: naumov.vladyslav@pgasa.dp.ua _ORCID ID: 0000-0002-0355-6472

Abstract. Problem statement. The paper is devoted to the design of dismantling and disposal of buildings and structures. Demolition is considered as an exceptional measure related to urban planning and other objective circumstances, aimed at renovation and improving the efficiency of the use of territories. It is shown that the problem of renewal, transformation and strategic development of territories is a continuous process. It is associated primarily with changes in knowledge, technology, the emergence of new materials and capabilities, as well as a new understanding of the quality of the environment. **Purpose of the article.** Perform an analysis of literary sources on the research topic, form a systematic understanding of the accumulated knowledge in the field of dismantling and liquidation of buildings and structures, and formulate the prerequisites for further research. The object of the study is to design processes for the stage of decommissioning and liquidation of buildings and structures. **Subject of study.** Methodological provisions, tools and actions related to ensuring the efficiency and safety of dismantling and liquidation of buildings and structures. It is shown that all scientific work in this area can be combined into three areas: design of buildings and structures for dismantling; dismantling of buildings and structures; utilization of structures of buildings and structures. The effectiveness of designing a building for dismantling is associated, first of all, with the modeling of structural schemes of buildings that provide a high degree of transformation and deconstruction. With buildings originally designed for deconstruction, many more materials can be successfully recovered for reuse. This provides significant economic and environmental benefits. The dismantling of buildings and structures is presented in scientific publications by works on the practical application of various demolition technologies and methods. When designing technologies and making major decisions on the dismantling and destruction of building elements, special emphasis is placed on the controllability, safety and efficiency of the process. The performed research allowed to form a systematic understanding of the subject area of dismantling buildings and structures. It is shown that the problem of demolition is a multifaceted, multifunctional, interdisciplinary problem. Its solution will require the efforts and coordination of many specialists from different fields and professions. The design of the dismantling/demolition of buildings and structures will require additional research and technological capabilities of BIM. The demolition technologies and methods discussed in the publications, and their application, do not have sufficient justification. They do not provide an objective view or useful guidelines for design. They are particular examples, and regularities, as you know, are manifested in mass phenomena. According to the authors, it is necessary to continue research in terms of generalizing experience, searching for patterns, creating tools and procedures based on them to justify decision-making. It is proposed, for a better understanding of the problem and the search for opportunities to solve it:

- to form a set of representative objects based on implemented projects;
- to form databases on representative objects regarding the features of the objects and the characteristic features of the decisions made;
- determine the most important features of the object and features of the site conditions that determine the quality of decisions made;
- develop technological means of accumulating, storing and searching for relevant documents, possible alternative solutions;
- propose a mechanism for comparing alternatives and choosing a final solution.

The solution of these tasks will allow the development teams, the customer and all interested parties to make effective and safe decisions on the demolition and dismantling of buildings and structures promptly, most importantly, objectively, reasonably and convincingly.

Keywords: *design of dismantling and demolition of buildings and structures; the main design decisions on the method of conducting work*

Актуальність теми дослідження. У наукових доповідях, публікаціях та дослідженнях дедалі частіше порушується тема знесення будівель та споруд. Проблема знесення привертає увагу не тільки будівельників та архітекторів, а й фахівців у галузі екології, охорони праці, будівельних матеріалів, управління, економіки та права, політики, та, що найпримітніше, – філософії. Ця тенденція притаманна як загалом для світової практики, так і для України зокрема.

Знесення передбачає контрольовану ліквідацію будівлі (споруди) шляхом

розбирання та обвалення конструкцій. При цьому знесення вважається винятковою мірою, пов'язаною з містобудівними та іншими об'єктивними обставинами (високим фізичним та моральним зносом, аварійним станом будівлі та ін.), спрямованими на реновацію та підвищення ефективності використання території.

Не може будь-яка дисципліна, зокрема, і така як створення об'єктів забезпечення життєдіяльності людини, спрямована на своє (в результаті) кінцеве знищення. Вважається, що трансформація та поліпшення

середовища – це безперервний та взаємопов'язаний процес. І пов'язаний він насамперед із зміною знань, технологій, появою нових матеріалів та можливостей, а також новим уявленням про якість довкілля.

