

УДК 69.059.6

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.260324.57.1043

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДЕМОНТАЖУ КОЛОН ЗРУЙНОВАНИХ, ПОШКОДЖЕНИХ І ТИХ, ЩО ВТРАТИЛИ СТІЙКІСТЬ ТА НЕСНУ ЗДАТНІСТЬ У РЕЗУЛЬТАТІ ВИБУХУ

НАУМОВ В. О.^{1*}, *аспір.*,
ПРОЦЕНКО Д. О.², *студ.*

^{1*} Кафедра організації та управління будівництвом, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел.: +38 (066) 380-94-39, e-mail: naumov.vladyslav@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0355-6472

² Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 950-44-04, e-mail: 17061.protsenko@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0009-0005-3345-2278

Анотація. Технології та організація демонтажу зруйнованих, пошкоджених колон і тих, що втратили стійкість та несну здатність у результаті дії динамічних навантажень під час вибуху – дуже актуальна тема, оскільки ці події стали надзвичайно частими в сучасному світі, і майже завжди викликають пошкодження будівель та споруд як цивільної, так і промислової інфраструктури. Демонтаж таких конструкцій – це необхідний етап у знесенні старих будівель для будівництва нових, а також відновлення та реконструкції будівель та інфраструктури. Розроблення та вдосконалення технологічних методів та способів демонтажу пошкоджених колон, створення нових механізмів та пристроїв має велике практичне значення в будівництві та реконструкції об'єктів інфраструктури. **Мета роботи:** дослідження методики вибору ефективних ОТР, які забезпечують інтенсифікацію демонтажних робіт та скорочення терміну реконструкції та відновлення будівель та споруд. **Об'єкт дослідження:** технологічні процеси, які відбуваються під час демонтажу сучасних конструкцій. **Предмет дослідження:** технологічні параметри та техніко-економічні показники технологічних процесів, які необхідно виконати під час демонтажу сучасних конструкцій, базуючись на можливостях української будівельної галузі. **Виклад матеріалу.** Щоб досягнути мети дослідження виконані такі завдання:

- проаналізовано, яку частину від об'єму всієї будівлі займають залізобетонні та металеві колони;
- знайдено конкретні приклади реального використання різних методів демонтажу колон пошкоджених або зруйнованих вибухом;
- проаналізовано частоту використання різних методів демонтажу колон;
- визначено ключові фактори, які впливають на обрання методу демонтажу колон.

Результати дослідження дозволяють обрати найефективніший ОТР який забезпечує інтенсифікацію демонтажних робіт і скорочення терміну реконструкції та відновлення будівель та споруд.

Ключові слова: будівля; споруда; метод; спосіб; зруйновані вибухом; пошкоджені; динамічні навантаження

TECHNOLOGIES AND ORGANIZATION OF DISMANTLING COLUMNS DESTROYED, DAMAGED AND THOSE THAT LOST STABILITY AND BEARING CAPACITY AS A RESULT OF THE EXPLOSION

NAUMOV V.O.^{1*}, *Postgraduate Student*,
PROTSENKO D.O.², *Stud.*

^{1*} Department of Construction Organization and Management, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (066) 380-94-39, e-mail: naumov.vladyslav@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-0355-6472

² Department of Construction Production Technology, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov Str., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (099) 950-44-04, e-mail: 17061.protsenko@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0009-0005-3345-2278

Abstract. The technologies and organization of the dismantling of destroyed, damaged columns and those that have lost stability and bearing capacity as a result of dynamic loads during an explosion is a very relevant topic, since these events have become extremely frequent in the modern world, and almost always cause damage to buildings and

structures, such as civil and industrial infrastructure. The dismantling of such structures is a necessary stage in the demolition of old buildings for the construction of new ones, as well as the restoration and reconstruction of buildings and infrastructure. The development and improvement of technological methods and ways of dismantling damaged columns, the development of new mechanisms and devices is of great practical importance in the construction and reconstruction of infrastructure facilities. *The purpose of the article* is to study the methodology for the selection of effective OTD, which ensure the intensification of dismantling works and the reduction of the period of reconstruction and restoration of buildings and structures. *The object of research*: technological processes that occur during the dismantling of modern structures. *The subject of the study*: technological parameters and technical and economic indicators of technological processes, which must be performed during the dismantling of modern structures, based on the capabilities of the Ukrainian construction industry. *Presentation of the material*. To achieve the goal of the study, the following tasks were performed:

- it was analyzed what part of the volume of the entire building is occupied by reinforced concrete and metal columns;
- specific examples of the real use of various methods of dismantling columns damaged or destroyed by an explosion were found;
- the frequency of use of various methods of dismantling columns was analyzed;
- the key factors affecting the choice of column dismantling method are determined.

