

Олександр МОЛОДІД,

д-р техн. наук, професор

ORCID: 0000-0001-8781-6579

Володимир ППА,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0003-4646-1083

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ПОШКОДЖЕННЯ ФАСАДНИХ СИСТЕМ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

У результаті російської агресії цивільна інфраструктура України зазнала масштабних руйнувань і пошкоджень. Серед пошкоджених об'єктів окрему увагу привертють фасадні системи з теплоізоляцією, які виявилися нестійкими і вразливими до позапроектних впливів. Встановлені основні компоненти фасадних систем, що пошкоджуються внаслідок військових дій. Встановлено вплив пошкоджень фасадів на функціональні характеристики самої теплоізоляції і будівель вцілому. Автори проаналізували масштаби й загальну кількісну оцінку руйнування конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Для вибору оптимальних технологій відновлення пошкоджених фасадних систем актуальним завданням є аналіз обсягу руйнування та виду пошкоджень. У статті проаналізовано шість основних видів конструктивних схем фасадної теплоізоляції, які є найбільш поширеними у будівництві. У статті досліджено види та обсяги пошкоджень залежно від місця влучання вибухового елементу від будівлі чи безпосередньо у будівлю та типу фасадної системи. Тобто, у якості критерію поділу було обрано відстань влучання вибухового елементу: безпосереднє влучання; відстань від 25 до 50 м; відстань понад 50 м. Особливий інтерес для подальших досліджень викликає зміна масштабу і характеру руйнування залежно від виду фасаду. В результаті обстеження пошкоджених фасадних систем також було виявлено характер впливу вибухових хвиль. Сформульовано завдання подальших наукових досліджень, а саме необхідність розробки методів відновлення пошкодження фасадних систем внаслідок військових дій. Запропоновано найбільш підходящі методи відновлення фасадних систем, що були пошкоджені внаслідок військових дій. Встановлено який тип фасадів виявили більшу схильність до руйнівної дії від позапроектних впливів.

Ключові слова: *конструкції зовнішніх стін, фасадна теплоізоляція, пошкодження, військові дії, моніторинг, аналіз, безпека, відновлення, експлуатаційна придатність, капітальний ремонт, реконструкція.*

Вступ. Із початком повномасштабного вторгнення армії РФ в Україну значна частина цивільної інфраструктури нашої держави зазнала масштабних руйнувань та пошкоджень [1]. У зонах безпосередніх військових дій та на відстань до сотні кілометрів об'єкти будівництва зазнають пошкоджень від широкого спектру засобів ураження [2]. При цьому для тилкових міст та селищ особливу загрозу становлять атаки ракет та БПЛА, які цілеспрямовано уражають житлові масиви та інфраструктуру (рис. 1).



Рис. 1. Пошкодження будівель у наслідок військових дій*

* Джерело – власні фото авторів

У ході аналізу виду та ступеню пошкоджень будівель та споруд, що безпосередньо уражені вибуховими елементами, або ж потрапили у зону впливу вибухової хвилі, встановлено, що найбільш вразливими виявилися фасадні системи та похилі дахи. Зазначені конструктивні елементи будівель є огорожувальними та самонесучими, саме тому і не розраховуються на додатковий опір та стійкість, а тим більше на непередбачувані динамічні впливи. Особливу увагу слід звернути на фасадні системи які, незважаючи на свої переваги в умовах мирного часу, виявилися нестійкими в умовах війни.

Аналіз поточного стану. Масштаби й кількісну оцінку руйнування конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією наразі встановити складно, що пов'язано з безперервними обстрілами зі сторони агресора [3]. Пошкоджень зазнають приватні домогосподарства у селах і містечках, багатоповерхові будинки міської забудови, торгові та бізнес-центри, промислові об'єкти будівництва тощо.

Слід звернути увагу на те, що крім пошкоджень від прямого влучання та влучання уламками і осколками притаманні і такі, що викликані дією вибухових хвиль (динамічними впливами). Такі пошкодження специфічні, часто мають прихований характер, оскільки не завжди відразу можна помітити зовнішні і внутрішні дефекти спричинені дією вибухової хвилі.