Еволюційний підхід (коли все застаріле, що віджило, неефективне, має відійти і поступитися дорогою новому, життєздатному) розглядає знесення як проміжну ланку, як крок на шляху до створення нових можливостей.

Отож актуальність теми дослідження не викликає сумніву, що проблема трансформації, оновлення та стратегічного розвитку територій існуватиме завжди, а діяльність у цій галузі наповнюватиметься все новими сенсами.

Мета роботи – виконати аналіз літературних джерел на тему дослідження, сформувавши системне уявлення про накопичені знання в галузі демонтажу та ліквідації будівель та споруд та сформулювати передумови проведення подальших досліджень.

Об'єкт дослідження – процеси проектування етапу виведення з експлуатації та ліквідації будівель та споруд.

Предмет дослідження – методичні положення, інструменти та дії, пов'язані із забезпеченням ефективності та безпеки демонтажу і ліквідації будівель та споруд.

Аналіз літератури. Аналіз наукових публікацій на тему дослідження дозволяє сформувавши уявлення про предметну галузь накопичених знань, що стосуються проблеми демонтажу та ліквідації будівель та споруд.

Усі наукові роботи у цій галузі можна об'єднати в низку напрямів, таких як:

- проектування будівель та споруд для демонтажу;
- виконання демонтажу будівель та споруд;
- утилізація конструкцій будівель та споруд.

У першому напрямку слід виділити роботи, що стосуються:

- проектування виведення з експлуатації та утилізації конструкцій будівель;
- проектування будівель та споруд з високим ступенем трансформації та будівель, де велика місткість деконструкції елементів.

Другий напрямок – це роботи, що розглядають:

- технології знесення;
- проектування демонтажу будівель та споруд.

І третій напрямок – наукові роботи, які стосуються проблеми утилізації продуктів знесення будівель та споруд, у тому числі:

- загальне управління відходами;
- політики у сфері управління відходами;
- правового та нормативного забезпечення управління відходами.

Проектування виведення з експлуатації будівель та споруд стосується таких аспектів:

- технічна експертиза залишкового ресурсу будівель [1–3];
- оцінювання кількості та якості матеріалів (продуктів знесення) з урахуванням їх подільності [2].

Вчасно проведена технічна експертиза може бути законною підставою для зняття з балансу та подальшого демонтажу будівель та споруд або може вказати на наявні резерви для подальшої їх експлуатації [1].

Для проектування подальшого використання будівельних матеріалів, отриманих під час демонтажу будівель та споруд, потрібна інформація про точний склад (кількість та якість) матеріалів.

Для визначення геометрії будівлі та кількості матеріалу використовується технологія лазерного сканування, а для визначення якості матеріалу проводиться детальне дослідження будівлі, включаючи детонацію та свердління керна.

У висновку складається відомість матеріалів, доступних для повторного використання.

За допомогою механізму виведення з експлуатації та зняття з балансу будівель і споруд, що відпрацювали свій технічний ресурс, досягається значне зниження матеріальних витрат під час експлуатації непрацюючих будівель і споруд [2].

Загальна оцінка залишкового терміну служби існуючих конструкцій може бути складена шляхом аналізу стану як окремих елементів, так і їх взаємодії (спільної роботи) всередині структурної системи [3].

Такий підхід дозволяє пов'язати зношування окремого елемента з поведінкою

конструкції в цілому і зрозуміти, як взаємодія елементів може вплинути на залишковий термін служби конструкції, щоб забезпечити оцінювання фактичного стану будівлі і таким чином зробити прогноз зміни майбутніх характеристик.

Ефективність проектування будівель під розбирання пов'язують насамперед із моделюванням конструктивних систем будівель, що забезпечують високий рівень трансформації та деконструкції [4; 5; 7; 9].

Наразі більшість будівель не призначені для розбирання. Можливості BIM дозволяють спроектувати оптимальну будівлю за критерієм деконструкції [7].

