

## Класифікація уражень будівельних конструкцій у наслідок бойових дій в Україні

Володимир Коряк, здобувач ступеня вищої освіти рівня бакалавр<sup>1</sup> (ORCID 0009-0000-1938-1008)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Україна

### АНОТАЦІЯ

Представлено класифікацію уражень будівельних конструкцій внаслідок дії боеприпасів. Розглянуті наслідки пробиття, дії вибухової хвилі, уражень первинними і вторинними уламками, масштабної дії вогню. Зроблений акцент на характерні приховані пошкодження, недооцінка яких може призвести до прийняття невірних проектних рішень при виконанні капітального ремонту

*Ключові слова:* ураження, зброя, удар, вибухова хвиля, пошкодження

### 1. ВСТУП

Військова агресія Російської Федерації призвела до значних руйнувань і пошкоджень будівельних конструкцій і будівель в цілому. Це відбувається як безпосередньо в зоні бойових дій так і далеко від лінії фронту внаслідок ракетних ударів та атак безпілотними літальними апаратами. Руйнування конструкцій можливі як від безпосереднього удару боеприпасами, так і від вибухових дій, що виражене дією вибухової хвилі, ураженням первинними і вторинними уламками та також наслідками пожеж. Пошкодження конструкцій внаслідок ураження зброєю можуть містити приховані пошкодження, що без спеціальних знань і систематизації ускладнює прийняття адекватних рішень щодо демонтажу або ремонту та підсилення будівельних конструкцій. В свою чергу недооцінка багатьох факторів призводить до помилок у прийнятті проектних рішень, що призводить до перевитрат при виконанні робіт з усіма супутніми складнощами, які виникають при бюджетному фінансуванні відбудови і капітальних ремонтів.

### 2. МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є спроба провести певне узагальнення характерних пошкоджень будівельних конструкцій, що спостерігалися на Київщині після бойових дій в лютому-березні 2022р, а також внаслідок ракетних ударів. Також метою є презентувати характерні випадки уражень, що можуть мати значні приховані пошкодження, недооцінка яких може призвести до прийняття неефективних рішень при плануванні капітального ремонту.

### 3. ОСНОВНІ ВПЛИВИ ПРИ УРАЖЕННІ КОНСТРУКЦІЙ БОЄПРИПАСАМИ

При дії зброї, а саме боеприпасів (снаряда, гранати, бойової частини ракети або безпілотного літального апарату) слід розрізняти два основних впливи – удар та вибух. Удар спричинює механічні пошкодження – наскрізні отвори з характерним великим ураженням конструкції на вильоті, втрату частини конструкції, що призводить до зменшення розрахункових площ, призводить до розшарування конструкцій.

Під час вибуху відбувається комплексна дія яку можна представити як саме вибух із значними руйнуваннями, внаслідок вибухового імпульсу в епіцентрі внаслідок якого відбувається розлітання первинних уламків та вторинних

уламків, а також дія повітряної вибухової хвилі, що згасає на відстані від вибуху. В свою чергу первинними уламками є саме уламки боеприпасу – уламки корпусу чи спеціалізоване начиння для уламкового ураження на великій площі. До вторинних уламків відносять уламки того, що було попередньо уражено - автомобілів, меблів скла, конструкцій, які при розльоті і потраплянні призводять до шкідливих наслідків.

Після ураження боеприпасом фугасної або кумулятивної дії виникають пожежі, які викликають пошкодження будівельних конструкцій. При виникненні подібних пожеж в зоні бойових дій як правило гасіння не відбувається, тому відбувається повне вигорання до природного припинення вогню. Це призводить до серйозних наслідків і руйнування конструкцій, які можна умовно поділити на дві групи – наслідки безпосередньої дії вогню (дегідратація цементного каменю, випалювання сталеві арматури) та наслідки дій температурних деформацій внаслідок їх несумісності з частиною будівлі або споруди, що не перебувала під дією вогню. До наслідків яких слід віднести тріщини в стінах, руйнування з'єднань панелей тощо. [2, 3] Для сталевих конструкцій, що знаходяться під навантаженням, тривала дія вогню призводить до руйнівних і катастрофічних наслідків, що полягають у втраті форми внаслідок зниження фізико-механічних характеристик.

Часто по факту навіть в відносно вцілілих будівлях можна спостерігати декілька одночасно проявів від усіх вищезгаданих факторів.