Слід розрізняти три типи фасадів будівель: без опорядження, з опорядженням без утеплювача (штукатурка, облицювання, фарбування) та з опорядженням з утеплювачем (системи фасадної теплоізоляції). Найскладніше відновлювати фасади з утепленням, що пов'язано з їх багатошаровістю та багатокомпонентністю.

Основними компонентами пошкоджень конструкцій зовнішніх стін є кріплення, теплоізоляційні плити, клейові та армувальні шари, армувальна сітка та декоративне оздоблення, що суттєво знижує функціональні характеристики будівель, а іноді унеможлиблює їх подальшу експлуатацію.

Значна частина пошкоджених об'єктів за результатами технічних обстежень відноситься до таких, що підлягають відновленню шляхом поточного або капітального ремонту, реконструкції чи реставрації [4]. У цьому контексті важливо розглядати не тільки технічні, а й економічні, соціальні та навіть психологічні аспекти: зруйновані фасади символізують незахищеність, а їх відновлення – повернення до нормального життя.

Отже, актуальним завданням сьогодення є розроблення ефективних методів відновлення, пошкоджених у наслідок військових дій, фасадних систем з

урахуванням їх фактичного технічного стану, вимог діючої нормативної документації, ущільнених умов забудови та економічної складової.

Постановка завдання. Для виконання поставленого глобального завдання насамперед необхідно дослідити види пошкоджень різних типів систем фасадної теплоізоляції. А у якості критерію поділу було обрано відстань влучання вибухового елементу: безпосереднє влучання; відстань від 25 до 50 м; відстань понад 50 м.

Виклад основного матеріалу. Дослідження видів пошкоджень буде виконано для кожної окремої конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією (системи фасадної теплоізоляції), що найбільш поширені/ регламентовані чинними нормами (ДБН В.2.6-33 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування» [5]).

У даній публікації дослідимо пошкодження фасадів лише від дії далекобійних БПЛА по типу «шахед» та ракет різних типів. При цьому пропонується аналізувати пошкодження залежно від місця влучання вибухового елементу. Як зазначено раніше, можуть бути такі критерії оцінювання: влучання безпосередньо у стіни; влучання у межах 25 м від стіни; влучання у межах 25 – 50 м від стіни.

Аналіз видів пошкоджень проводили шляхом вивчення матеріалів технічних звітів з обстеження будівель та споруд, що розроблені спеціалістами КНУБА [6] та фото- і відеоматеріалів, що були відзняті авторами публікації та тих, що наявні у мережі інтернет або інших доступних джерелах.

Найбільш поширеною системою фасадної теплоізоляції на території нашої держави є – збірна система з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками (рис. 2). Тому, аналізувати вплив на неї пошкоджень, спричинених військовими діями, будемо в першу чергу.

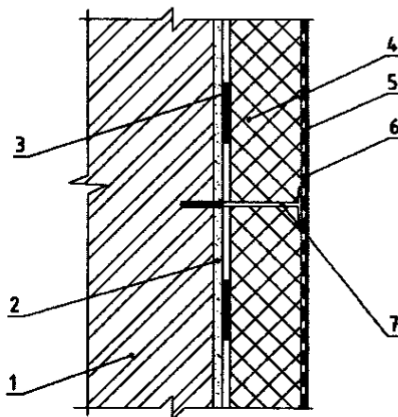


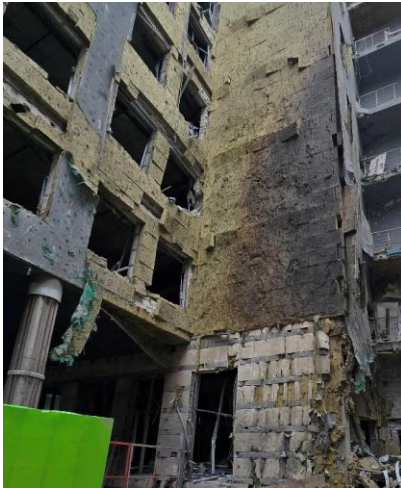
Рис. 2. Конструктивна схема збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками: 1 – несуча частина стіни; 2 – вирівнювальний штукатурний шар; 3 – клейовий шар; 4 – шар теплової ізоляції; 5 – захисний шар, армований склосіткою; 6 – опоряджувальне покриття; 7 – елемент механічного кріплення утеплювача*