У будинках, спочатку спроектованих для деконструкції, можна успішно відновити набагато більше матеріалів для повторного використання. Це дасть значні економічні та екологічні переваги.

Сучасний етап розвитку будівництва немислимий без урахування теорії повного життєвого циклу будівель та споруд. Особливо тут важливий етап демонтажу та утилізації об'єкта.

Останній стадії донедавна приділялося недостатньо уваги. Особливо актуальним постає питання проектування утилізації відходів знесення в будівництві. Вирішенням проблеми могло стати створення нормативної бази вилучення вторинних матеріалів і повторного їх використання [4].

У ході дослідження [5] проаналізовано кількісні дані щодо діяльності з повторного використання, переробки та демонтажу будівельних матеріалів. Мета – у визначенні показників можливого повторного використання та вторинної переробки будівлі.

Ці показники можна використовувати у будівельних нормах і державних субсидіях, спрямованих на стимулювання діяльності з демонтажу.

Як тільки такі показники будуть чітко визначені, зацікавлені сторони будівельної галузі отримають міцнішу основу для процесу прийняття рішень щодо демонтажу та проектування будівель під розбирання.

Для створення конструкцій і будівель з високою здатністю до трансформації і потенціалом демонтажу необхідно зосередити більше зусиль на розробленні

збірних елементів і систем будівель і споруд для підтримки потенціалу перетворення на стадії можливого демонтажу [6].

Збірні елементи та системи можуть стати відправною базою, яка забезпечить розроблення матеріалів та елементів для повторного використання та зробить процес розбирання економічно, екологічно та соціально здійсненним.

Початкове проектування будівель та споруд на основі теорії повного життєвого циклу з урахуванням етапу демонтажу та утилізації об'єкта – важливий елемент політики поводження з відходами.

Це вимагатиме нових досліджень та розробок у напрямку створення інструментів та технологічних можливостей BIM для проектування та управління будівельними відходами [8].

Прикладом успішного вирішення питань щодо утилізації та загального управління відходами може бути компанія AZS (Чеська Республіка) [9]. За 2011–2015 рр. вторинна переробка відходів збільшилася у 1,6 раза.

Спроба узагальнити актуальні тенденції у сфері переробки будівельних відходів здійснена у праці [10].

Автори звертають увагу на кількість статей із цієї проблеми, яка зросла з 3–5 у 2010–2011 рр. до 25–30 у 2019–2020 рр., що явно свідчить про великі зміни за 10 років у практиці поводження з будівельними відходами. Виконано контент-аналіз публікацій, який охоплював такі аспекти: мету, методологію, практичне застосування та ін.

На думку авторів [11], є необхідність ширшого аналізу глобальних потоків постачання сировини та матеріалів, щоб урахувати їх вплив на весь життєвий цикл та збільшення терміну служби конструкцій будівель.

Розробникам політики у сфері управління відходами має бути доступна низка заходів, що сприяють упровадженню економіки замкнутого циклу. Нижче наведено приклади загальних заходів, які можуть бути визначені як надійні інструменти політики.

Вторинні матеріали повинні мати конкурентні ціни, наприклад, за допомогою таких інструментів як зелені податки. Їх

також необхідно зайняти ринками, що повністю функціонують, підтримують такі заходи як зелені державні закупівлі для створення на них попиту.

Стандартизація вторинної сировини (для початку хоча б на національному рівні) допоможе підняти рівень довіри до цих матеріалів.

Комунікація між зацікавленими сторонами, обмін та зберігання інформації полегшать прийняття рішень щодо зносу або ремонту та переобладнання. Дослідження та розроблення технологічних рішень із наголосом на рециркуляцію можуть збільшити повторне використання будівельних компонентів та запобігти утворенню відходів за рахунок збільшення терміну служби конструкцій.

Характерні зміни у законодавстві та політиці Великобританії за останні два десятиліття спрямовані на зміну національного законодавства відповідно до вимог директив ЄС щодо відходів.

