

Іван ПЕРЕГІНЕЦЬ¹,

канд. техн. наук, директор

ORCID: 0000-0003-3812-6509

Костянтин ДІКАРСЬ²,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-9107-3667

Олена КОВАЛЬ²,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-7805-6811

Артем КОВАЛЬ²,

аспірант кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій

ORCID: 0009-0006-6989-5553

¹НТЦ Академії будівництва України, м. Київ

²Український державний університет науки і технологій, ННІ
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпро

ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИКОНАННІ ДЕМОНТАЖНИХ РОБІТ ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

Стаття розглядає інноваційні методи організації технологічних та управлінських процесів при виконанні демонтажних робіт зруйнованих будівель і споруд. Дана тема є актуальною для відновлення житлового фонду, промислових, адміністративних та комерційних споруд, інфраструктури населених пунктів, що були розрушені в наслідок російської військової агресії. В даній роботі значну увагу приділено технічним аспектам виконання демонтажу, які забезпечують ефективне виконання технологічного процесу, а також екологічним вимогам, спрямованим на декарбонізацію зі зменшенням негативного впливу на довкілля. Висвітлено методи управління будівельним сміттям, які включають рециклінг з: утилізації, переробки та повторного використання отриманої сировини. Запропоновано оптимальні алгоритми виконання робіт з демонтажу конструктивних елементів, які враховують вдосконалені принципи безпеки та зводять до мінімуму ризики для людей та оточуючого середовища. Проведено економічний аналіз ефективності та екологічної доцільності застосування різних методів та технологій демонтажу, розглянуто їх вплив на якість вторинної продукції. Наведено приклади використання спеціальної техніки, інвентарю та роботизованих систем з дистанційним управлінням виконанням демонтажних робіт. Досліджено вплив організаційних та технологічних рішень на якість та швидкість виконання робіт і їхню екологічну складову. Розкрито принципові відмінності між традиційними та новітніми методами демонтажу з акцентом на впровадженні інтегрованих інноваційних підходів до виконання робіт. Доведено економічно-екологічна доцільність використання вторинного ресурсу у нових будівельних проектах як елементу замкненого циклу, що забезпечує сталий розвиток територій громад.

Отримані результати роботи можуть бути використані для розробки місцевих та регіональних планів відновлення територій, вдосконалення технологій робіт, нормативної бази, формування загальнодержавної та регіональних

стратегій розбудови.

Ключові слова: *демонтаж будівель, утилізація будівельного сміття, зруйновані об'єкти нерухомості, переробка матеріалів, екологічна безпека, державна стратегія, сталий розвиток, інноваційні технології, управління будівельними відходами, вторинне використання матеріалів, рециклінг.*

Вступ. Військові агресія на території України завдає значних втрат житловій, дорожній та інженерній інфраструктурі. За офіційними даними Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, внаслідок бойових дій, зруйновано понад 150 тисяч об'єктів нерухомості, включаючи житлові будинки, промислові, цивільні та комерційні споруди, а також об'єкти критичної інфраструктури. Серед найбільш постраждалих регіонів – Київська, Харківська, Донецька, Луганська, Сумська та Херсонська області. Така масштабність руйнувань потребує розробки комплексного підходу до організації демонтажних робіт пошкоджених об'єктів з послідовною утилізацією будівельного сміття. Розробка державної стратегії демонтажу та утилізації будівельних конструкцій, загальною масою понад 200 000 000 тон, є невідкладним завданням, адже цей процес має бути не лише з метою відновлення, а й зменшення екологічного, соціального та економічного негативних впливів. Зокрема, ефективне управління відходами демонтажу може зменшити обсяги будівельного сміття, запобігти забрудненню довкілля та сприяти повторному використанню матеріалів, створити нові робочі місця, що є ключовими принципами сталого розвитку громад і територій. Одночасно з цим, без належного планування, існують ризики неконтрольованого виникнення полігонів з відходами будівельного сміття і значних втрат дорогоцінних ресурсів.