* Джерело – [5]

Аналізом наявної інформації встановлено ряд особливостей збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками у разі пошкодження від військових дій. Так, у разі *влучанні вибухового засобу безпосередньо у стіну* (рис. 3, а) спостерігається повна втрата системи фасадної теплоізоляції у зоні руйнування стіни та на кілька метрів (інколи до 10 – 15 м) від цієї зони з оголенням конструкцій самої стіни. На більшій відстані від зони відшарування опорядження з фасаду можуть спостерігатися локальні пошкодження від осколків вибухового елемента, або будівельних конструкцій. Крім цього, може бути локальне відшарування та/або розтріскування фінішного тонкошарового опорядження.



а)



б)



в)

Рис. 3. Вид та ступінь пошкодження збірної системи фасаду з опорядженням тонкошаровою штукатуркою залежно від місця влучання вибухового елемента:
а – безпосередньо у стіну; б – у межах 25 м від фасаду;

в – у межах від 25 до 50 м*

* Джерело – власні фото авторів

Системи, що аналізуються можуть мати в основі шар теплової ізоляції з пінополістиролу / екструдованого пінополістиролу або мінеральної вати. Мінеральна вата є негорючим матеріалом, а тому під час пожежі та впливу високих температур такий матеріал фактично не пошкоджується та не втрачає своїх властивостей. Натомість пінополістирольні матеріали є легкозаймистими і не витримують високих температур. У зв'язку з цим, при наявності горіння від вибуху існує висока ймовірність вигорання саме теплової ізоляції [7]. Інколи виявлялося, що тонкошарова штукатурка залишалася в своєму проєктному положенні, а теплоізоляція під нею вигоріла на кілька метрів.

Вид і ступінь пошкодження системи фасадної теплоізоляції з тонкошаровими штукатурками також залежить від якості її влаштування, а саме від дотримання конструктивно-технологічних рішень. Наприклад, система де теплоізоляція приклеєна точково значно легше відривається від основи ніж така, що приклеєна суцільно. Аналогічна ситуація і з теплоізоляцією де відсутнє механічне кріплення, або кількість елементів такого кріплення суттєво менша за вимоги нормативної документації.

У разі *влучання вибухового засобу у межах 25 м від фасаду* (рис. 3, б) спостерігається ситуація подібна до тієї, що при безпосередньому влучанні у стіну, але з меншим ступенем пошкоджень фасаду. У більшості випадків відсутні значні ділянки повного руйнування фасаду, оскільки стіна залишається цілою, або ж таке руйнування буде значно меншим порівняно з прямим влучанням. При якісному кріпленні теплоізоляції до стіни може спостерігатися локальна ділянка ($2 - 10 \text{ м}^2$) повної втрати системи та/або відшарування тонкошарового опорядження від теплоізоляції та/або наскрізні отвори у системі від осколків та уламків. У разі поганої фіксації системи до основи, окрім зазначеного раніше, можлива повна її втрата і на ділянках до 50 м^2 .

При *влучанні вибухового засобу в межах від 25 до 50 м від фасаду* (рис. 3, в) спостерігаються поодинокі отвори від влучання осколків і уламків та незначні ділянки відшарування/ деформування тонкошарового декоративного опорядження.

Конструктивна схема збірної системи з опорядженням товстошаровими штукатурками наведена на рис. 4.

Така система подібна за конструктивом до тієї, що представлена на рис. 2. Її використання обумовлено декоративними вимогами до фасаду, наприклад створення ефекту натурального каменю типу «травертин» і зустрічається, в основному, на об'єктах малоповерхової забудови при створенні естетично розвинених декоративних фасадів [8]. Фасадів з таким опорядженням обмаль саме тому виявити пошкоджені будівлі з такими фасадами не вдалося. Отже і виконати аналіз їх пошкоджень від впливу вибухів наразі немає можливості.