Як говориться у статті [12], стратегія стосовно відходів для Великобританії залежить від вжитої ієрархії заходів.

Переважний порядок поведження з відходами відповідно до прийнятої ієрархії такий:

1. Запобігання утворенню відходів.
2. Підготовка до повторного використання.
3. Переробка.
4. Відновлення за рахунок рекуперації енергії та іншими методами.
5. Утилізація (останній засіб).

Найбільш впливовими заходами з управління відходами були: SWMP 2008 (спеціальний закон про відходи) та схема оподаткування полігонів, покликані гарантувати замовникам та підрядникам будівництва можливість завчасного планування та раціонального управління відходами, у той час як податок на поховання відходів служить стимулом для їх повторного використання з метою скорочення витрат на утилізацію на полігонах.

Етап виконання демонтажу будівель та споруд представлений у наукових виданнях роботами, що відображають застосування на

практиці різних технологій та методу знесення.

Розглядаючи знесення як етап, що передує основному будівництву, низка авторів у своїх публікаціях приділяють увагу питанням проектування технології та прийняття основних рішень щодо демонтажу та руйнування елементів будівлі, роблячи особливий наголос на контрольованості, безпеці та ефективності процесу, широко використовуючи технологічні можливості BIM.

У працях [13; 14] викладено відповідні вимоги для забезпечення зазначених умов.

1. Необхідно виключити у процесі знесення будівель будь-які впливи на навколишнє середовище, прилеглі будівлі та населення.

2. У виборі методу демонтажу будівель слід керуватись факторами:

- призначення об'єкта;
- щільність навколишньої забудови;
- поверховість;
- конструктивна схема будівлі;
- стан;
- тип конструкцій;
- економічність;
- структурна стабільність;
- розташування стосовно довкілля тощо.

3. Для демонтажу об'єктів підвищеної поверховості в умовах щільної міської забудови раціонально застосовувати методи демонтажу, що чинять найменший вплив як на навколишнє середовище, так і на розташовані поблизу будівлі та споруди.

4. Компанія, яка здійснює демонтаж (знесення), має отримати документальне підтвердження відповідними актами, у яких зазначається відключення всіх систем електро-, водо-, повітропостачання, систем зв'язку, дистанційного та автоматичного управління [15].

5. Перед роботами зі знесення необхідно ретельно обстежити будівлю, щоб вона не могла завдати серйозної шкоди навколишньому середовищу та майну навколо будівлі.

6. Процедура знесення повинна проводитися так, аби мінімізувати ризики заподіяння шкоди людям та майну, створення загрози здоров'ю та безпеці

персоналу, шкоди навколишньому середовищу.

7. Демонтаж конструкцій слід здійснювати в такий спосіб, щоб можна було переробити максимальну кількість матеріалу.

Велику увагу в публікаціях приділено різним способам ведення робіт. Розглядаються способи із застосуванням різних видів алмазних канатів для механічного зрізання конструкцій у місцях їх монолітних з'єднань, відділенням та поелементним демонтажем [16].

Для руйнування масивів залізобетонних фундаментів застосовують способи:

- гідровибуховий, електрогідравлічний, гідророзколювання [14];

- для розбирання несних конструкцій, виконаних у монолітному варіанті, – термічний спосіб;

- руйнування та знесення панельних будівель виконують за допомогою екскаваторів-руйнівників, обладнаних гідравлічними ножицями [17].

Руйнування каркасних багатоповерхових будівель дуже енергоємне і вимагає застосування потужних стрілових та баштових кранів, але при цьому з'являється можливість фізичного збереження конструкцій та їх демонтажу [18].

Висока трудомісткість і, як наслідок, висока вартість робіт із ліквідації неексплуатованих будівель (споруд) способом поелементного демонтажу, а також досить проблематичне повторне використання конструкцій, що демонтуються, за призначенням дозволяють рекомендувати знесення неексплуатованих будівель (споруд) способом механічного обвалення [9].

Це найбільш безпечне та повністю механізоване технологічне рішення.

