

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 692.82-049

DOI: 10.31649/2311-1429-2024-2-88-93

Г. С. Ратушняк

В. В. Панкевич

О. Д. Панкевич

ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ОЦІНКУ БЕЗПЕКОВОЇ СИТУАЦІЇ ПРИ ВИБОРІ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Розглянуто питання проектування безпечного середовища в умовах військових загроз та надзвичайних ситуацій. Проведено огляд праць вітчизняних і закордонних науковців щодо питання забезпечення стійкості віконних конструкцій при вибуховій хвилі та надзвичайних ситуаціях, а також аналіз норм та стандартів будівництва щодо проектування віконних конструкцій житлових будівель. Обґрунтовано необхідність оцінювання безпекової ситуації та її врахування під час вибору проектного рішення віконних конструкцій житлових будівель. Визначено фактори, що впливають на оцінку безпекової ситуації. Запропоновано підхід до формалізації і оцінювання цих факторів, що базується на аналізі ризиків і зон ймовірної небезпеки. Запропонована модель оцінювання безпекової ситуації при проектуванні під час вибору віконних конструкцій. Модель передбачає врахування трьох складових: близькість до зони бойових дій та до українсько-російського та україно-білоруського кордонів; наближеність до інфраструктурних та воєнних об'єктів, які є потенційними цілями для ракетно-бомбових атак; кількість потенційних цілей в околі будівлі. Результати дослідження можуть бути корисними для архітекторів, будівельників та проектувальників при обґрунтуванні безпечних будівельних рішень в умовах військових загроз.

Ключові слова: житлова будівля, віконна конструкція, проектування, вибухова хвиля, скло, руйнування, захист, оцінювання, безпека, модель, багатокритеріальний вибір

Вступ

Вибір раціональних віконних конструкцій вимагає виваженого підходу, оскільки геометричні розміри, параметри та характеристики вікна впливають на енергоефективність будівлі, її архітектуру, а також визначають комфорт та безпеку у приміщенні.

Безпекова ситуація в Україні стала одним з ключових факторів, які слід враховувати при проектуванні житлових будівель. За статистикою станом на січень 2024 року через війну кількість зруйнованих житлових будинків становить понад 250 тисяч будівель. З них – 222 тисяч приватних будинків, понад 27 тисяч – багатоквартирних та 526 гуртожитків (1). У зв'язку з військовими діями зростає потреба в адаптації будівель до нових потреб, зокрема щодо захисту від обстрілів, бомбардувань та інших загроз. Це питання зараз активно обговорюється на рівні державної політики, в професійних спільнотах архітекторів та будівельників (2-4) та виробників будівельних конструкцій (5-6). Будівельні норми (7-10) та державні стандарти України (11-13) містять низку вимог які спрямовані на створення безпечного простору мешканців житлових будівель у надзвичайних ситуаціях, що реалізується підвищенням міцності та стійкості огорожувальних конструкцій (стін, покрівель), проектуванням протипожежних систем та евакуаційних виходів, використання негорючих матеріалів для обробки конструкцій, облаштування бомбосховищ. Однак, у чинних нормах (7, 9, 13) відсутні конкретні вимоги щодо регулювання вибору віконних конструкцій при проектуванні житлових будівель з урахуванням безпекової ситуації в Україні. Це є суттєвим недоліком, враховуючи статистику Департаменту з питань безпеки ООН (3), згідно з якою близько 64 % усіх смертей і поранень внаслідок вибухів під час терактів або бомбардувань спричинені уламками розбитого віконного скла. Тобто вікна є однією з основних загроз для людей під час вибухової хвилі. Тому під час вибору віконних конструкцій у зонах з підвищеним ризиком або складною безпековою ситуацією необхідно віддавати перевагу проектним рішенням, що мінімізують загрози для мешканців.

Метою дослідження є аналіз та формалізація факторів, що впливають на оцінювання безпекової ситуації і дають можливість її врахування при обґрунтуванні прийнятті проектного рішення щодо вибору віконних конструкцій житлових будівель.