Конструктивна схема збірної системи із стояковим (рис. 5) та стояково-ригельним кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару є подібним за суттю та принципом функціонування, тому їх при аналізі об'єднано в одну групу.

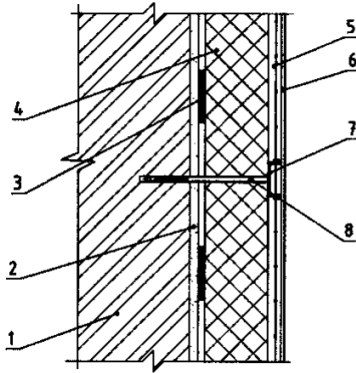


Рис. 4. Конструктивна схема збірної системи з опорядженням товстошаровими штукатурками: 1 – несуча частина стіни; 2 – вирівнювальний штукатурний шар; 3 – клейовий шар; 4 – шар теплової ізоляції; 5 – захисний шар, армований металевою сіткою; 6 – опоряджувальне покриття; 7 – фіксатор металевої сітки; 8 – елемент механічного кріплення утеплювача*

* Джерело – [5]

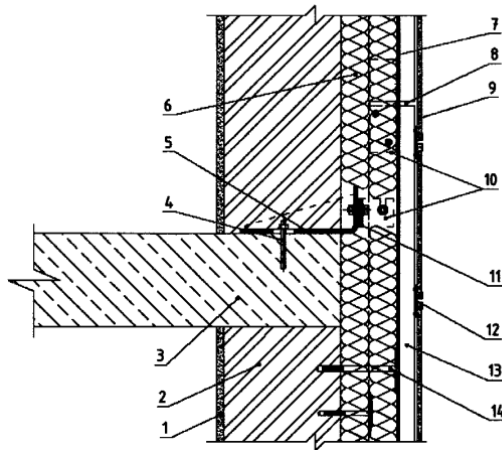
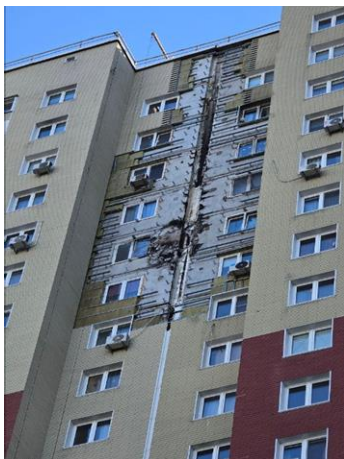


Рис. 5. Конструктивна схема збірної системи із стояковим кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару: 1 – внутрішня штукатурка; 2 – несуча частина стіни; 3 – залізобетонна плита перекриття; 4 – анкер клиновий; 5 – кронштейн; 6 – шар теплової ізоляції; 7 – повітрозахисна мембранна плівка; 8 – повітряний вентиляований прошарок; 9 – індустріальні личкувальні елементи (керамічні плити); 10 – з'єднувальні елементи; 11 – прокладка; 12 – кляммер; 13 – стояк; 14 – елемент механічного кріплення утеплювача*

* Джерело – [5]

Ця система теплоізоляції відноситься до вентильованих фасадів і на відміну від попередніх конструктивних систем не містить клейового та клеючо-армуючого шарів. Її кріплення відбувається за рахунок анкерів, кронштейнів та елементів механічного кріплення. Опорядження здійснюється елементами індустріального виготовлення, що кріпляться клямерами та спеціальними з'єднаннями.

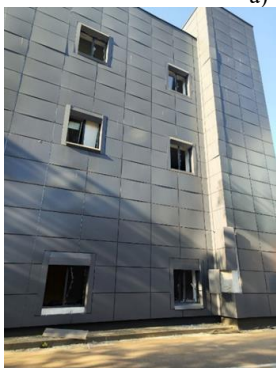
У разі влучанні вибухового засобу безпосередньо у стіну, яка опоряджена збірною системою із стоячковим або стояково-ригельним кріпленням, спостерігається повна втрата системи фасадної теплоізоляції у зоні руйнування стіни та на кілька десятків (інколи до 150 м) метрів від цієї зони з оголенням конструкцій самої стіни (рис. 6, а).