У міжнародній практиці реалізовано низку успішних державних програм, що можуть слугувати прикладом створенню вітчизняної української демонтажу та утилізації та поводження з відходами такого типу. Наприклад:

1. Програма Smart Demolition у Нідерландах. Уряд цієї країни реалізував програму, спрямовану на раціональне розбирання будівель із максимальним збереженням матеріалів для повторного використання. Так застосування відповідних технологій сортування сміття безпосередньо на місці демонтажу, дає до 90% матеріалів повторного використання.

2. Circular Economy Action Plan в Європейському Союзі. Дана стратегія передбачає впровадження замкнутого циклу в будівельній галузі, де матеріали демонтажу повторно використовуються або переробляються для нових будівельних проєктів. У рамках програми створені регіональні платформи з обміну інформацією про доступні вторинні ресурси.

3. Clean Construction Strategy у Великій Британії. Уряд цієї країни впровадив заходи, спрямовані на зменшення викидів вуглецю під час зведення та демонтажу об'єктів нерухомості, включаючи оптимізацію логістики демонтажних робіт, де використовуються низьковуглецеві технології.

4. Програма Demolition Waste Management у США. В ряді штатів діють регулятивні доктрини, які зобов'язують забудовників попередньо створити плани утилізації будівельного сміття та надавати відповідний звіт про виконання. Особлива увага приділяється переробці бетону, металу та деревини.

Проаналізувавши міжнародний досвід, Україна має розробити власну комплексну програму утилізації та регіональні стратегії демонтажу, які б

враховувала не лише масштаби руйнувань, але й регіональні особливості, екологічні виклики, соціальні, демографічні та економічні потреби. Програма має включати:

- технічні регламенти для організації безпечного та ефективного демонтажу;
- механізми підтримки підприємств, що займаються переробкою будівельних відходів;
- інвестиційні програми для розвитку інфраструктури з утилізації;
- інформаційні кампанії щодо важливості переробки будівельних матеріалів.

Розробка такої програми сприятиме відновленню постраждалих територій України на засадах сталого розвитку, мінімізуючи екологічні ризики та забезпечуючи ефективне використання ресурсів. Загалом, демонтаж зруйнованих будівель є важливою складовою відновлення інфраструктури після стихійних лих, воєнних дій чи техногенних аварій в багатьох країнах світу. Організація такого складного процесу, який поєднує технічні, екологічні, економічні та організаційні складові, потребує подальших науково-теоретичних та експериментальних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями організації процесів демонтажу будівельних конструкцій займалися такі українські та закордонні вчені: О.С. Молодід, А.М. Бамбура, Н. Сторчай, О. Васильченко, A. Rathi, P. V. Khandve, H. Patel, B. Shah, Y. Su, Y. Zhang, Y. Chen та інші. Ці дослідники зробили значний внесок у розвиток теорії та практики демонтажу будівельних конструкцій, їхні роботи є важливими джерелами інформації для фахівців у галузі будівництва. Так у статті [1] дослідники аналізують руйнування житлового будинку в Чернігові та розглядають методи обстеження і оцінки технічного стану конструкцій. Вони підкреслюють важливість детального обстеження для визначення оптимальних методів демонтажу та подальшої утилізації матеріалів.

Разом з цим, дане дослідження не надає вичерпних рекомендацій стосовно конкретних методів демонтажу, що може обмежувати її практичну цінність для фахівців галузі.

В дисертації [2] досліджуються методи оцінки вартості проектних робіт у будівництві, зокрема в умовах відновлення зруйнованих об'єктів. Автор акцентує увагу на необхідності розробки уніфікованих рішень для вдосконалення технологічних процесів розбирання зруйнованих будівель та споруд. Пропонується уніфіковані рішення, але дисертація обмежується теоретичним аналізом без надання конкретних практичних рекомендацій щодо впровадження цих рішень у реальних умовах.

