

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, В. В. Панкевич

**ВИБІР ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ
З ВРАХУВАННЯМ
БЕЗПЕКОВОЇ СИТУАЦІЇ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2026

УДК 69.028:699.86:614.8

P 25

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 21.05.2026 р.)

Рецензенти:

І. Н. Дудар, доктор технічних наук, професор, ВНТУ

К. М. Предун, доктор економічних наук, професор, КНУБА

Ратушняк, Г. С.

P25 Вибір віконних конструкцій житлових будівель з врахуванням безпекової ситуації : монографія / Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, В. В. Панкевич. Вінниця: ВНТУ, 2026. 142 с.

ISBN 978-966-641-987-6

Монографія присвячена питанням розробки і дослідження критеріїв, методів та алгоритмів оптимального вибору надійних віконних систем для житлового фонду в умовах сучасних загроз. Запропоновано комплексний підхід до оцінювання віконних конструкцій, який об'єднує традиційні вимоги із стандартами фізичної безпеки. Розроблено математичні моделі та багатокритеріальні алгоритми прийняття рішень, що дозволяють обґрунтувати вибір віконних конструкцій з врахуванням безпекової ситуації. Розглянуто економіко-математичне обґрунтування інвестицій у безпекові рішення через оцінювання уникнутих збитків та мінімізацію фінансових ризиків. На цій основі сформульовано практичні рекомендації щодо раціонального проектування віконних конструкцій для мінімізації ризиків у надзвичайних ситуаціях і підвищення рівня безпеки мешканців.

Розрахована на фахівців будівельної галузі, науковців інженерно-технічного спрямування, а також магістрів та аспірантів закладів вищої технічної освіти

УДК 69.028:699.86:614.8

DOI: <https://doi.org/10.31649/617.8163.94.5>

ISBN 978-966-641-987-6 (друк.)

ISBN 978-617-8163-94-5 (PDF)

© Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, В. В. Панкевич, 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ВИБОРУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКОВОЇ СИТУАЦІЇ.....	9
1.1 Особливості вибору віконних конструкцій при проектуванні житлових будівель.....	9
1.2 Аналіз параметрів та характеристик, що впливають на вибір раціональних параметрів віконних конструкцій.....	18
1.2.1 Класифікація базових архітектурно-конструктивних та експлуатаційних параметрів віконних конструкцій	18
1.2.2 Безпеківі характеристики вибору віконних конструкцій	21
1.3 Сучасні підходи та методи прийняття рішень щодо вибору раціональних віконних конструкцій.....	25
1.4 Математичні методи для розробки моделі вибору віконних конструкцій	28
Висновки до розділу 1	31
2 ФОРМАЛІЗАЦІЯ КРИТЕРІЇВ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІКОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ	32
2.1 Критеріїв вибору віконних систем.....	32
2.2 Енергоефективність.....	34
2.2.1 Оцінка впливу площі скління на приведений опір теплопередачі зовнішньої стіни.....	34
2.2.2 Формалізація та комплексна оцінка критерію «Енергоефективність».....	40
2.3 Формалізація та оцінка критерію «Архітектурна привабливість та функціональність».....	41
2.4 Формалізація критерію «Ринкова вартість»	47
2.5 Формалізація критерію «Захист від злону».....	49
2.6 Формалізація критерію «Стійкість вікон до вибухової хвилі»	53
Висновки до розділу 2.....	63

3	МОДЕЛЬ ТА МЕТОДИКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКОВОГО ФАКТОРА	64
3.1	Інтегральний критерій прийняття рішень	64
3.2	Оцінювання частинних критеріїв методом парних порівнянь Сааті	66
3.3	Двоетапний підхід до визначення вагових коефіцієнтів критеріїв	69
3.4	Обґрунтування вагових коефіцієнтів традиційних критеріїв вибору віконних конструкцій за класами об'єктів нерухомості	70
3.5	Математичне моделювання впливу безпекових ризиків на вибір віконних систем	75
3.6	Методика вибору віконних конструкцій з врахуванням безпекових факторів	82
3.7	Алгоритм вибору віконних конструкцій з врахуванням безпекових факторів	83
	Висновки до розділу 3	87
4.	БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКОВОГО ФАКТОРУ	89
4.1	Варіанти віконних конструкцій та вихідні дані	89
4.2	Оцінювання альтернатив за частинними критеріями	94
4.3	Порівняльний аналіз альтернатив віконних конструкцій	102
4.4	Нормування вагових коефіцієнтів критеріїв	104
4.5	Вибір віконних конструкцій з врахуванням безпекового фактору	107
4.5.	Оцінка чутливості інтегрального критерію до зміни соціально-економічного статусу об'єкта	111
	Висновки до розділу 4	115
5	ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВІКОННИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ	116
5.1	Методологічна основа ризик-орієнтованого до вибору віконних конструкцій	116