а)



б)



в)



г)



д)

Рис. 6. Вид та ступінь пошкодження збірної системи фасаду із стояково-ригельним кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару залежно від місця влучання вибухового елементу: а – безпосередньо у стіну; б – у межах 25 м від фасаду; в, г, д – у межах від 25 до 50 м*

* власні фото авторів

На дальшій відстані від зони відшарування опорядження з фасаду можуть спостерігатися локальні відшарування індустріальних елементів та пошкодження від осколків вибухового елементу або будівельних конструкцій. Значну область пошкоджень тут можна пояснити потраплянням вибухової хвилі під елементи личкування (облицювання), через повітряний прошарок, та створення там надлишкового тиску, який і відриває конструкції фасаду.

При влучанні вибухового засобу за 25 м від фасаду або ближче (рис. 6, б) спостерігається відшаруванням опоряджувальних елементів індустріального виготовлення на площах до 85 м². При цьому стояково-ригельні елементи або лишаються неушкодженими, або частково відірваними / деформованими. При якісному кріпленні ригелів і з'єднувальних елементів та кріпленні теплоізоляції до стіни пошкоджена ділянка може бути меншою та становити 5-25 м². У будь-якому випадку на опоряджувальних елементах можуть з'явитися наскрізні отвори від осколків та уламків.

Якщо влучання вибухового засобу відбувається на відстані від 25 до 50 м від фасаду, зазвичай, спостерігаються поодинокі отвори від влучання осколків і уламків та, в деяких випадках, ділянки відшарування/ деформування індустріальних елементів на площі до 50 м² (рис. 6, в, г, д).

Конструктивна схема збірної системи з комбінованим світлопрозорим фасадом (рис. 7).

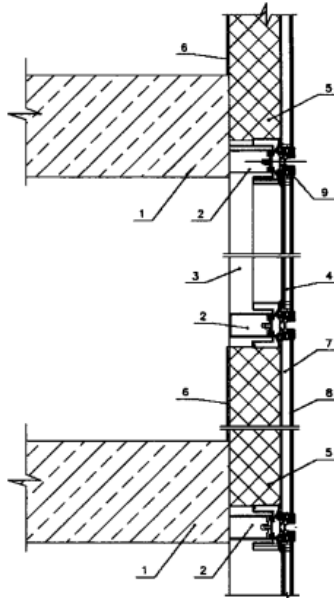


Рис. 7. Конструктивна схема збірної системи з комбінованим світлопрозорим фасадом: 1 – плита перекриття; 2 – елементи несучого каркаса (ригель); 3 – елементи несучого каркасу (стояки); 4 – склопакети (із сонцезахисним склом); 5 – утеплювач; 6 – внутрішня обшивка; 7 – вентиляційний повітряний прошарок; 8 – опоряджувальний світлопрозорий шар; 9 – елемент кріплення опоряджувального шару. Джерело – [5]

Для таких характерні наступні пошкодження у наслідок впливу вибухів.

Так, у разі влучання вибухового засобу безпосередньо у стіну спостерігається повна втрата системи фасадної теплоізоляції у зоні руйнування стіни та на кілька десятків метрів (інколи від 30 до 50 м) від цієї зони з оголенням конструкцій самої стіни. На дальшій відстані від зони відшарування опорядження з фасаду можуть спостерігатися локальні пошкодження у вигляді вибитих склопакетів та опоряджувальних світлопрозорих шарів, а також відшарування елементів теплоізоляційного шару та пошкодження від осколків вибухового елементу, або будівельних конструкцій.