У статті [19] показано процес механічного знесення шляхом покрокового дослідження та обвалення конструкцій. Спочатку конструкція послаблюється в поперечному перерізі за допомогою різача, а потім її обвалюють із застосуванням бічного (горизонтального) навантаження. Демонтаж конструкцій у такий спосіб дозволяє переробити максимальну кількість матеріалу.

Використовуються технології «розумного» знесення [14; 15], що дозволяє підвищити безпеку та екологічність цього процесу, а також максимізувати переробку та повторне використання будівельних відходів.

Будівлю послідовно опускаються на висоту горизонту, що зноситься (на два поверхи), за допомогою спеціально встановленої гідравлічної ковзної опалубної системи, яка обв'язує і повторює периметр будівлі.

У статті [20] розглянуто виконання робіт для ліквідації багатоповерхової будівлі. Наведено техніко-економічні показники виконання демонтажних робіт, що здійснюються двома способами:

- поелементне розбирання;
- механічне знесення.

Результати дослідження показали таке.

Найбільш трудомісткий процес – це розбирання монолітних конструкцій вручну, тоді як трудомісткість механічного обвалення аналогічних конструкцій нижча у 9 разів. При цьому різниця в питомій вартості виконання робіт становить усього близько 36 %.

Разом із тим очевидна екологічна перевага способу поелементного розбирання, що полягає як у меншому пилоутворенні, так і меншій частці несортованого будівельного сміття. При цьому зберігається можливість фізичного збереження конструкцій та вторинного їх використання.

Частина елементів перекриттів використовувалася на будівельному майданчику під улаштування основи складів та внутрішньомайданчикових доріг.

Зазначається, що підвищена поверховість, щільність забудови, нові стандарти екологічної безпеки, посилення вимог до переробки відходів доводять перевагу методу поелементного демонтажу будівель.

Наведені матеріали публікацій та досліджень дають уявлення про стан проблеми та ступінь її вирішення.

Вони можуть бути покладені в основу системи знань щодо демонтажу та ліквідації будівель та споруд.

Предметна сфера демонтажу будівель та споруд

№ п/п	Сфери діяльності	Напрямки діяльності	Сенс діяльності, розуміння
1	Проектування будівель на основі теорії повного життєвого циклу	1.1. Проектування виведення з експлуатації та утилізації будівель	<ul style="list-style-type: none"> • Механізм виведення з експлуатації та зняття з балансу будівель та споруд • Технічна експертиза залишкового ресурсу будівель • Оцінювання якості та кількості матеріалу відходів з урахуванням розподілу
		1.2. Проектування будівель з високим ступенем трансформації	<ul style="list-style-type: none"> • BIM-технології
		1.3. Проектування будівель за критерієм їхньої деконструкції	<ul style="list-style-type: none"> • Деконструкція, можливість повторного використання елементів будівлі
2	Виконання демонтажу будівель та споруд	2.1. Застосування технології знесення	<ul style="list-style-type: none"> • Відображення практичного досвіду • Переробка максимальної кількості матеріалів • Кероване (контрольоване) знесення на основі показників • Безпечне та ефективне знесення
		2.2. Проектування, виконання демонтажу будівель та споруд	<ul style="list-style-type: none"> • Основні рішення з розбирання та руйнування • Інструменти проектування на основі BIM • Алгоритми прийняття рішень • Моделювання альтернатив із використанням технологічних можливостей BIM • Система допусків та сертифікації на виконання робіт • Технічна безпека та виключення шкідливих умов праці
3	Рециркуляція та утилізація конструкцій будівель та споруд	3.1. Загальне керування відходами	<ul style="list-style-type: none"> • Система утилізації будівельних відходів • Оптимізація проектування рішень керування будівельними матеріалами • Впровадження положень щодо утилізації та загального керування відходами • Переорієнтування використовуваних матеріалів до більш замкнутого застосування • Рециркуляція та рекуперация у поводженні з відходами • Розвиток комунікацій, накопичення та розповсюдження інформації між усіма зацікавленими сторонами
		3.2. Політика в галузі керування відходами, правове та нормативне забезпечення	<ul style="list-style-type: none"> • Повторне застосування • Впровадження економіки замкнутого циклу конкурентні ціни на вторинні матеріали • Зелені тарифи на рециркуляцію • Зелені податки на захоронення будівельних відходів • Функціонування ринку вторинних матеріалів • Зелені державні закупівлі • Стандартизація вторинної сировини (запровадження національних стандартів) • Запровадження вимог щодо використання вторинної сировини • Створення нормальної бази для використання вторинної сировини