5.2 Модифікація методу вартості життєвого циклу з інтеграції безпекових ризиків	118
5.3 Математична модель коефіцієнта конструктивної вразливості	121
5.4. Методика оцінки інвестиційної доцільності безпекових інженерних рішень	125
5.5 Апробація та аналіз інвестиційної привабливості безпекових рішень віконних конструкцій	127
Висновки до розділу 5	130
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	131

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

Скорочення	Повна назва
ДБН	Державні будівельні норми
ДСТУ	Державний стандарт України
НБУ	Національний банк України
ПВХ	Полівінілхлорид
АТ-стандартів	Antiterrorism Standards
МАІ	Метод аналізу ієрархій
P1A – P5A	Класи ударостійкого (антивандального) скла за ДСТУ
RC	Resistance Class (клас стійкості до злому за ДСТУ)
PVB	Polyvinyl Butyral (полівінілбутираль)
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
LCC	Life Cycle Cost (вартість життєвого циклу)
NPV	Net Present Value (чиста приведена вартість)
BIM	Building Information Modeling (інформаційне моделювання будівель)
ISO	International Organization for Standardization (Міжнародна організація зі стандартизації)

ВСТУП

Сучасне проектування житлових будівель відбувається в умовах кардинально змінених викликів. Поряд із традиційними вимогами до енергоефективності, теплового комфорту, звукоізоляції та архітектурної виразності все більшого значення набуває забезпечення безпеки мешканців у разі виникнення надзвичайних ситуацій, зокрема воєнних загроз. Вікна, як один із найменш стійких елементів фасадної оболонки будівлі, відіграють подвійну роль: вони забезпечують природне освітлення, вентиляцію та естетичний вигляд приміщення, водночас стаючи потенційним джерелом небезпеки під час дії вибухової хвилі, уламків або спроб несанкціонованого проникнення.

Військовий стан, в якому проживає Україна, виявив критичну вразливість віконних конструкцій. За даними звітів про руйнування інфраструктури, значна частина поранень і травм серед цивільного населення під час обстрілів спричинена саме розлітанням скляних уламків. Традиційні підходи до вибору вікон, орієнтовані переважно на енергозбереження та вартість, вже не відповідають новим реаліям. Сьогодні проєктувальник змушений одночасно вирішувати конфліктуючі задачі: максимізувати теплоізоляційні властивості, забезпечувати комфорт і естетику, а водночас мінімізувати ризики для життя і здоров'я людей у разі вибухового навантаження або злому.

Незважаючи на наявність низки державних будівельних норм (ДБН) та стандартів (ДСТУ), які регулюють вимоги до віконних конструкцій щодо надійності, теплотехнічних, механічних та протизламних характеристик, у них практично відсутні чіткі рекомендації щодо комплексного врахування безпекової ситуації при виборі раціональних параметрів вікон. Це створює суттєвий розрив між нормативними вимогами та реальними потребами проєктування в умовах мінливої безпекової ситуації – від відносно безпечного тилу до прифронтових територій.

Автори монографії протягом кількох років проводили системні дослідження в цьому напрямі. Науковий колектив накопичив значний досвід у дослідженнях у сфері енергоефективності світлопрозорих конструкцій, оцінці їхньої безпеки та розробці моделей підтримки прийняття рішень. Результати цих досліджень частково опубліковано в наукових статтях і доповідях на міжнародних та всеукраїнських конференціях, а також в дисертаційній роботі В. В. Панкевича (2024).

Мета монографії полягає в теоретичному обґрунтуванні та розробці науково-методичного підходу до підтримки прийняття рішень щодо вибору раціональних параметрів віконних конструкцій для житлових будівель з обов'язковим урахуванням змінної безпекової ситуації.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання:

- проаналізувати сучасні підходи та математичні методи моделювання вибору віконних конструкцій;
- систематизувати фактори впливу на енергоефективність, проти-зламну стійкість та вибухостійкість вікон;
- розробити інтегральну модель багатокритеріального вибору віконних конструкцій з адаптивним врахуванням рівня безпекової загрози;
- обґрунтувати рекомендації щодо застосування моделі на різних типах територій (тил, опорні території, прифронтові зони).