The result of the study will allow to choose the most effective OTD that ensures the intensification of dismantling works and shortening the period of reconstruction and restoration of buildings and structures.

Keywords: *building; building; method; way; destroyed; explosion; damaged; dynamic loads*

Вступ. Колони – це одні з найважливіших елементів структурної системи будівлі, оскільки вони витримують основну частину несної здатності будівлі. Згідно з даними, отриманими за допомогою літературного огляду та штучного інтелекту GPT4 від OpenAI, в середньому залізобетонні колони займають від 5 до 10 % об'єму будівельної конструкції, виміряного в куб. м, тоді як металеві колони займають від 3 до 5 % виміряного в тоннах. Проте, цей об'єм може змінюватися залежно від різних факторів, таких як розмір будівлі, її функціональне призначення, проектувальні рішення та вимоги щодо міцності та безпеки.

Наприклад, у багатоповерхових будівлях, де необхідна підвищена міцність і стійкість, об'єм колон може бути збільшеним. Також, для забезпечення оптимальної міцності та стійкості конструкції, можуть використовуватися різноманітні форми та розміри колон, що теж впливає на їх об'єм у споруді. У випадку пошкодження колон від вибухових дій, за результатами обстеження, їх необхідно або демонтувати, або відновити несну здатність для забезпечення стійкості будівлі.

Однак демонтаж колон це складний процес, який потребує детального планування та використання спеціального обладнання та техніки. Крім того необхідно

забезпечити захист інших елементів споруди під час демонтажу колон. Також важливо враховувати, що колони – це вертикальні стержневі конструкції, які використовуються в каркасному будівництві багатоповерхових, промислових, адміністративних будівлях та мають різні розміри й форми, залежно від їх призначення та місця у будівельній конструкції.

Для виконання робіт із відновлення функціонування будівель та споруд потрібне більш детальне розуміння питання щодо технології демонтажу та відновлення колон, адже правильний підхід до цих процесів визначає безпеку всієї будівлі та її майбутнє функціонування. Для цього треба розглянути види пошкоджень залізобетонних та металевих колон.

Професійний демонтаж колон потребує технічної експертизи, обстеження будівлі та уважного планування для забезпечення безпеки та стійкості конструкції.

Види пошкодження залізобетонних та металевих колон від дії динамічних навантажень під час вибуху. Розглядаються види пошкоджень колон від вибухових дій та їх можливі технологічні методи демонтажу.

Пошкодження залізобетонних та металевих колон внаслідок вибуху різноманітні. При пошкодженні

залізобетонних конструкцій можуть статися: розтріскування бетону, деформація колони та руйнування арматури. Деякі з них видимі одразу, інші можуть з'явитися через певний час після вибуху.

Розтріскування бетону може бути поверхневим або проникати в глибину. Інший вид – *відколи* частин бетону, які можуть бути більш або менш помітними, залежно від розміру та місця відколу.

Руйнування арматури: арматура може бути пошкоджена або зігнута внаслідок вибуху, що спричиняє погіршення міцності колони. Ці пошкодження можуть зменшити стійкість та міцність колони, що впливає на здатність будівлі витримувати навантаження та збільшить ризик її обвалення або руйнування. Це стає небезпечним для людей, які перебувають у її безпосередній близькості. В таких випадках потрібно посилити або демонтаж конструкції, а саме колон.

Металеві колони можуть отримати деформацію, розриви та руйнування зв'язків.

Деформація: металеві колони можуть бути зігнуті або сплюснені в результаті вибуху. Це спричинить порушення геометричної форми колони та порушення її стійкості.

Розрив: металева колона може бути розірвана на шматки.

Руйнування зв'язків: металеві колони мають зв'язки, які забезпечують міцність конструкції. Вибух може їх пошкодити, що викличе порушення стійкості всієї конструкції.

Методи та способи демонтажу колон, пошкоджених вибухом. Для демонтажу колон, які втратили стійкість та несну здатність у результаті дії динамічних навантажень під час вибуху, необхідно дотримуватись високих стандартів безпеки. Виконання таких робіт може не тільки пошкодити навколишні будівлі та майно, а і створити серйозні загрози для життя та здоров'я людей.