Результати дослідження

Виконані дослідження дозволили сформулювати системне уявлення про предметну область демонтажу будівель та споруд (табл.).

Як бачимо, знесення споруд – це багатопланова, функціональна, міждисциплінарна проблема. Її рішення вимагатиме зусиль та координації дій багатьох фахівців із різних галузей та професій.

Потрібні зміни у політиці поводження з будівельними відходами, нові національні стандарти. Впровадження її елементів вимагатиме тривалого часу, безліч погоджень на законодавчому та виконавчому рівнях.

Проектування етапу розбирання (знесення) будівель та споруд вимагатиме додаткових досліджень та розроблення технологічних інструментів проектування із залученням можливостей BIM.

Кількість прикладів знесення будівель на практиці постійно зростає. Опубліковані матеріали досвіду мають поодинокий, несистемний та розрізнений характер.

Різноманітність вибору технологій та методів знесення та їх застосування не мають достатнього обґрунтування. Вони не дають об'єктивного уявлення та корисних орієнтирів для проектування.

На думку авторів цієї статті необхідно продовжити дослідження щодо узагальнення досвіду, пошуку

закономірностей, створення їх основі інструментів і процедур для обґрунтування прийняття рішень.

Висновки. Для кращого розуміння проблеми та пошуку можливостей її вирішення, на думку авторів, необхідно:

1. Сформулювати сукупність об'єктів-представників з урахуванням реалізованих проектів.

2. Сформулювати базу даних щодо об'єктів-представників (робочу документацію, включаючи проекти виконання робіт).

3. Узагальнити та систематизувати ознаки об'єктів та характерні ознаки рішень.

4. На основі експертного аналізу визначити найважливіші ознаки об'єкта та ознаки майданчика, що впливають на якість прийнятих рішень.

5. Розробити технології накопичення зберігання (упорядкування) та пошуку потрібної інформації (документів, можливих альтернатив вирішення).

6. Запропонувати механізм порівняння альтернатив та вибору остаточного рішення.

Вирішення перелічених питань дозволить оперативно, а головне, об'єктивно, аргументовано, переконливо для груп розробників, замовника та всіх зацікавлених сторін приймати ефективні та безпечні рішення щодо знесення будівель та споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Meliha Honic, Iva Kovacic, Philipp Aschenbrenner, Arne Ragossnig. Material Passports for the end-of-life stage of buildings : Challenges and potentials. *Journal of Cleaner Production*. Vienna, Austria.

2. Гарькина И. А., Гарькин И. Н. Техническая экспертиза: обоснование демонтажа зданий и сооружений. *Technical Sciences*.

3. Casprini E., Passoni C., Belleri A., Marini A., Bartoli G., Riva P. Demolition-and-Reconstruction or Renovation? Towards a Protocol for the Assessment of the Residual Life of Existing RC Buildings. 2019. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* Vol. 290. 2010. Pp. 0120.

4. Гончарова М. А., Борков П. В., Аль-Суррайви Х. Г. Х. Рециклинг крупнотоннажных бетонных и железобетонных отходов при реализации контрактов полного жизненного цикла. *Строительные материалы*. 2019. № 12. С. 52–57. URL: doi: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-51-57>.

5. Fernanda Cruz Riosa, Wai K. Chong, David Grau. Design for Disassembly and Deconstruction – Challenges and Opportunities. Arizona State University, University Drive & Mill Avenue, Tempe, AZ 85281, United States. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction.