В роботі[3] аналізується вплив військових дій на житловий фонд України та розглядає особливості відновлення зруйнованих будівель. Дослідник підкреслює важливість координації з місцевими органами влади для ефективного проведення робіт. Проте, робота надає загальний огляд проблеми, відсутні детальні експериментальні дані або конкретні приклади впровадження запропонованих рішень на практиці. Закордонні автори у статті [4] визначають демонтаж як процес розбирання, знесення або знищення будівлі після завершення її життєвого циклу. Вони аналізують різні методи демонтажу та їх вплив на навколишнє середовище, підкреслюючи необхідність вибору оптимального підходу залежно від конкретних умов. Хоча стаття надає широкий огляд методів демонтажу, вона не враховує специфічні умови, які можуть виникати в різних регіонах, зокрема в Україні, що може обмежувати застосування запропонованих підходів без відповідної адаптації.

У роботі [5] пропонується інтегрований підхід до демонтажу будівель, який враховує безпеку, екологічні аспекти та ефективність процесу. Автори підкреслюють важливість попереднього планування та використання сучасних технологій для мінімізації негативного впливу на довкілля. Незважаючи на запропонований інтегрований підхід, стаття не надає детальних інструкцій щодо його реалізації на практиці, що може ускладнити впровадження цих рекомендацій без додаткових досліджень. Дослідники в роботі [6] розробляють систему підтримки прийняття рішень для демонтажу будівель у контексті сталого міського оновлення в Китаї. Вони аналізують фактори, що впливають на рішення про демонтаж, та пропонують методи оцінки екологічних та економічних наслідків таких проектів. Дослідження базується на даних, специфічних для Китаю, що може обмежувати застосування запропонованих методів у інших країнах без врахування місцевих особливостей та нормативних вимог. Роботи [10-12] сфокусовані на розробці чисельного моделювання процесів обвалу, термінологічним та концептуальним відмінностям між демонтажем та руйнуванням, збереженням будівель при масштабних проектах демонтажу кварталів.

Хоча дослідники зробили значний внесок у цю область, все ще існує потреба в подальшому доповненні та розширенні досліджень, особливо в таких областях:

1. Інтеграція сучасних технологій.

У існуючих дослідженнях все ще бракує досліджень щодо автоматизації та оцифрування процесу розбирання зруйнованих будівель і споруд, включаючи використання роботів і 3D-моделювання. Це може значно підвищити ефективність і безпеку роботи, особливо в районах з щільною забудовою або незручним транспортом.

2. Екологічні аспекти.

Дослідження управління будівельними відходами зазвичай обмежуються аналізом переробки та утилізації. У той же час такі питання, як мінімізація шкідливих викидів, впровадження низьковуглецевих технологій та оцінка впливу демонтажу на місцеві екосистеми, потребують більш детального розгляду.

3. Економічні вигоди.

Розробка методів оцінки економічної ефективності робіт з руйнування з урахуванням можливості повторного використання матеріалів, зниження витрат на утилізацію та залучення інвестицій є актуальним і важливим завданням.

4. Соціальні аспекти.

Дослідження має розглянути вплив руйнування на громаду, в тому числі можливість створення нових робочих місць у переробці будівельних матеріалів, забезпечення громадської безпеки під час будівництва та спілкування з місцевими жителями.

5. Нормативно-правова база.

В Україні досі відсутні детальні стандарти та правила, які б враховували сучасні методи знесення. Необхідно розширити аналіз законодавчої бази з урахуванням міжнародної практики.

6. Аналіз регіональних особливостей.

Подальші дослідження в цих сферах допоможуть підвищити ефективність демонтажних робіт у конкретних районах чи місцях, розробити системи управління будівельним сміттям та запровадити принципи сталого розвитку в місцевих громадах.

Постановка проблеми. Відсутні достатні наукові дослідження з питань

організації знесення зруйнованих будівельних конструкцій об'єктів нерухомого майна різного функціонального призначення в значних об'ємах та великих територіях.