Огляд літератури

Вибухова хвиля виникає в навколишньому середовищі під час вибуху заряду вибухової речовини, пилу або газу. Наслідком вибуху є різке стрибкоподібне підвищення тиску. Поблизу осередку вибуху

вибухова хвиля поширюється зі стрімкістю, що перевищує швидкість звуку в даному середовищі (ударна хвиля). Основними параметром, що характеризує руйнівну здатність вибухової хвилі є величина надлишкового тиску. Повне руйнування будівлі відбувається при надлишковому тиску ΔP від 35 до 100 кПа залежно від типу будівлі (табл. 1), середні руйнування будівлі будуть в діапазоні величини надлишкового тиску $\Delta P = 15 - 40$ кПа (14). Віконні конструкції руйнуються навіть коли будівля перебуває у зоні слабких руйнувань та пошкоджень (табл. 1).

Таблиця 1

Залежність ступеня руйнування наземних будівель і споруд від надлишкового тиску у фронті ударної хвилі (14)

Ступінь руйнувань	Величина надлишкового тиску у фронті ударної хвилі, кПа	
	Будівлі з легким металевим і залізобетонним каркасом	Цегляні будівлі
Зона повних руйнувань (руйнування або сильна деформація всіх несучих конструкцій та елементів будівель і споруд, суцільні завали)	60-100	35-45
Зона сильних руйнувань	40-60	25-35
Зона середніх руйнувань (більшість несучих конструкцій збережено, і лише частково деформовані, частина несучих конструкцій можуть бути зруйновані повністю)	20-40	15-25
Зона слабких руйнувань (руйнуються вікна, двері, легкі перегородки, з'являються тріщини, в основному в стінах верхніх поверхів).	10-20	8-15
Пошкодження	Порушення найбільш слабких елементів будівель перегородок, дверей, вікон	

Характер руйнування скління також залежить значення надлишкового тиску ΔP (табл. 2). При величині надлишкового тиску $\Delta P = 2,5$ кПа відбувається до 50 % руйнування скління вікон. Під дією надлишкового тиску осколки скла розлітаються і мають велику кінетичну енергію, тому пробивають тверді і м'які поверхні (15). Це підтверджує що віконні конструкції є однією з основних загроз для людей під час вибухової хвилі (табл. 2).

Таблиця 2

Руйнування скління залежно від значення надлишкового тиску

п/п	Характеристика пошкодження скління	Надлишковий тиск ΔP , кПа
1	Повне руйнування скління	7
2	50 % руйнування скління	2,5
3	10% і більш руйнування скління	2

Питання безпеки вікон з точки зору забезпечення стійкості при вибуховій хвилі, у надзвичайних ситуаціях представлена роботами вітчизняних і закордонних науковців (15 – 19), вітчизняними (20 – 22) та закордонними стандартами (23, 24). Питання прийняття рішення при виборі віконної конструкції з врахуванням багатофакторного аналізу, що об'єднує відповідні структурні, архітектурні та будівельні периметри розглянуто в роботі (18). В роботі (15) визначено характеристики пошкодження різних видів скла при дії вибухової хвилі. При розгляді питання вибухозахисності віконних конструкцій у роботах (17, 19) наведено моделі та результати експериментальних досліджень щодо розльоти скла після удару, траєкторії руху уламків скла для прогнозування процесу динамічної реакції скла під навантаженням від вибуху залежно від виду та типу скла. Ці роботи переважно спрямовані на визначення слабких місць віконних конструкцій при ударних та динамічних навантаженнях, розв'язання проблеми максимального захисту людини у приміщеннях від вторинних чинників вибуху (осколків) за рахунок обґрунтування раціональних параметрів вікон при проектуванні будівлі. У розглянутих наукових роботах аналізується питання забезпечення стійкості вікон при прогнозованому розташуванні будівлі в зоні виникнення вибуху.