6. Wasim Salama. Design of concrete buildings for disassembly : An explorative review. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2016. Leibniz University, Hannover 30419, Germany.

7. Хамитов Тагир Камилевич. Расчет несущей способности дымовой трубы при демонтаже. *Известия КГАСУ*. 2019. № 3 (49).

8. Енговатов И. А., Коваленко Ж. А. Специфика демонтажа зданий и сооружений, выводимых из эксплуатации АЭС. *Международный научно-исследовательский журнал*. № 12 (102), ч. 1. URL: doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.102.12.006>.
9. Terezie Vondráčková, Luboš Podolka and Věra Voštová. Handling construction waste of building demolition: MATEC Web Conf. Vol. 146. 2018. Pp. 03012. URL: doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814603012>;
10. Mesa J. A., Fúquene-Retamoso C., Maury-Ramírez A. Life Cycle Assessment on Construction and Demolition Waste : a systematic literature review. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. Pp. 7676. URL: <https://doi.org/10.3390/su13147676>
11. European Environment Agency (EU body or agency). Construction and demolition waste.
12. Adjei Solomon & Ankrah, Nii & Issaka Ndekugri. Review of construction and demolition waste management legislation in the UK. 2013.
13. Rathi Shweta & Khandve Pravin. Demolition of Buildings : an overview. *International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD)*. 2014. ISSN: 2348-4470.1.8.
14. Букунов А. С. Деконструкция на основе информационного моделирования. URL: doi:10.18720/SPBPU/2/id20-214
15. Бородин В. Б. Використання сучасних технологій руйнування будівельних конструкцій : зб. наук. пр. ДонНАБА, 2020. № 3.
16. Килина И. А., Ефимова Т. Ю. Специальные методы демонтажа зданий. *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*. 2019. № 2. С. 301–306.
17. Pavel Oleinik and Tatyana Kuzmina. The stages of demolition of buildings of the first industrial generation. *IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering*. Vol. 365. 2018. Pp. 062016. doi:10.1088/1757-899X/365/6/062016.
18. Топчий Д. В. Оценка корреляционной зависимости материалоемкости строительных конструкций различных типов производственных зданий, подлежащих демонтажу при перепрофилировании промышленных территорий. *European Research*. 2015. № 6 (7).
19. Walls Richard. Demolition of steel structures: structural engineering solutions for a more sustainable construction industry. 2017. URL: doi: 10.1007/978-3-319-48725-0_1.
20. Мазурин Д. М., Дементьева М. Е. Техничко-экономические показатели производства работ по демонтажу многоэтажного здания в условиях сложившейся застройки. *Вестник МГСУ*. 2021. Т. 16, вып. 6. С. 741–750. doi: 10.22227/1997-0935.2021.6.741-750.