Метою даної роботи є розробка ефективного підходу до організації технічних та управлінських процесів при знесенні зруйнованих житлових будинків з урахуванням екологічних та економічних аспектів. Для досягнення мети роботи сформульовані та вирішені наступні **задачі**:

- розробити алгоритм організаційно-технологічного процесу демонтажних робіт;
- визначити склад та порядок роботи машин, механізмів та обладнання для проведення робіт;
- охарактеризувати відмінності між традиційними та інноваційними методами знесення розрушених будівель і споруд.

Виклад основного матеріалу.

Авторами розроблено алгоритм організаційно-технічного процесу демонтажу зруйнованих будівель, який полягав у виконанні послідовних операцій як єдиного елемента системи:

1. Аналіз початкових умов і даних.
 - 1.1. Оцінка масштабів руйнувань: кількість, тип і технічний стан об'єктів.
 - 1.2. Визначення місцевих умов, таких як наявність обладнання, логістика та характеристики будівель.
 - 1.3. Аналіз законодавчої бази та нормативних вимог щодо вивезення та утилізації будівельних матеріалів.
2. Розробка ТУ
 - 2.1. Встановлення вимог до процесу демонтажу, включаючи безпеку роботи, мінімізацію впливу на навколишнє середовище та економічну ефективність.
 - 2.2. Визначення типів будівельного сміття, методів переробки або повторного використання.
 - 2.3. Встановлення критеріїв вибору способів демонтажу (механічний, вибуховий, комбінований).
3. Вибір методів і засобів знесення
 - 3.1. Аналіз доступних методів знесення та вибір найкращий залежно від типу конструкції (залізобетон, метал, дерево тощо).
 - 3.2. Вибір машин, механізмів, обладнання, інструментів та матеріалів спеціально для демонтажу (табл. 1).
 - 3.3. Розробка плану безпеки робіт, щоб запобігти травмам під час процесу знесення.
4. Розробка планів логістики
 - 4.1. План перевезення будівельного сміття до пунктів переробки або переробки.
 - 4.2. Організація місця тимчасового зберігання відходів.
 - 4.3. Оцінка впливу логістики на навколишнє середовище (шляхи мінімізації транспортних викидів).
5. Врахування факторів оточуючого середовища
 - 5.1. Розробка системи класифікації будівельного сміття для місць знесення.
 - 5.2. Виконання технології обробки матеріалів (бетон, метал, дерево).
 - 5.3. Оцінка можливості повторного використання придбаних матеріалів у нових будівельних проектах.

Таблиця 1

Машини, механізми та інвентар для демонтажу будівель

Тип обладнання	Призначення	Приклад моделі
Екскаватор з гідравлічним молотом	Розбивання бетону та кам'яних конструкцій	Caterpillar 320E
Екскаватор з гідравлічними ножицями	Різання металу та арматури	Volvo EC380EHR
Бульдозер	Знесення легких конструкцій і очищення території	Komatsu D155AX
Кран з кулею для руйнування	Руйнування масивних конструкцій методом удару кулею	Liebherr HS 8100
Високозахватний екскаватор	Демонтаж висотних споруд і важкодоступних об'єктів	Hitachi ZX470LCH
Гідравлічні молоти	Розбивання бетонних плит і стін	Atlas Copco HB4100
Ручний інструмент (відбійні молотки, пили)	Демонтаж малих елементів і деталей вручну	Bosch GSH 27 VC
Мобільні дробарки	Подрібнення будівельних відходів для подальшої переробки	Metso Lokotrack LT1213
Сортувальні машини	Сортування відходів на місці демонтажу	Komptech Multistar L3
Автоплатформи для вивезення сміття	Транспортування будівельного сміття до пунктів утилізації	MAN TGS 18.440
Контейнери для зберігання відходів	Тимчасове зберігання відходів на будівельному майданчику	Modular Containers
Промислові пилососи	Очищення майданчика від дрібного сміття та пилу	Hilti VC 40M
Роботизовані демонтажні системи	Демонтаж будівель в умовах обмеженого простору	Brokk 200

6. Розрахунок економічної вигоди

6.1. Аналіз витрат на демонтаж, транспортування, утилізацію та переробку відходів.