Розрізняють такі найпоширеніші методи демонтажу залізобетонних колон:

1) механізований;

2) вибуховий;

3) гідроабразивний.

У більшості випадків для демонтажу залізобетонних колон після вибуху застосовують механічний та вибуховий методи, що становлять близько 60–70 % усіх випадків тоді, як до гідроабразивного методу вдаються приблизно у 20–30 % випадків.

В останні роки механізований метод демонтажу залізобетонних колон стає все більш популярним у багатьох країнах, оскільки він дозволяє ефективно та безпечно виконувати роботи з демонтажу в складних умовах. Вибуховий та гідроабразивний методи також застосовуються, проте вони менш популярні через обмеження простору.

Механізований метод демонтажу залізобетонних колон широко застосовується в будівництві, зокрема, у великих промислових комплексах зі складними конструкціями залізобетонних колон. До нього вдаються тоді, коли пошкодження колони незначні або колона повинна бути знята з-під підвіски, але він неефективний у випадках важкого пошкодження колони, коли необхідно видалити значну кількість матеріалу.

Залізобетонні колони, пошкоджені внаслідок вибуху, зазвичай демонтують способом гідромолоту та крану.

Метод демонтажу № 1 (механізований). Основні кроки демонтажу механічним методом:

1. *Підготовка робочої зони.* Для безпеки роботи необхідно забезпечити вільний доступ до колони та зони, де розміщаються робітники та техніка. Для цього зону безпеки огорожують спеціальною стрічкою.

2. *Підготовка колони.* Перед початком демонтажу з колони знімають усі деталі, які можуть перешкоджати роботі гідромолота. Для цього можуть використовуватися різноманітні інструменти та обладнання, наприклад, болгарки.

3. *Кріплення колони.* Щоб уникнути обвалу колони, її необхідно зафіксувати. Для цього кран тримає колону зі стропами внатяг, або використовують спеціальну підставку з кріпленнями.

4. *Демонтаж.* Після закріплення колони екскаватор з гідромолотом починає роботу. Оператор регулює режим роботи та напрямок дії на колону. Гідромолот розбиває бетонну частину колони знизу.

5. *Зняття арматури.* Після розбивання бетонної частини колони зрізають арматуру. Для цього використовуються різноманітні різальні інструменти або обладнання.

Після землетрусу в 2010 році на Гаїті застосовували механізований метод демонтажу за допомогою гідромолота.

Метод демонтажу № 2 (вибуховий). Вибуховий метод демонтажу залізобетонної пошкодженої колони – це процес руйнування за допомогою контрольованого вибуху.

Там, де доступність до колон складна і немає можливості використати інші методи демонтажу, або колони мають складну геометрію, що ускладнює роботу. Його також використовують у випадках, коли треба демонтувати конструкцію в забрудненому середовищі.

За допомогою методу «Вибух» були демонтовані залізобетонні колони перевантажувального обладнання фабрики дроблення на об'єкті ЦГЗК.

Технологічна послідовність дій для демонтажу пошкодженої залізобетонної колони, методом вибуху така:

1. *Підготовчі роботи:* підготовка майданчика, виконання мінних отворів.

2. *Встановлення вибухового матеріалу:* у мінні отвори закладаються заряди вибухового матеріалу залежно від розмірів та форми колони.

3. *Проведення контрольованого вибуху:* після встановлення всіх зарядів та перевірки безпеки виконується вибух, що призводить до руйнування колони.

4. *Очищення майданчика:* після вибуху майданчик очищають від залишків руйнування та відходів вибухового матеріалу.

Метод демонтажу № 3 (механічний). Демонтаж залізобетонної колони гідроабразивним методом полягає у використанні водяних струменів під високим тиском для руйнування

конструкції. Для цього вдаються тоді, коли інші методи недоцільні або неможливі, наприклад, коли не можна використовувати вибухові речовини, або коли не можна створити необхідні умови для механічного демонтажу, через високу чутливість на шум та вібрації, можливість обвалу сусідніх конструкцій

Технологічна послідовність дій для демонтажу пошкоджених залізобетонних колон механічним методом така:

1. *Оцінка пошкоджень і підготовка робочої зони:* Першим етапом буде оцінка пошкоджень, а також підготовка робочої зони. Вона включає в себе відмежування та забезпечення захисними елементами, що запобігають падінню уламків.