REFERENCES

1. Meliha Honic, Iva Kovacic, Philipp Aschenbrenner and Arne Ragossnig. Material Passports for the end-of-life stage of buildings : Challenges and potentials. *Journal of Cleaner Production*. Vienna, Austria.
2. Garkina I.A. and Garkin I.N. *Tekhnicheskaya ekspertiza: obosnovaniye demontazha zdaniy i sooruzheniy* [Technical expertise: justification for the dismantling of buildings and structures]. Technical Sciences. (in Russian).
3. Casprini E., Passoni C., Belleri A., Marini A., Bartoli G. and Riva P. Demolition-and-Reconstruction or Renovation? Towards a Protocol for the Assessment of the Residual Life of Existing RC Buildings. 2019. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. Vol. 290, 2010, pp. 0120.
4. Goncharova M.A., Borkov P.V., Al-Surrayvi H.G.Kh. *Retsikling krupnotonnazhnykh betonnykh i zhelezobetonnykh otkhodov pri realizatsii kontraktov polnogo zhiznennogo tsikla* [Recycling of large-tonnage concrete and reinforced concrete wastes in the implementation of full life cycle contracts]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2019, no. 12, pp. 52–57. URL: doi: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-51-57>. (in Russian).
5. Fernanda Cruz Riosa, Wai K. Chong and David Grau. Design for Disassembly and Deconstruction – Challenges and Opportunities. Arizona State University, University Drive & Mill Avenue, Tempe, AZ 85281, United States. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction.
6. Wasim Salama. Design of concrete buildings for disassembly: An explorative review. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2016, Leibniz University, Hannover 30419, Germany.
7. Khamitov Tagir Kamilevich. *Raschet nesushchey sposobnosti dymovoy truby pri demontazhe* [Calculation of the bearing capacity of the chimney during dismantling]. *Izvestiya KGASU* [Izvestiya KGASU]. 2019, no. 3 (49). (in Russian).
8. Engovatov I.A. and Kovalenko Zh.A. *Spetsifika demontazha zdaniy i sooruzheniy, vyvodimyykh iz ekspluatatsii AES* [The specificity of dismantling buildings and structures decommissioned by NPP]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Research Journal]. No. 12 (102), part 1. URL: doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.102.12.006>. (in Russian).
9. Terezie Vondráčková, Luboš Podolka and Věra Voštová. Handling construction waste of building demolition: MATEC Web Conf. Vol. 146, 2018, pp. 03012. URL: doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814603012>.
10. Mesa J.A., Fuquene-Retamoso C. and Maury-Ramírez A. Life Cycle Assessment on Construction and Demolition Waste : a systematic literature review. *Sustainability*. 2021, vol. 13, pp. 7676. URL: <https://doi.org/10.3390/su13147676>.
11. European Environment Agency (EU body or agency). Construction and demolition waste.

12. Adjei Solomon & Ankrah, Nii & Issaka Ndekugri. Review of construction and demolition waste management legislation in the UK. 2013.
13. Rathi Shweta & Khandve Pravin. Demolition of Buildings : an overview. International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD). ISSN: 2348-4470.1.8.
14. Bukunov A.S. *Dekonstruksiya na osnove informatsionnogo modelirovaniya* [Deconstruction based on information modeling]. URL: doi:10.18720/SPBPU/2/id20-214. (in Russian).
15. Borodin V.B. *Vykorystannya suchasnykh tekhnolohiy ruynuvannya budivel'nykh konstruksiy : zb. nauk. pr. DonNABA* [Victory of modern technologies of revolutionary designs : coll. of sc. works of DonNABA]. No. 3, 2020 (21). (in Ukrainian).
16. Kilina I.A. and Efimova T.Yu. *Spetsial'nyye metody demontazha zdaniy* [Special methods for dismantling buildings]. *Sovremennyye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika* [Modern Technologies in Construction. Theory and Practice]. 2019. no. 2, pp. 301–306. (in Russian).
17. Pavel Oleinik and Tatyana Kuzmina. The stages of demolition of buildings of the first industrial generation. IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering. Vol. 365, 2018, pp. 062016. URL: doi:10.1088/1757-899X/365/6/062016.
18. Topchiy D.V. *Otsenka korrelyatsionnoy zavisimosti materialoyemkosti stroitel'nykh konstruksiy razlichnykh tipov proizvodstvennykh zdaniy, podlezhashchikh demontazhu pri pereprofilirovanii promyshlennykh territoriy* [Evaluation of the correlation dependence of the material consumption of building structures of various types of industrial buildings subject to dismantling during the conversion of industrial territories]. European Research. 2015, no. 6 (7). (in Russian).
19. Walls Richard. Demolition of steel structures: structural engineering solutions for a more sustainable construction industry. 2017. URL: doi: 10.1007/978-3-319-48725-0_1.
20. Mazurin D.M. and Dementieva M.E. *Tekhniko-ekonomicheskiye pokazateli proizvodstva rabot po demontazhu mnogoetazhnogo zdaniya v usloviyakh slozhivsheysya zastroyki* [Technical and economic indicators of work on the dismantling of a multi-storey building in the conditions of the current development]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MBSU]. 2021, vol. 16, iss. 6, pp. 741–750. URL: doi: 10.22227/1997-0935.2021.6.7. (in Russian).

Надійшла до редакції: 13.02.2022.