Підвищити стійкість віконних конструкцій при дії вибухової хвилі можливо технічними рішеннями (4, 15, 23): використанням спеціальних вибухостійких матеріалів; поділ вікна на невеликі ділянки скління (шибки); встановленням ударостійкої плівки, зміцнення вікон за рахунок підвищення стійкості елементів вікна, використанням противибухових сітчастих завіс, використанням пристроїв для уловлювання вікон. Перераховані заходи не є визначеними стандартами, оскільки не існує національних та міжнародних стандартів, що регулюють використання протиударних систем.

Матеріали та методи

Теоретико-методичною та інформаційною базою досліджень стали будівельні норми та державні стандарти України, законодавчі та нормативні акти у сфері будівництва, наукові доробки вітчизняних і закордонних дослідників за обраною проблематикою дослідження, офіційні статистичні матеріали, матеріали науково практичних конференцій різних рівнів, власні спостереження.

Для здійснення теоретичних узагальнень, визначення факторів впливу, формалізації факторів вибору та формування висновків і рекомендацій використовувались методи: аналізу, систематизації та узагальнення інформації, абстрактно-логічний.

Результати та обговорення

Стійкість вікна до дії вибухової хвилі можна забезпечити на етапі проектування, за рахунок обрання варіанту вікна з підвищеними властивостями стійкості до дії вибуху. Тому при розробці будівельних рішень критично важливо оцінити безпекову ситуацію, щоб визначити необхідність її врахування при виборі віконної конструкції при проектуванні будівлі, особливо це актуально в умовах перебування України у воєнному стані.

Для обґрунтованого прийняття рішення при проектуванні будівлі, а саме при виборі віконних конструкцій сьогодні перед проектувальниками постає задача визначити важливість врахування безпекової ситуації. Для цього необхідно окреслити фактори на основі яких можливо оцінити рівень загрози виникнення вибуху та виникнення можливих небезпечних ситуацій. Сьогодні існує методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (25), за якою проводиться експертиза промислових об'єктів. Методика застосовується для розробки декларації безпеки об'єктів підвищеної небезпеки; для прийняття рішень щодо розташування та експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки; для розробки заходів щодо запобігання аварій та підготовки до реагування на них. За методикою (25) проводять оцінку ризику (імовірності) виникнення аварій для кожної ініціюючої аварію події на потенційному джерелі аварії - виконується оцінка імовірності її реалізації протягом одного року. Для розрахунків за даною методикою може використовуватися: дерево "відмов"; аналіз видів і наслідків відмов; обробка статистичних даних про аварійність технологічної системи, що відповідають специфіці об'єктів підвищеної небезпеки чи виду діяльності; експертні оцінки імовірності виникнення події, що розглядається, виконані за певною методикою та інші методи оцінки. Ця методика проведення кількісного аналізу ризиків з моделюванням поширення небезпечних речовин або теплових хвиль у випадку аварій потребує значних ресурсів, часу та залучення кваліфікованих фахівців. Крім того, сам процес збору даних та аналізу сценаріїв може бути дуже тривалим, що ускладнює його використання для оперативних рішень. Розрахунки за методикою потребують залучення спеціального програмного забезпечення та експертів, що значно підвищує складність та вартість оцінки. Наприклад, моделювання для симуляції вибухів або поширення токсичних речовин вимагає потужних комп'ютерних ресурсів, що не завжди доступно для всіх об'єктів.

Регламентованої методики яка б дозволяла обґрунтовувати важливість врахування безпекової ситуації при проектуванні віконних конструкцій житлової будівлі сьогодні відсутня. Тому перед проектувальниками стоїть задача: визначити важливість та необхідність врахування безпекової ситуації під час проектування будівлі. та моделі

Існують рекомендовані способи підвищення безпеки вікон, такі як використання ламінованого або загартованого скла, посилені профілі чи протиударні плівки. Однак ці рекомендації не мають офіційного підтвердження у вигляді будівельних норм, що регламентували б обов'язковість таких рішень. Без належного обґрунтування оцінки безпекової ситуації це питання залишається на розсуд забудовників та проектувальників, що може призвести до недостатнього рівня захисту мешканців у житлових будинках.