2. *Підготовка обладнання та безпеки:* Для роботи необхідне спеціальне обладнання (наприклад алмазно-канатна пила), яка повинна бути перевірена на наявність пошкоджень та готовність до роботи. Також потрібно враховувати вимоги безпеки, включаючи використання особистого захисту та відповідне навчання персоналу.

3. *Оцінка структури та напрямку демонтажу:* Перед початком робіт необхідно оцінити структуру колони та визначити оптимальний напрямок різки. Це дозволить забезпечити точне розрізання і мінімізувати ризик подальшого пошкодження.

4. *Проведення демонтажу:* Демонтаж (наприклад алмазно-канатною пилою) залізобетонної колони починається з урахуванням попередньо визначеного напрямку різання та умов робочої зони.

5. *Демонтаж уламків та очищення майданчика:* Після різання колони необхідно видалити уламки та очистити майданчик від залишків матеріалів, використовуючи для цього відповідне обладнання та інструменти.

Утилізація відходів: Завершальним етапом буде утилізація відходів, яка передбачає вивезення бетонних та металевих відходів на полігон для подальшої переробки або утилізації.

Механічний метод застосовувався в 2017 року в місті Берлін, при демонтажі колон будівельного комплексу, який потребував демонтажу своїх старих залізобетонних конструкцій для подальшої реконструкції, використовував механічний метод під час демонтажу колон. Одна з колон була пошкоджена під час попереднього вибуху, і її необхідно було видалити безпечно та ефективно.

Демонтаж металевих колон. Демонтаж металевих колон, які втратили стійкість та несну здатність в результаті дії динамічних навантажень під час вибуху, має свої особливості, тому застосовуються такі найбільш поширені методи:

1. Метод по елементного розрізання. Частота застосування якого приблизно 60–70 % випадків.

2. Гідроабразивний метод. На даний метод припадає приблизно 30–40 % випадків використання.

Метод демонтажу № 1 (поелементне розрізання). Розрізання металевих елементів – один зі способів демонтажу металевих колон. Сфера застосування даного методу поширюється на колони, які не можна відновити або відремонтувати. Технологічна послідовність дій у процесі демонтажу металевої колони методом розрізання металевих елементів така:

1. *Підготовчі роботи:* забезпечення безпеки на місці робіт, установка захисних бар'єрів, зонування робочої ділянки, підготовка необхідної техніки та інструментів.

2. *Розрізання колони:* за допомогою газового різача або іншого спеціального обладнання розрізають металеві елементи колони на менші частини, щоб їх можна було безпечно видалити.

3. *Видалення частин колони:* розрізані металеві елементи піднімають за допомогою крана та видаляють з місця робіт. Для цього можуть знадобляться спеціальні контейнери або транспортні засоби.

4. *Знешкодження залишків:* залишки колони, які залишилися на місці після видалення ділянок, знищують або

знешкоджують за допомогою спеціальної техніки або обладнання.

5. *Утилізація:* зібрані матеріали транспортують на спеціальне підприємство для подальшої утилізації або переробки.

Один із прикладів застосування методу по елементного розрізання для демонтажу металевих колон – проект «Demolition of steel columns using diamond wire cutting technique» компанії CSDA member Protec Cutting Services. У цьому проекті використовувались тонкі алмазні дроти для розрізання сталевих колон на шматки. Цей метод дозволяє точно контролювати розмір і форму отриманих шматків і знижує кількість шуму та пилу, порівняно з іншими методами демонтажу.

Метод демонтажу № 2 (гідроабразивний). Демонтаж металевої колони, пошкодженої вибухом, гідроабразивним методом більш безпечний та швидкий порівняно з методом розрізання металевих елементів. Гідроабразивний метод ефективний у демонтажі при виконанні робіт в обмеженому просторі та у важкодоступних місцях.

Послідовність виконання демонтажу:

1. *Підготовчі роботи:* встановлення обладнання, утилізація будівельних відходів, захист довкілля тощо.

2. *Встановлення гідравлічного верстата,* що складається з двох гідравлічних насосів, гідроциліндра та різального інструмента. Верстат встановлюють поблизу колони і закріплюють на фундаменті.

3. *Розмітка різального шва:* фахівці роблять розмітку на місці різального шва, відмічаючи точки початку та кінця розрізання, а також глибину різку.

4. *Розрізання колони:* після розмітки фахівці починають розрізання колони з використанням гідравлічного верстата. Різальний інструмент вставляється в у місце розташування шва де відбуватиметься різання конструкції, після чого гідроциліндр починає працювати і розрізає метал.