Монографія складається з теоретичної та практичної частин. У ній розглянуто нормативно-правову базу, фактори впливу, математичні методи підтримки прийняття рішень (зокрема метод аналізу ієрархій Са-аті), а також запропоновано конкретну інтегральну модель, яка дозволить проєктувальникам обґрунтовано обирати оптимальний варіант віконної конструкції залежно від реальної безпекової ситуації.

Результати дослідження можуть бути корисними для архітекторів, проєктувальників, будівельних компаній, органів державного управління та експертів у сфері цивільного захисту. Запропонований підхід буде сприяти підвищенню стійкості житлового фонду України до сучасних загроз і забезпеченню комплексної безпеки мешканців.

1 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ВИБОРУ ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКОВОЇ СИТУАЦІЇ

1.1 Особливості вибору віконних конструкцій при проектуванні житлових будівель

Зовнішня оболонка будівлі виконує низку ключових функцій: забезпечує тепло- та звукоізоляцію, формує естетичний вигляд споруди та захищає її від впливу зовнішнього середовища. Невід’ємною складовою цієї оболонки в житлових будівлях є вікна – світлопрозорі конструкції, які надають архітектурну виразність будівлі, створюють візуальний зв’язок із навколишнім середовищем, забезпечують природне освітлення, провітрювання та захист внутрішніх приміщень від атмосферних чинників, вітру, опадів і сонячного випромінювання. Крім того, вікна суттєво впливають на тепло- та звукоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій і визначають параметри роботи інженерних систем опалення й вентиляції, а також впливають на рівень безпеки приміщення.

Важливим завданням при виборі віконних конструкцій (віконних блоків) для житлових будівель є досягнення оптимального балансу між архітектурно-естетичними характеристиками, енергоефективністю, економічною доцільністю та безпекою. Державні стандарти ДСТУ [1 – 11] і будівельні норми ДБН [13 – 15] регламентують основні вимоги до конструктивних, теплотехнічних, звукоізоляційних та експлуатаційних характеристик вікон житлових будівель. Водночас у чинній нормативній базі відсутня комплексна методика вибору раціональної (оптимальної) конструкції вікна, яка б ураховувала сукупність визначальних чинників: енергоефективність, функціональність, архітектурно-естетичні параметри, економічність та безпеку.

Конструктивно вікно включає віконний проріз з відкосами, віконний блок, систему ущільнення монтажних швів, підвіконну дошку, елементи відливу та облицювання. Віконний блок є основною функціональною частиною конструкції, яка складається з рами, стулок, імпостів та склопакетів, і визначає функціональні та експлуатаційні властивості вікна (рис. 1.1).

Параметри віконного блоку безпосередньо впливають на рівень тепло- і звукоізоляції, світлопроникності, зручність експлуатації, довговічність та естетичну виразність вікна. Тому у подальшому викладі терміни «вікно» та «віконна конструкція» вживаються у значенні «віконний блок», тобто світлопрозора збірна конструкція, що встановлюється в огорожувальних стінових або покрівельних конструкціях і

призначений для забезпечення природного освітлення, вентиляції та захисту приміщень від атмосферних і шумових впливів. Вікно складається з коробки (рама), стулкових елементів (наприклад, стулочок або імпостів), склопакетів і може включати додаткові компоненти – жалюзі, віконниці тощо.