Моделі, які дозволяють у тій чи іншій мірі обґрунтувати як вплинуть параметри вибухової хвилі (надлишковий тиск, маса вибухової хвилі, відстань від епіцентру вибуху) на стійкість та міцність скла віконної конструкції на сьогодні існують. Ці моделі можна застосовувати коли відомі конкретні характеристики вибухонебезпечного об'єкту та його розташування по відношенню до віконної конструкції проектною будівлі. Також існують рекомендовані способи підвищення безпеки вікон (3, 4, 15): використання ламінованого або загартованого скла; посилені профілі чи протиударні плівки. Однак ці рекомендації не мають офіційного підтвердження у вигляді будівельних норм, що регламентували б обов'язковість таких рішень.

Оцінити необхідність врахування безпекової ситуації щодо вибору вікон при проектуванні

будівель пропонується за аналізом таких факторів:

- 1) близькість до зони бойових дій та до українсько-російського та україно-білоруського кордонів;
- 2) наближеність до інфраструктурних та воєнних об'єктів, які є потенційними цілями для ракетно-бомбових атак;
- 3) кількість потенційних цілей в околі будівлі.

Близькість до зони бойових дій та до українсько-російського та україно-білоруського кордонів пропонується оцінювати за на основі просторової організації території України, що представлено у проєкті “Державної стратегія регіонального розвитку на 2021-2027 роки в Україні” (26). Відповідно до якої територія України поділена на макрорегіони за показником безпеки (рис. 1).



Рисунок 1 – Макрорегіони України за показником безпека (26)

На карті зазначено, що в Україні території (макрорегіони) відрізняються між собою за показником безпеки, а саме:

- територія не придатна для проживання та ведення економічної діяльності – 5 км вздовж лінії фронту та україно-російського та україно-білоруського кордонів;
- макрорегіон «Рубіж» - територія найбільшої небезпеки для проживання та ведення економічної діяльності – 30 км вздовж лінії фронту та україно-російського кордону;
- макрорегіон «Фронтір» – небезпечна територія в межах 100 км вздовж лінії фронту та україно-російського кордону. До його складу входять Миколаївська, Одеська, Херсонська, Запорізька, Донецька, Луганська, Харківська, Сумська та Чернігівська області.
- макрорегіон «Опора» є умовно безпечним; він зазнає менших втрати від війни та має кращі можливості для розвитку галузей економіки, які потрібні в першу чергу Україні для перемоги. Цей макрорегіон утворюють Дніпропетровська, Полтавська, Київська, Черкаська, Кіровоградська та Житомирська області;
- макрорегіон «Тил» є найбільш безпечним. Його утворюють Вінницька, Хмельницька, Тернопільська, Чернівецька, Волинська, Рівенська, Львівська, Івано-Франківська та Закарпатська області.

Для визначення фактору близькості до зони бойових дій та до українсько-російського та україно-білоруського кордонів відсутні кількісні дані за якими можливо було б визначити важливість (пріоритетність) кожного макрорегіону при визначенні безпекової ситуації, що впливає на прийняття проєктного рішення. В цьому випадку доцільно для чисельного встановлення відносної важливості

кожного макрорегіону при прийнятті рішення застосувати метод парних порівнянь Сааті. Цей метод є зручним у використанні і дозволяє пріоритизувати та визначити важливість певних факторів на основі експертної оцінки.

Розташування критичної інфраструктури або військових об'єктів поблизу житлових зон підвищує ризик потрапляння в зону ураження як безпосередньо, так і побічно через уламки, вибухові хвилі або пожежі. Унаслідок атак на енергетичні об'єкти в таких містах, як Київ, Харків, Дніпро, постраждали житлові будинки, розташовані поблизу – через пошкодження від вибухових хвиль та уламків. Другий фактор, який впливає на оцінку безпекової ситуації, визначимо як наближеність об'єкту будівництва до об'єктів, які є потенційними цілями для ракетно-бомбових атак ворога. До цих об'єктів віднесемо (27):