У разі влучання вибухового засобу в межах 25 м від фасаду спостерігається ситуація подібна до тієї, що при безпосередньому влучанні у стіну, що супроводжується наявністю вибитих склопакетів та опоряджувальних світлопрозорих шарів з відшаруванням елементів теплоізоляційних шарів, але з меншим ступенем пошкоджень фасаду. У більшості випадків відсутні значні ділянки повного руйнування фасаду, оскільки стіна залишається цілою або ж таке руйнування буде значно меншим порівняно з прямим влучанням. При якісному кріпленні елементів несучого каркаса та з'єднувальних елементів теплоізоляції до стіни може спостерігатися локальна ділянка (10-20 м²) повної втрати системи та/або вибиті склопакети з опоряджувальними світлопрозорими шарами та/або наскрізні отвори у системі від осколків та уламків. У разі поганої фіксації системи до основи, окрім зазначеного раніше, можлива повна її втрата і на ділянках до 50 м².

Якщо влучання вибухового засобу відбувається у межах від 25 до 50 м від фасаду, то спостерігаються поодинокі отвори від влучання осколків і уламків та, в деяких випадках, вибиті склопакети та ділянки відшарування/ деформування на площі до 100 м² (рис. 8 а, б).



а)



б)

Рис. 8. Вид та ступінь пошкодження збірної системи з комбінованим світлопрозорим фасадом залежно від місця влучання вибухового елементу: а, б – у межах від 25 до 50 м від фасаду (*Джерело: власні фото авторів*)

Конструктивна схема збірної системи з суцільним світлопрозорим фасадом із термоізоляцією плит перекриттів (рис. 9)

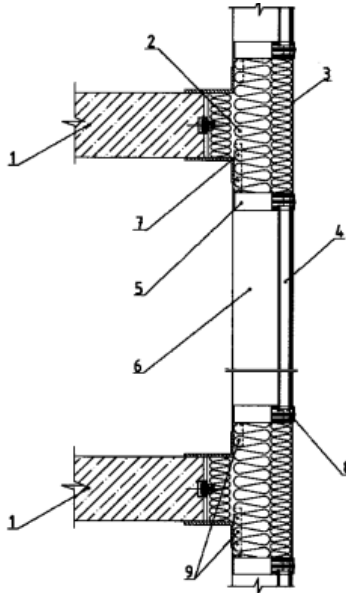


Рис. 9. Конструктивна схема збірної системи з суцільним світлопрозорим фасадом із термоізоляцією плит перекриттів: 1 – плита перекриття; 2 – теплоізоляційний шар; 3 – опоряджувальний світлопрозорий шар; 4 – склопакети (із будівельним склом); 5 – елементи несучого каркаса (ригелі); 6 – елементи несучого каркаса (стояки); 7 – кронштейн; 8 – елемент кріплення світлопрозорого опоряджувального шару; 9 – з'єднувальні елементи

* Джерело – [5]

У випадку влучання вибухового засобу безпосередньо у стіну спостерігається повна втрата світлопрозорого фасаду в зоні руйнування стіни та на 50-80 метрів від цієї зони з оголенням конструкцій самої стіни (рис. 10, а). На більшій відстані від епіцентру вибуху можуть спостерігатися локальні пошкодження у вигляді вибитих склопакетів. Особливістю такого фасаду при впливі на нього вибуху є те, що відбувається значна втрата скляного заповнення із протилежної сторони будівлі. Що пояснюється відсутністю внутрішніх несучих стін у будівлях такого типу.



Рис. 10. Вид та ступінь пошкодження збірної системи з суцільним світлопрозорим фасадом із термоізоляцією плит перекриттів залежно від місця влучання вибухового елементу: а – безпосередньо у стіну; б, в – у межах від 25 до 50 м від фасаду *

** власні фото авторів*

При влучанні вибухового засобу до 25 м від фасаду будуть наявні вибиті склопакетів та опоряджувальні світлопрозорі шари. Можуть спостерігатися ділянки (10-100 м²) втрати склопакетів та/або наскрізні отвори у системі від осколків та уламків.

Якщо влучання вибухового засобу відбувається у межах від 25 до 50 м від фасаду, то, зазвичай, спостерігаються поодинокі отвори від влучання осколків і уламків та, в деяких випадках, вибиті склопакети на площі до 60 м² (рис. 10 б, в).

На рис. 11 представлена конструктивна схема збірної системи з облицюванням цеглою.

Одна з розповсюджених систем теплоізоляції, поширена для цегляних безкаркасних будівель та базується на утепленні несучих стін з подальшим їх облицюванням фасадною цеглою [4].