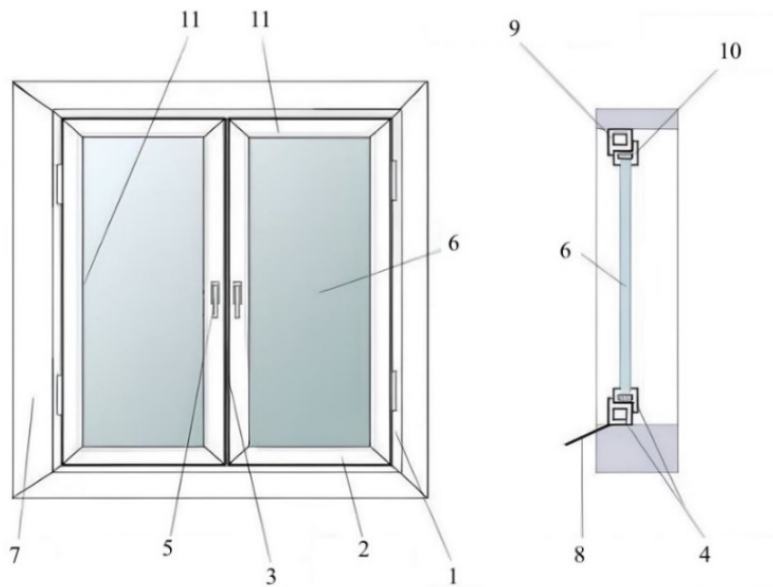


Рисунок 1.1 – Основні елементи вікна: 1 – рама, 2 – стулка, 3- імпост, 4 – армуючий профіль, 5 – фурнітура, 6 – склопакет, 7 – укос, 8 – відлив, 9 – рамний, 10 – створочний профіль, 11 – штапик

Основним геометричним параметром віконної конструкції є її розмір (площа та пропорції), який суттєво впливає на низку ключових експлуатаційних і архітектурних характеристик приміщення та будівлі в цілому:

1. енергоефективність: розміри вікон (площа та пропорції) безпосередньо впливають на теплові втрати через огорожувальну конструкцію та загальні витрати енергії на опалення й кондиціонування повітря, формуючи рівень енергоефективності як окремого приміщення, так і будівлі загалом;
2. природне освітлення: оптимальні розміри та пропорції дозволяють максимально використовувати денне світло, зменшувати потребу в штучному освітленні, створювати сприятливі умови для перебування людини та підвищувати зоровий комфорт внутрішнього середовища;
3. архітектурно-естетичні характеристики – вікна виступають важливим елементом фасадного і інтер'єрного дизайну, визначають об'ємно-просторову композицію будівлі, забезпечують її архітектурну виразність і гармонію;

4. функціональність: правильний вибір розмірів сприяє зручності використання приміщення відповідно до потреби користувачів і підвищує загальну функціональну придатність житлового середовища;
5. вентиляцію та якість мікроклімату: розміри вікон впливають на ефективність природного провітрювання та інтенсивність надходження свіжого повітря, що безпосередньо визначає якість повітряного середовища в приміщенні;
6. безпеку: вікно як елемент огорожувальної конструкції виконує роль бар'єра від зовнішніх атмосферних впливів і потенційних загроз, забезпечуючи необхідний рівень захищеності внутрішніх приміщень

Визначення площі та пропорцій вікон належить до базових проєктних рішень, які приймаються на ранніх етапах проєктування. Такі рішення є складними для коригування на подальших стадіях проєктування, проте саме вони мають визначальний вплив на енергоефективність будівлі, акустичний комфорт (звуко- та шумоізоляцію) та безпеку людей.

Сучасна практика житлового будівництва демонструє стійку тенденцію до застосування великогабаритних світлопрозорих конструкцій – панорамних вікон. Якщо раніше (п'ятнадцять років тому) подібні огорожувальні системи переважно використовувались у житловій нерухомості преміум-класу, то нині вони набули поширення в усіх сегментах ринку житлової нерухомості.

Сьогодні в літературі та проєктній практиці використовується певна класифікація вікон, проте вона носить умовний характер.

Вікна розрізняють за формою та розташуванням [16]: точкові – окремі стандартні вікна; панельні – кілька зблокованих стандартних вікон; стрічкові – протяжні ряди стандартних вікон, що, як правило, розташовуються вздовж фасаду, переважно використовуються у громадських і промислових будівлях. Разом з тим, у чинних будівельних нормах і стандартах (ДСТУ, ДБН) відсутня чітка і загальноприйнята класифікація вікон саме за розмірами (габаритами), що ускладнює уніфікований підхід до їх вибору на стадії проєктування. З огляду на сучасні тенденції широкого застосування великогабаритних світлопрозорих конструкцій у житловому будівництві, зокрема панорамних вікон, доцільно запропонувати уточнену класифікацію для вікон житлових будівель за їх геометричними параметрами (рис. 1.2):

- стандартні вікна (рис. 1.2 А);
- великі вікна – збільшені по висоті або ширині конструкції, але які мають підвіконну частину (рис. 1.2 Б).

- панорамні вікна – конструкції на всю висоту приміщення (рис. 1.2 В).