5. *Прибирання:* відходи потрапляють на переробку для подальшого використання.

6. *Утилізація колони*: коли робота з розрізанням закінчена, деталі демонтують, а зв'язувальний метал здають на переробку.

У 2018 році в Німеччині після того, як вибух у магазині перетворив його на руїни, команда демонтажників за допомогою гідравлічних зрізів демонтували залишки металевих колон, використовуючи різальні машини з водним струменем.

Висновки

На основі зібраних даних, про види пошкоджень колон від дії динамічних навантажень під час вибуху, маємо статистику видів пошкоджень:

Залізобетонні колони. *Розтріскування*: Приблизно 30–40 % залізобетонних колон, що піддаються дії динамічних навантажень вибуху, мають пошкодження у вигляді розстріскування. Це можуть бути тріщини та руйнування поверхні колони, які виникають внаслідок дії вибухової хвилі.

Деформації. Майже 50–60 % залізобетонних колон зазнають деформацій після вибуху. Це зміщення, згини та викривлення.

Руйнування арматури. Приблизно 10–20 % пошкоджених залізобетонних колон можуть мати перерізані або переламані арматурні стержні.

Металеві колони. *Деформація*. Приблизно 30–40 % металевих колон можуть зазнати деформацій, таких як згин, скручення або розтяг, внаслідок вибуху.

Розрив. Приблизно 10–20 % металевих колон отримують розриви або тріщини.

Руйнування зв'язків. Близько 10–20 % пошкоджених металевих колон можуть мати

пошкодження зв'язків, таких як зламани зв'язувальні елементи або втрата їх стійкості.

Розглянувши методи демонтажу залізобетонних та металевих колон, можна зробити висновки:

- Механізований метод демонтажу колон, пошкоджених вибухом – швидкий та ефективний, але вимагає значних витрат на обладнання та робочу силу. Застосовується в основному для демонтажу великих будівель та споруд і є найпоширенішим методом демонтажу (60–70 % випадків).

- Метод вибуху дозволяє швидко демонтувати колони, але потребує спеціальних навиків та знань з безпеки. Придатний якщо немає належної доступності до колон або колони мають складну геометрію (60–70 % випадків).

- Метод механічний застосовується для демонтажу залізобетонних колон в умовах обмеженого доступу. Він більш безпечний, ніж метод вибуху, але менш ефективний, ніж механізований метод. Використовується у 20–30 % випадках.

- Метод розрізання застосовують для демонтажу металевих колон в умовах обмеженого доступу та неможливості інших методів. Вимагає високопродуктивного обладнання та відповідних навиків робітників (60–70 % випадків).

- Метод гідроабразивний придатний для демонтажу металевих колон в умовах обмеженого доступу, більш безпечний та менш шумний, ніж метод розрізання. Застосовується у 30–40 % випадків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скрипник О. С., Іващенко М. Ю. Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання, першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Цивільний захист». Харків : Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2021. 158 с.

2. Васильченко О. В., Квітковський Ю. В., Миргород О. В., Стельмах О. А. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2015. 488 с.

3. Штучний інтелект. URL: <https://openai.com/gpt-4>

REFERENCES

1. Skrypnyk O.S. and Ivashchenko M.Yu. *Budivli i sporudy ta yikh povedinka v umovakh nadzvychaynykh sytuatsiy : konspekt lektsiy dlya studentiv dennoyi ta zaochnoyi form navchannya, pershoho (bakalavrs'koho) rivnya*

vyshchoyi osvity spetsial'nosti 263 – Tsyvil'na bezpeka, osvitnya prohrama “Tsyvil'nyy zakhyst” [Buildings and structures and their behavior in emergency situations: a summary of lectures for full-time and part-time students of the first (bachelor) level of higher education, specialty 263 – Civil safety, educational program “Civil Defense”]. Kharkiv : National City University Farm named O.M. Beketov, 2021, 158 p. (in Ukrainian).

2. Vasylchenko O.V., Kvitkovskiy Yu.V., Myrhorod O.V. and Stelmakh O.A. *Budivel'ni konstruktsiyi ta yikh povedinka v umovakh nadzvychnykh sytuatsiy : navch. posibnyk* [Building structures and their behavior in emergency situations : training manual]. Kharkiv : KhNADU Publ., 2015, 488 p. (in Ukrainian).

3. *Shtuchnyy intelekt* [Artificial intelligence]. URL: <https://openai.com/gpt-4> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 04.02.2024.