При влучанні вибухового засобу безпосередньо у стіну (рис. 12) спостерігається повна втрата облицювання фасаду з цегли та теплоізоляції у зоні епіцентру вибуху та на кілька метрів (інколи до 10 – 15 м) навколо. На більшій відстані від зони ураження спостерігаються локальні деформації та тріщини і пошкодження від осколків вибухового елементу, або будівельних конструкцій.

Слід зауважити, що вид і ступінь пошкодження такого фасаду залежить від якості його влаштування, а саме від дотримання проєктних конструктивно-технологічних рішень.

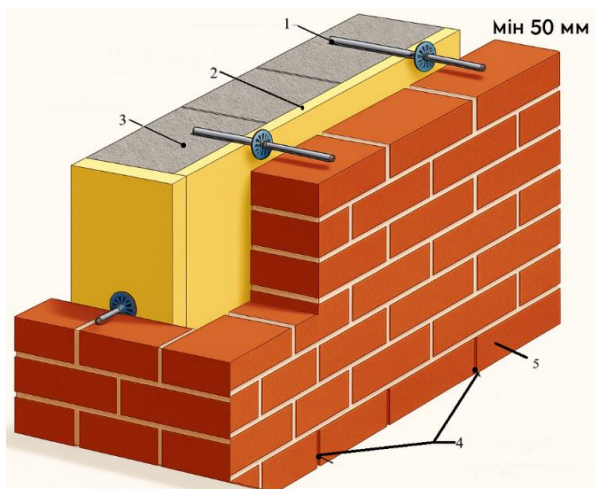


Рис. 11. Конструктивна схема збірної системи теплоізоляції з облицюванням цеглою: 1 – дюбель; 2 – теплоізоляційний шар; 3 – зовнішня стіна; 4 – щілини для проходження повітря; 5 – облицювання з цегли*

* Джерело – [5]

Якщо влучання вибухового засобу відбувається у межах 25 м від фасаду, тоді спостерігається ситуація подібна до тієї, що при безпосередньому влучанні у стіну, але з меншим ступенем пошкоджень фасаду. У більшості випадків відсутні значні ділянки повного руйнування фасаду, оскільки стіна залишається цілою, або ж таке руйнування буде значно меншим порівняно з прямим влучанням.

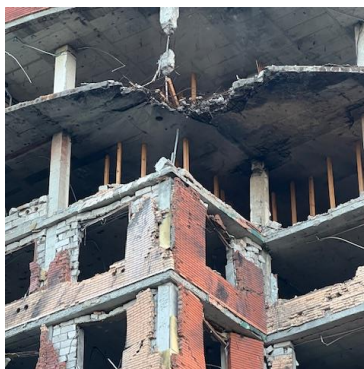


Рис. 12. Вид та ступінь пошкодження збірної системи з облицюванням цеглою при влучанні вибухового елементу безпосередньо у будівлю

* власні фото авторів

Влучання вибухового засобу в межах від 25 до 50 м від фасаду спричиняє здебільшого поодинокі сколи на цегляній кладці від влучання осколків і уламків та незначні ділянки деформування та тріщини у цегляній кладці.

Висновки. У процесі досліджень виду та ступеню пошкоджень будівель та споруд, що безпосередньо уражені вибуховими елементами або ж потрапили у зону впливу вибухової хвилі встановлено, що фасадні системи виявилися одними з найуразливіших. Пошкодження фасадів суттєвим чином знижує функціональні характеристики самої теплоізоляції і будівель, а іноді і взагалі унеможлиблює їх подальшу експлуатацію. Крім пошкоджень від прямого влучання та влучання уламками і осколками притаманні і такі, що викликані дією вибухових хвиль (динамічними впливами). Такі пошкодження специфічні, часто мають прихований характер, оскільки не завжди відразу можна помітити зовнішні і внутрішні дефекти спричинені дією такої хвилі.