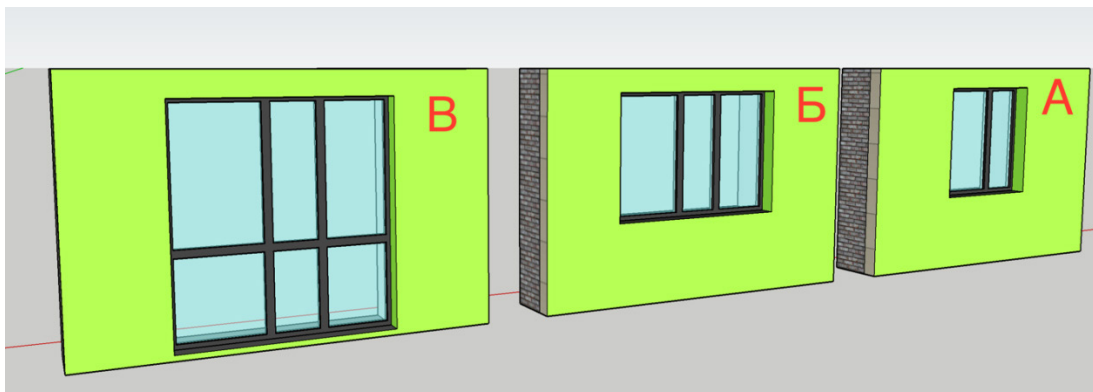


Рисунок 1.2 – Типи вікон у сучасній житловій забудові:
 А – стандарте, Б – збільшене (велике), В – панорамне

У діючих будівельних нормах України (ДБН) термін «панорамне вікно» не визначений і не виділяється як окремий тип конструкції. Водночас у технічній, дизайнерській та маркетинговій практиці цим терміном активно користуються. Панорамне вікно являє собою велику світлопрозору конструкцію від підлоги до стелі, яка займає значну площу фасадної стіни і створює візуальний та просторовий зв'язок із зовнішнім середовищем, забезпечуючи панорамний огляд [17]. На сьогодні в нормативній базі України відсутні спеціальні вимоги до теплотехнічних характеристик, енергоефективності та безпеки панорамних вікон і фасадів житлових будинків з такими конструкціями.

За геометричною формою віконні конструкції у житлових будівлях можуть бути прямокутними, квадратними, арочними, круглими, овальними, трикутними, трапецієподібними, ромбоподібними та багатогранними (зокрема шестикутними) [18]. Найбільш поширеною є прямокутна форма вікон, оскільки вона технологічно проста у виготовленні та зручна в монтажі. Інші форми застосовуються здебільшого з метою підкреслення архітектурного стилю будівлі, реалізації дизайнерських рішень та задоволення специфічних функціональних вимог.

Вікна розрізняють за способом відкривання:

- глухі – не передбачають відкривання;
- розсувні – відкриваються у вертикальній площині;
- відкидні – відкриваються у горизонтальній площині;
- поворотно-відкидні – поєднують обидва варіанти відкривання;
- зсувні – переміщуються в одну сторону (вертикально або горизонтально);
- штапельові – при відкриванні у конструкції відсутній імпост;

- з автоматизованим керуванням – відкривання та закривання здійснюється за допомогою спеціальної фурнітури.

За матеріалом рамних елементів вікна поділяють на: дерев'яні; полівінілхлоридні (ПВХ); з алюмінієвих сплавів; сталеві; склопластикові; комбіновані (деревоалюмінієві, деревополівініл-хлоридні).

У практиці житлового будівництва найчастіше застосовуються віконні конструкції на основі дерев'яних, полівінілхлоридних (ПВХ) та алюмінієвих профілів [17 - 21].

Дерев'яні вікна (рис. 1.3) – традиційний варіант, що відзначається високими тепло- та звукоізоляційними властивостями, природною екологічністю та естетичною привабливістю. До основних переваг дерев'яних рам належать: низька теплопровідність деревини, оптимальне співвідношення міцності та ваги, здатність «дихати» (регулювати вологість), а також висока екологічна безпека матеріалу. Однак вони потребують періодичного обслуговування та захисту від атмосферних впливів.