6.2. Оцінка економії коштів за рахунок повторного використання матеріалів.

6.3. Розробка бюджетних планів та визначити потреби в інвестиціях.

7. Перевірка та коригування планів

7.1. Пілотне впровадження розробленого алгоритму на окремому об'єкті.

7.2. Аналіз результатів та виявіть недоліків.

7.3. Налаштування процес відповідно до результатів тесту.

8. Впровадження та моніторинг

8.1. Масштабне впровадження розробленого алгоритму вилучення зруйнованих об'єктів.

8.2. Постійний контроль ефективності процесу виконання демонтажних робіт та утилізації, включаючи його відповідність екологічним та економічним нормам.

8.3. Збір даних для подальшого вдосконалення методів і техніки розбирання об'єктів різного цільового призначення.

Реалізація цього алгоритму дозволить систематизувати процес демонтажу та утилізації відповідних конструкцій, мінімізувати негативний вплив на довкілля, оптимізувати витрати та сприяти відновленню інфраструктури відповідно до принципів сталого розвитку.

Варто відзначити, що демонтаж і вивіз в різних регіонах мають свої особливості, залежно від типу споруди, кліматичних умов і наявної інфраструктури для утилізації.

Методи поводження з будівельними відходами включають сортування відходів безпосередньо на місці знесення для подальшої переробки або обробки. Основними напрямками є рекуперація бетону, металу та деревини для повторного використання, а також мінімізація утворення відходів шляхом впровадження складного демонтажу. Ефективне управління зменшує вплив на навколишнє середовище та знижує витрати на утилізацію.

Залежно від типу, розташування та конструктивного стану будівлі використовуються різні методи знесення. Особливу увагу слід звернути на використання роботизованого знесення (рис. 1).



Рис. 1. Роботизована демонтажна система Brokk 200

Організація та спосіб виконання демонтажних робіт безпосередньо впливає на швидкість їх виконання, оскільки правильне планування дозволяє оптимізувати використання техніки, персоналу та логістичної тактики. Чітко структурований підхід, включаючи попереднє обстеження об'єкту, вибір відповідних технологій демонтажу та ефективну систему управління відходами, мінімізує затримки та підвищує продуктивність праці в цілому. Неналежа організація, навпаки, може спричинити тривалі простой, нераціональне використання ресурсів і додаткові фінансові трати.

Розрахунок оптимального підбору машин (рис. 2) для демонтажних робіт та рекуперації вторинної сировини для подальшого використання здійснюється за формулою, що враховує обсяги робіт, продуктивність техніки, кількість робочих змін та коефіцієнти ефективності:

$$N = \frac{V}{(P \cdot T \cdot K_e)}$$

де N – необхідна кількість машин; V – загальний обсяг демонтажних робіт (м^3 або тон); P – продуктивність однієї машини ($\text{м}^3/\text{год}$ або тон/год); T – загальний час, відведений на виконання робіт (год); K_e – коефіцієнт ефективності роботи машини (враховує простій, зношеність, зазвичай $K_e = 0.7...0.9$).



Рис. 2. Машини для демонтажу та рекуперації будівельних відходів

Механічне знесення за допомогою екскаваторів і гідравлічних ножиць підходить для малих і середніх будівель, а вибухові методи підходять для швидкого знесення висотних будівель. Ручний демонтаж підходить для операцій на місці або в обмеженому просторі. Основні відмінності між традиційними та інноваційними методами знесення показано в табл. 2.

Використання вторинних матеріалів у будівництві є розумним та екологічно чистим рішенням, яке зменшує відходи та потребу у видобутку первинних ресурсів. Переробка бетону, металу, дерева та інших матеріалів зі знесених будівель може допомогти заощадити витрати, зменшити вплив на навколишнє середовище та включити принципи замкнутого циклу в будівельну галузь.