Встановлено, що основними компонентами пошкоджень фасадних систем є кріплення, теплоізоляційні плити, клейові та армувальні шари, армувальна сітка, декоративне оздоблення, опоряджувальні світлопрозорі шари, склопакети, елементи несучого каркаса, кронштейни, повітрязахисні мембрани, індустриальні облицювальні елементи.

Наразі встановити загальні масштаби та здійснити загальну кількісну оцінку руйнування конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією неможливо. Це пов'язано з безперервними обстрілами як прифронтових, так і розташованих на значній відстані об'єктів від лінії бойового зіткнення. Така оцінка є необхідною для вибору оптимальних технологій відновлення пошкоджених фасадних систем актуальним завданням.

Так, фасадні системи з вентиляційним прошарком та облицюванням елементами індустриального виготовлення схильні до локального відшарування та/або деформування на значних площах навіть у випадку вибуху на значній відстані від будівлі. Збірні системи з суцільним світлопрозорим фасадом із термоізоляцією плит перекриттів найбільш схильні до руйнівної дії від позапроектних впливів. Натомість фасади з облицюванням цеглою виявилися менш уразливими до вибухів. Більшість об'єктів, що досліджувалися за результатами обстежень відносяться до таких, що підлягають відновленню шляхом поточного або капітального ремонту, реконструкції чи реставрації.

Список літератури:

1. Молодід О. Методи відновлення будівельних конструкцій пошкоджених наслідок позапроектних впливів : монографія. Київ : Ліра-К, 2025. 156 с.
2. Molodid O. et al. Inspection of war-damaged buildings and structures by the example of urban settlement Borodianka. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2023. No. 110. P. 328–343. URL: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.328-343> (date of access: 01.12.2025).
3. World Bank Group. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released. *World Bank*. URL: <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released> (date of access: 01.12.2025).
4. Савйовський В. Термомодернізація будівель. Київ : Ліра-К, 2021. 278 с.

5. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. На заміну ДБН В.2.6-33:2008 ; чинний від 2018-12-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018.

6. Молодід О. Система формування конструкторсько-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій: дис. д-ра техн. наук: 05.23.08. Київ, 2021. 453 с.

7. Каргін О.І. Підвищення пожежної безпеки конструкцій зовнішніх стін житлових будинків із фасадною теплоізоляцією та горючим утеплювачем: дис. д-ра філос.: 261. Львів, 2024. 235 с.

8. Молодід О.С., Скочко В.І., Кожедуб С.А. Теплоізоляція фасадів будівель системними рішеннями ThermoELF: навч. посіб. Київ: Ліра-К, 2025. 216 с.

Oleksandr MOLODID, Volodymyr PIPA

Analysis of the problem of damage to facade systems as a result of military action

As a result of Russian aggression, Ukraine's civilian infrastructure has suffered extensive destruction and damage. Among the damaged objects, special attention is drawn to facade systems with thermal insulation, which proved to be unstable and vulnerable to non-design influences. The main components of facade systems that are damaged as a result of military actions have been identified. The impact of facade damage on the functional characteristics of the thermal insulation itself and the buildings as a whole has been established. The authors analysed the extent and overall quantitative assessment of the destruction of external wall structures with facade thermal insulation. In order to select the optimal technologies for restoring damaged facade systems, it is necessary to analyse the extent of destruction and the type of damage. The article analyses six main types of facade thermal insulation structural schemes that are most common in construction. The article examines the types and extent of damage depending on the location of the explosive element's impact relative to the building or directly on the building and the type of facade system. That is, the distance of the explosive element's impact was chosen as the criterion for classification: direct impact; distance from 25 to 50 m; distance over 50 m. Of particular interest for further research is the change in the scale and nature of destruction depending on the type of facade. As a result of the survey of damaged facade systems, the nature of the impact of shock waves was also revealed. The tasks for further scientific research have been formulated, namely the need to develop methods for repairing damage to facade systems caused by military actions. The most suitable methods for repairing facade systems damaged by military actions have been proposed. It has been established which type of facades are more susceptible to destructive effects from non-design influences.

Keywords: *external wall structures, facade thermal insulation, damage, military actions, monitoring, analysis, safety, restoration, serviceability, major repairs, reconstruction.*