- об'єкти, що можуть спричинити виникнення надзвичайних ситуацій та вплинути на стан захисту населення і територій (об'єкти, які за результатами ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки віднесено до об'єктів підвищеної небезпеки відповідного класу; хімічно небезпечні об'єкти, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками; гідротехнічні споруди, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками; будівлі з умовною висотою понад 100 метрів, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками.; пожежовибухонебезпечні об'єкти, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками, наприклад, автозаправні та газозаправні (з використанням зрідженого газу) комплекси; наприклад газонаповнювальні станції та пункти, склади газу і газопродуктів; вибухонебезпечні об'єкти зберігання, утилізації та знищення боєприпасів усіх видів, вибухових речовин, ракет і ракетного палива тощо). Повний перелік об'єктів, що можуть спричинити виникнення надзвичайних ситуацій та вплинути на стан захисту населення і територій Додатку до постанови Кабінету Міністрів України від 9 січня 2014 р. № 6 (27);
- об'єкти, що забезпечують стале функціонування держави в умовах надзвичайних ситуацій і в особливий період (19), це пункти управління, утворені в органах державної влади, органах місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання; об'єкти газопостачання, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками; об'єкти водопостачання та водовідведення, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками; об'єкти виробництва та передачі електричної енергії; об'єкти електрозв'язку, проводового та радіомовлення і телебачення; об'єкти повітряного транспорту, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками; об'єкти морського та річкового транспорту, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (CC2) та значними (CC3) наслідками; об'єкти залізничного транспорту - вокзали з пасажиропотоком 1500 і більше осіб на добу; пункти управління залізничним рухом; об'єкти автомобільного транспорту: автовокзали з пасажиропотоком 1500 і більше осіб на добу; автомобільні заправні станції та комплекси; об'єкти критичної інфраструктури, які віднесені до I-IV категорії критичності відповідно до законодавства.

При оцінюванні віддаленості (відстані) об'єкта проєктування (житлової будівлі) від перелічених об'єктів проаналізовано вітчизняні та закордонні норми проєктування (7, 9, 23) та дослідження (4, 5, 15). За проведеним аналізом виділено дві небезпечні зони. Зона великої небезпеки сусідства, коли відстань до потенційних цілей не перевищує 300 м, та зона середньої небезпеки сусідства, коли відстань до потенційних цілей знаходиться в діапазоні [300, 700] метрів. Вибір ширини зон враховує руйнівну дію вибухової хвилі і точність влучання у ціль.

Третім фактором впливу на оцінювання врахування безпекової ситуації є кількість об'єктів розташованих поблизу житлової будівлі, що виступають потенційними цілями для ракетно-бомбових атак ворога. Якщо поблизу будівлі є кілька потенційних цілей тоді ризику пошкодження будівлі зростають, тому пропонується при оцінці безпекової ситуації врахувати наявність в радіусі 500 м від аналізованої будівлі 2 або більше потенційних цілей.

Аналіз та формалізацію факторів дозволяє запропонувати модель, що забезпечує оцінку важливості врахування безпекової ситуації при проєктуванні конструкцій житлових:

$$w = w_1 + w_2 + w_3,$$

де w_1 – фактор, який враховує віддаленість від зони бойових дій;

w_2 – фактор, який враховує віддаленість від об'єктів можливих ракетно-бомбових атак: військових частин, об'єктів військово-промислового комплексу, аеродромів, електростанцій,

нафтобаз та інших інфраструктурних об'єктів;

w_3 – фактор, враховує кількість об'єктів можливих ракетно-бомбових атак.

Дану модель формалізованих факторів впливу на оцінку безпекової ситуації може бути імплементована у модель обґрунтування прийняття рішень щодо вибору віконних конструкцій проєктуванні житлових будівель.