### 4. ХАРАКТЕРНІ УРАЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Наслідком ударної дії та проходження боеприпасу без вибуху та/або до вибуху є характерні руйнування кам'яних та залізобетонних конструкцій. Для залізобетонних пілонів, перекриття характерна наявність незначного вхідного отвору з відколюванням значного фрагмента елемента на виході при наскрізному пробитті. Для кам'яних конструкцій характерна аналогічна схема руйнування але при цьому відбувається втрата фрагменту і розшарування конструкції в цілому. Як наслідок втрачається площа поперечного перерізу елемента і це при певному збігу обставин це може призвести до колапсичного руйнування. Якщо ж подібного не сталося, необхідно при обстеженні провести аналіз залишкової несучої спроможності, а також проаналізувати характер перерозподілу зусиль на сусідні конструктивні елементи, що часто є запобіжником прогресуючому руйнуванню. При цьому необхідно здійснювати термінові

заходи щодо запобігання подальшому руйнуванню. Іншим небезпечним явищем внаслідок безпосередньої ударної дії по балконній плиті є розшарування кладки в зоні защемлення. Таке розшарування може відбуватися на всю висоту поверху.



Рисунок.1 Часткове руйнування цегляного перестінку

Удари по горизонтальних конструкціях перекриття спричинюють загалом руйнування, аналогічні ударам по стінах, або пілонам і на перший погляд вони не значні – вхідний отвір зверху із певною деструкцією нижньої зони. При цьому можуть спостерігатися перекося горизонтальних конструкцій. Розчищення зон ураження часто показує, що попри на перший погляд незначні ураження при вхідному отворі близько 100 мм, уражена і розколота зона бетону в діаметрі складає близько 2..3 м, що потребує демонтажу і заміні значних ділянок перекриття. Цьому також сприяє дія вибуху та вибухової хвилі.

Вибухові дії спричиняють появу значного надлишкового короточасного надлишкового тиску протягом 15..20 мс, який розходитьсь концентричними ударними хвилями [3]. Як правило в епіцентрі вибуху в безпосередній зоні ураження відбуваються значні руйнування як конструкцій так будівель та споруд в цілому, які вже відновленню не підлягають. Зусилля від вибуху і тиску вибухової хвилі залежать від маси вибухової величини у тротиловому еквіваленті та відстані від епіцентру вибуху. Ураження від вибухової хвилі пов'язане з дією надмірного перевантаження конструкцій надлишковим тиском – це можуть бути цілковито зруйновані стіни, можуть проявитися тріщини в стінах перекося, внаслідок чого конструкції потребуватимуть демонтажу. Також в зоні дії вибухових хвиль можуть відбуватися пошкодження покрівель, кровляних систем і звісно в радіусі дії хвилі руйнується все скління. Як правило радіус ураження залежно від виду зброї складає від 50..100 до 300 мм.. Для фугасних авіабомб і ракет з 300..500 кг тротилу вибухової частини залежно від місця потрапляння та проникнення в землю з утворенням воронки, зона небезпечна для будівельних конструкцій складає до 50..70 м, на більших відстанях спостерігається руйнування вікон.

Ураження від дії вогню як правило призводять до дегідратації бетону та температурного відпуску армування [4]. Спочатку закопчується поверхня, що часто є не ураженням як таким а просто забрудненням продуктами горіння, в подальшому кіптява відпадає, а бетон набуває жовтуватого до рожеватого кольору з пухкою поверхнею. Також при подальшому розвитку ушкодження відбувається відпадиння захисного шару з відпалюванням та провисанням

армування. При цьому конструкція повністю втрачає несучу спроможність.



Рисунок 2 Наслідки тривалої дії вогню на монолітне залізобетонне перекриття.

## 5. ВИСНОВКИ

1. Адекватна оцінка пошкоджень будівельних конструкцій дозволяє правильно та ефективно оцінити ступень ураження конструкцій а також розробити правильні техніко-економічні обґрунтування щодо можливості капітального ремонту ушкоджених будівель та споруд
2. Ушкодження босприпасами можуть бути прихованими і глибшими, ніж це здається при візуальному огляді. Часто в зонах незначних отворів від пробиття босприпасами спостерігається значно ширша зона ураження із розтріскуванням бетону, що потребує заміни конструкції.
3. Ураження залізобетонних конструкцій вогнем масштабні за своєю сутністю. Відбувається як структурна деструкція бетону – дегідратація цементного каменю із втратою несучої здатності, так і високотемпературний відпуск арматури з її оголенням і деформацією. В багатьох випадках конструкції підлягають демонтажу, або підсилення з підведенням обойм, сталевих дублюючих балкових клітин, тощо.

## Список літератури

- [1] Нужний В. (2022). Перші дослідження ушкоджень будівель і споруд внаслідок бойових дій. Будівельні конструкції. Теорія і практика. (11). 104–114. URL: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.104-114.>
- [2] Бінкевич К.О., Володимиров А.В., Колчанов А.В. (2024) Аналіз деструкцій і методів підсилення збірних залізобетонних панелей перекриттів Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту (208) . 67-79 URL: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.208.2024.308565>
- [3] David Cormie, Peter D. Smith , Geoff C. Mays Blast Effects on Buildings. ICE Publishing; 3rd edition. 2019. 344 p
- [4] Колякова В.М., Божинський М.О., Фесенко О.А. Розподіл температури в перерізі залізобетонної плити. //Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Луцьк: ЛНТУ.2016. №5. С.232-239