Крім того, вторинний матеріал зберігає свої експлуатаційні характеристики, що дозволяє використовувати його в будівництві доріг, виготовленні нових бетонних виробів, ґрунтових заповнювачів або фундаментів будівель. Цей підхід підтримує стале використання ресурсів, покращує економічну ефективність проекту та відповідає міжнародним стандартам екологічних будівель. Ефективна організація цього процесу дозволяє знизити екологічні ризики, зменшити строки виконання робіт, знизити витрати. Зокрема, важливим є використання сучасних технологій демонтажу та переробки відходів, які відповідають принципам сталого розвитку.

Таблиця 2

Принципові відмінності методів демонтажу

Критерій	Традиційний метод	Інноваційний метод
Підхід до руйнування	Застосування механічного руйнування великими масами, такими як кулі для руйнування або бульдозери, що спричиняє значну кількість неконтрольованих уламків.	Використання гідравлічних ножиць, роботизованих систем або вибухових технологій з точковим впливом, які забезпечують контрольоване руйнування.
Управління відходами	Відсутність сортування та переробки відходів, відправка всіх матеріалів на звалища.	Сортування будівельного сміття на місці, переробка бетону, металу та деревини для повторного використання.
Екологічний вплив	Значний рівень пилу, шуму та викидів, що негативно впливають на довкілля.	Мінімізація екологічного впливу за рахунок використання низьковуглецевих технологій та пилоподавлення.
Швидкість та безпека	Відносно повільний процес із підвищеним ризиком для працівників.	Вища швидкість за рахунок автоматизації процесів, покращення безпеки через дистанційне керування та роботизацію.
Економічна ефективність	Високі витрати через додаткову логістику та обмежене повторне використання матеріалів.	Зниження витрат завдяки переробці матеріалів та раціональному використанню ресурсів.

Висновки: в процесі виконання роботи розробити було досягнуто поставленої мети – розроблено ефективний метод організаційних, технічних та управлінських процесів при знесенні зруйнованих житлових будинків з урахуванням екологічно-економічних аспектів. Результати досліджень показали вирішення поставлених задач:

- розроблено алгоритм організаційно-технологічного процесу демонтажних робіт;
- визначено склад та порядок роботи машин, механізмів та обладнання для проведення робіт;
- досліджено та охарактеризовано відмінності між традиційними та інноваційними методами знесення розрушених будівель і споруд.

Наукова робота з даної теми показує необхідність подальших досліджень, визначаючи наступне:

1. Необхідність системного підходу:

Масштабне знесення об'єктів нерухомості потребує подальших науково-теоретичних та експериментальних досліджень, а також реалізації комплексної стратегії організації демонтажу.

2. Використання переваги інноваційних методів демонтажу:

Інноваційні підходи, такі як використання роботизованих систем, сортування відходів на місці демонтажу та відновлення матеріалів, гарантують, що робота виконується швидше, з меншим впливом на навколишнє середовище та економією ресурсів.

3. Доцільність вторинної утилізації матеріалів:

Включення перероблених будівельних матеріалів у нові проекти допомагає підтримувати регіон, створює нові робочі місця, зменшує витрати на відновлення та зменшує викиди вуглецю.

Список літератури:

1. Табаркевич Н., Сергійчук В., Белоконь А., Табаркевич О. Особливості обстеження та оцінки технічного стану житлового будинку, пошкодженого внаслідок військових дій, щодо його придатності до подальшої експлуатації. *Наука та будівництво*. 2023, 35(1). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2023-4>
2. Шумак Л.В. Теоретико-методичні засади формування вартості проектних робіт: дис. д-ра філософії: 051 Економіка. Київ: КНУБА, 2024. 160 с.
3. Самолюк О.В. Стан розвитку житлового будівництва в умовах війни. *Вісник післядипломної освіти. Серія «Соціальні та поведінкові науки»; Серія «Управління та адміністрування»*. 2023. Вип. 25(54). С. 191-207. [https://doi.org/10.58442/2522-9931-2023-25\(54\)](https://doi.org/10.58442/2522-9931-2023-25(54)).
4. Rath S.O., Khandve P.V. Demolition of Buildings – An Overview. *International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD)*. 2014. Volume 1, Issue 6. Pp. 1-8.
5. Patel H., Makwana A.H., Pitroda Dr.Ja., Vyas Ch. Demolition of Building: Integrated Novel Approach. Conference on “Trends & challenges of civil engineering in today’s transforming world”. 2014. DOI:10.13140/RG.2.2.25778.04805.
6. Xu K., Shen G.Q., Liu G., Martek I. Demolition of Existing Buildings in Urban Renewal Projects: A Decision Support System in the China Context. *Sustainability*, 2019, 11(2), 491. <https://doi.org/10.3390/su11020491>.
7. Перегінєць І.І. Кластерні форми організації будівельного виробництва в умовах розвитку соціально-економічних трансформацій сучасної України. *Містобудування та територіальне планування*. 2017. Вип. 64. С. 560-569. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2017_64_75.
8. Perehinets I., Nazarenko I., Nesterenko M., Nesterenko T. Organizational and technological aspects of applying ecological criteria in innovative low-rise construction. *Academic Journal Industrial Machine Building Civil Engineering*, 2022, 2(59), 11–16. <https://doi.org/10.26906/znп.2022.59.3094>.
9. Nazarenko I., Mishchuk Ye., Kyzminec M., Oryshchenko S., Fedorenko O., Tsepelev S. Research of processes of producing materials by technical power loading systems. *Dynamic processes in technological technical systems: monograph*. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. Pp. 14-42. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-49-7.ch2>
10. Jia H., Zhao Y., Shen T., Song Q. Structural instability motion and optimization of the demolition and blasting scheme for complex continuous multi-span frame-shear structure. *Journal of Measurements in Engineering*. 2025. Vol. 13, No. 2. P. 315–334. <https://doi.org/10.21595/jme.2024.24447>
11. Thomsen A., Schultmann F., Kohler N. Deconstruction, demolition and destruction. *Building Research & Information*. 2011. Vol. 39, No. 4. P. 327–332.

<https://doi.org/10.1080/09613218.2011.585785>

12 . Baker H., Moncaster A., Wilkinson S. J., Remoy H., Allam A. S. Demolition or retention of buildings: drivers at the masterplan scale. *Buildings & Cities*. 2023. Vol. 4, No. 1. P. 488–506. <https://doi.org/10.5334/bc.308>

Ivan PEREGINETS, Kostiantyn DIKAREV, Olena KOVAL, Artem KOVAL

Organization of technological processes when performing dismantling works of destroyed real estate objects

The article considers innovative methods of organizing technological and management processes when performing dismantling work on destroyed buildings and structures. This topic is relevant for the restoration of housing stock, industrial, administrative and commercial buildings, and infrastructure of settlements that were destroyed as a result of Russian military aggression. In this work, significant attention is paid to the technical aspects of dismantling, which ensure the effective implementation of the technological process, as well as environmental requirements aimed at decarbonization with a reduction in negative impact on the environment. Construction waste management methods are highlighted, which include recycling from: utilization, processing and reuse of the obtained raw materials. Optimal algorithms for performing dismantling work on structural elements are proposed, which take into account improved safety principles and minimize risks to people and the environment. An economic analysis of the effectiveness and environmental feasibility of using various dismantling methods and technologies is carried out, and their impact on the quality of secondary products is considered. Examples of the use of special equipment, inventory and robotic systems with remote control of dismantling work are given. The impact of organizational and technological solutions on the quality and speed of work and their environmental component is studied. The fundamental differences between traditional and modern dismantling methods are revealed with an emphasis on the implementation of integrated innovative approaches to work. The economic and environmental feasibility of using secondary resources in new construction projects as an element of a closed cycle that ensures sustainable development of community territories is proven.

The results of the work can be used to develop local and regional plans for the restoration of territories, improve work technologies, and the regulatory framework, and form national and regional development strategies.

Keywords: dismantling of buildings, disposal of construction waste, destroyed real estate, recycling of materials, environmental safety, state strategy, sustainable development, development, innovative technologies, construction waste management, secondary use of materials, recycling.