Висновки

Врахування безпекової ситуації під час вибору віконних конструкцій є критично важливим, особливо в умовах підвищених ризиків, таких як військові дії або природні катастрофи. Проведено аналіз та формалізація факторів впливу на оцінювання безпекової ситуації і дають можливість її врахування при прийнятті проєктного рішення щодо вибору віконних конструкцій житлових будівель. Запропоновано модель оцінювання важливості врахування безпекової ситуації під час вибору віконних конструкцій житлових будівель, яка дозволяє врахувати безпекову ситуацію при проєктуванні конструкцій житлових будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Over \$150 billion: the amount of damage to Ukrainian infrastructure due to the war (2024). Retrieved from: <https://www.unian.ua/economics/finance/viy-na-v-ukrajini-nazvano-novu-suma-zbitkiv-ukrajinskoji-infrastrukturi-12541719.html>
2. Ratushnyak G. S., Pankevych V. V. (2023) Determining factors of influence on the safety of window structures. In International Scientific and Technical Conference “Energy Efficiency in the Sectors of the Economy of Ukraine-2023” : Materials of the scientific conference with international participation. Vinnytsia. Retrieved from: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19061>
3. How to protect windows from a blast wave (2023) Retrieved from: https://tvoemisto.tv/news/yakyy_zahyst_vberezhe_vas_ulamkiv_skla_pry_vybuchah_151722.html
4. Ratushnyak, G., & Pankevych, V. (2023). Identification of factors that determine the safety of windows under the influence of a blast wave. *Modern Technologies, Materials and Structures in Construction*, 20(1), 42-48. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-42-48>
5. How to reduce the danger from windows due to explosions (2022). Retrieved from: <https://okna.ua/ua/library/yak-znyzhyty-nebezpeku-vid-vikon-cherez-1> (дата звернення: 18.12.2023).
6. Windows: resistance to explosion. (2023). Retrieved from: <https://okna.ua/ua/library/vikna-stiykist-do-vybuchu>
7. DBN B.2.2-15:2019 Residential buildings. Main provisions. with amendments. (2022).
8. DBN B.1.2-4:2019 Engineering and technical measures of civil protection (2019).
9. DBN 6.1.2-14:2018 System of ensuring reliability and structural safety of buildings and structures (2019).
10. DBN B.2.2-12:2019. Planning and development of territories. (2019).
11. DSTU B V.1.1-36:2016. Determination of categories of premises, buildings and outdoor installations by explosion and fire hazard. National standards of Ukraine (2017).
12. DSTU-N B V.2.6-146: 2010 Guidelines for the design and installation of windows and doors. National standards of Ukraine (2010).
13. DSTU EN 14351-1:2020. Windows and doors. Requirements. Part 1: Windows and external doors. (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT). National standards of Ukraine (2020).
14. Reconstruction of non-residential premises into an administrative building with infrastructure. Section of engineering and technical measures of civil protection. (2021) Retrieved from: <https://e-construction.gov.ua/files/upload/83b2f070-3ca7-11ec-b70a-cf7cfdcf0b3f.pdf>
15. Blast protection for windows. UN Department of Safety and Security : PSU Information Bulletin. 2021. Retrieved from: https://www.unicef.org/jordan/media/5951/file/LRFP-2021-9166373-Annex_4-Blast_Protection_for_Windows.pdf
16. Van der Woerd J.D., Wagner M., Pietzsch A. Design methods of blast resistant façades, windows, and doors in Germany: a review. *Glass Struct Eng.* 2022. Vol. 7. P СБ. 693-710. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40940-022-00213-w>
17. Yuan Ye., Tan P. J., Yibing Li. Dynamic structural response of laminated glass panels to blast loading. *Composite Structures*. 2017. Vol. 182. PСБ. 579-589. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.09.028>
18. Ataei H., Anderson J. C. Mitigating the injuries from flying glass due to air blast. *Forensic Engineering* 2012: Gateway to a Safer Tomorrow. 2013. DOI: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784412640.015>
19. Xu Jun Experimental investigation on constitutive behavior of PVB under impact loading. *International Journal of Impact Engineering*. 2011. Vol. 38, iss. 2-3. Pp. 106-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2010.10.001>
20. EN 14351-1:2006+A2:2016 Windows and doors - Product standard, performance characteristics - Part 1: Windows and external pedestrian doorsets
21. DSTU EN 13123-2:2006. Windows, doors and blinds. Resistance to explosion. Classification and technical requirements Part 2. Test range. National standards of Ukraine (2006).
22. DSTU 4547:2006. Windows, doors and blinds. Bullet resistance. Requirements and classification (EN 1522:1998, MOD). National standards of Ukraine (2006).
23. GSA-TS01-2003. Standard Test Method for Glazing and Window Systems Subject to Dynamic Overpressure Loadings // *Architectural Armour* : вебсайт. Retrieved from: <https://www.architecturalarmour.com/tech-spec/blast-specification-testing/gsa-ts01-2003>
24. SRF and Cable Catchers : PSU Information Bulletin. 2022. 18 p. Retrieved from: https://www.unhcr.org/ua/wp-content/uploads/sites/38/2022/08/Annex-A-2_PSU-Information-Bulletin-11-SRF-and-Cable-Catchers.pdf

25. Methodology for determining risks and their acceptable levels for declaring the safety of high-risk facilities. Order of the Ministry of Labor and Social Policy of Ukraine of No. 637 (2002, December) Retrieved from: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN5355>
26. Analyze and discuss the draft updated state strategy for regional development 2027. (2023). Retrieved from: https://www.csi.org.ua/news/analizuyemo-ta-obgovoryuyemo-proyekt-onovlenoyi-derzhavnoyi-strategiyi-regionalnogo-rozvytku-2027-2/?fbclid=IwAR1zvoehfHKM5fW4C3x_LNm7yCipbZIT0Ik9NnXCo_HecNYwjUm3Fzew470
27. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 6. On Approval of the List of Objects, the Project Documentation for Construction of Which Should Include a Section on Civil Protection Engineering Measures (as amended) (2014, January) Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/6-2014-%D0%BF#Text>

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н, професор, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: ratushnyak@vntu.edu.ua, ORCID [0000-0001-9656-5150](https://orcid.org/0000-0001-9656-5150),

Панкевич Володимир В'ячеславович – PhD, асистент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: pankevych@vntu.edu.ua, ORCID [0000-0002-1929-8172](https://orcid.org/0000-0002-1929-8172)

Панкевич Ольга Дмитрівна – к.т.н, доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: pankevich@vntu.edu.ua, ORCID [0000-0001-9391-3435](https://orcid.org/0000-0001-9391-3435)

G. Ratushnyak
V. Pankevych
O. Pankevych

FACTORS INFLUENCING THE ASSESSMENT OF THE SECURITY SITUATION WHEN CHOOSING WINDOW STRUCTURES

Vinnitsia National Technical University

The article considers the issue of designing a safe environment in the context of military threats and emergencies. A review of the works of domestic and foreign scientists on the issue of ensuring the stability of window structures in case of a blast wave and emergencies, as well as an analysis of building codes and standards for the design of window structures of residential buildings is carried out. The necessity of assessing the security situation and taking it into account when choosing a design solution for window structures of residential buildings is substantiated. The factors influencing the assessment of the security situation are identified. An approach to formalizing and evaluating these factors based on the analysis of risks and areas of possible danger is proposed. A model for assessing the security situation in the design process when selecting window structures is proposed. The model takes into account three components: proximity to the combat zone and to the Ukrainian-Russian and Ukrainian-Belarusian borders; proximity to infrastructure and military facilities that are potential targets for missile and bomb attacks; number of potential targets in the vicinity of the building. The results of the study can be useful for architects, builders and designers in justifying safe construction solutions in the face of military threats.

Keywords: residential building, window structure, design, blast wave, glass, destruction, protection, evaluation, safety, model, multicriteria selection

Ratushnyak Georgiy – Candidate of Technical Science, Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnitsia National Technical University, e-mail: ratushnyak@vntu.edu.ua, ORCID [0000-0001-9656-5150](https://orcid.org/0000-0001-9656-5150).

Pankevych Volodymyr – PhD, Assistant Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnitsia National Technical University, e-mail: pankevych@vntu.edu.ua, ORCID [0000-0002-1929-8172](https://orcid.org/0000-0002-1929-8172).

Pankevych Olga – Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnitsia National Technical University, e-mail: pankevich@vntu.edu.ua