Рисунок 1.3 – Вікно з дерев'яною рамою в розрізі [21]:

- 1 – скло; 2 – герметизація склопакету, 3 – штапик; 4 – ущільнювач, 6 – профіль; 7 – відлив, 8 – жолоб для провітрювання холодної зони навколо скла, 9 – рамний відлив з розімкнутим тепловим мостом та нижньою вентиляцією, 10 – дерев'яний прижимний прилив; 11 – центральний ущільнювач, 12 – надріз для встановлення зовнішнього підвіконника

Вікна з полівінілхлориду (ПВХ) (рис. 1.4) сучасний і найбільш масовий тип конструкцій. Характеризується високою герметичністю, довговічністю та відносною економічністю та відносною доступністю. До переваг ПВХ-конструкцій належать: висока міцність і зносостійкість, невибагливість в експлуатації, можливість реалізації у різних формах і кольорах, нижча вартість порівняно з дерев'яними та алюмінієвими аналогами.

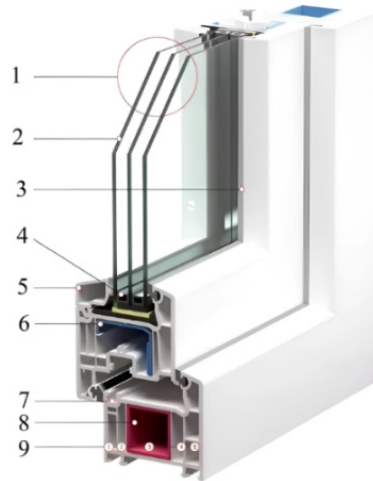


Рисунок 1.4 – Вікно з ПВХ профілем в розрізі [20] :

1 – склопакет ; 2 – скло, 3 – ущільнювач, 4 – пластикова дистанційна рамка;
5 – штапик; 6 – армування створки; 7 – паз штапіка; 8 – замкнене армування;
9 – п'ять повітряних камер.

Алюмінієві вікна (рис. 1.5) відзначаються високою механічною міцністю, стійкістю до корозії, мінімальною деформацією під впливом температурних коливань і тривалим строком експлуатації, що робить їх особливо доцільними для скління великих прорізів і панорамних конструкцій. Сучасні «теплі» алюмінієві профілі з термовставками забезпечують прийнятний рівень енергоефективності, а малі габарити рам дозволяють максимально збільшити площу скління

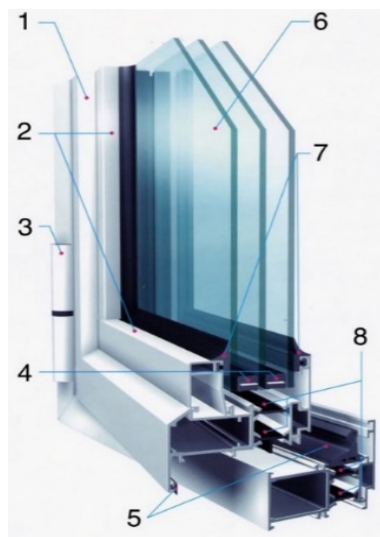


Рисунок 1.5 – Алюмінієве вікно в розрізі [20]:

1 – алюмінієвий сплав з міцним полімерним покриттям; 2 – штапик, 3 – фурнітура, 4 – ізолююча стрічка (підвищує герметичність) 5 – ущільнювальні створки; 6– склопакет; 7 – ущільнювачі склопакету; 8 – термобар'єр

У рамних елементах ПВХ-конструкцій використовуються профілі з різною кількістю камер, що безпосередньо впливає на їх теплоізоляційні характеристики, жорсткість і загальну енергоефективність вікна:

- трикамерний профіль забезпечує базовий рівень теплоізоляції та доцільно застосовувати для помірного клімату або об'єктів з невисокими вимогами до енергоефективності. Він характеризується відносно невеликою шириною та нижчою вартістю;
- п'ятикамерний профіль надає значно кращі показники теплового опору, підвищену жорсткість конструкції та кращу звукоізоляцію. Такі профілі широко застосовуються в сучасному житловому будівництві, забезпечуючи оптимальне співвідношення ціни та енергозберігаючих властивостей;
- шестикамерний профіль та профілі з більшою кількістю камер забезпечують високий рівень теплоізоляції, що дозволяє використовувати в будівлях з підвищеними вимогами до енергоефективності та акустичного комфорту. Зі збільшенням кількості камер зростає ширина профілю, покращуються показники опору теплопередачі, однак збільшується вага конструкції та її вартість.

Важливими конструктивними параметрами ПВХ-профілів є також монтажна глибина та товщина стінок. Віконні ПВХ-профілі поділяють на класи за товщиною стінок (А, В, С) відповідно до європейських стандартів [22, 23]:

- клас А (внутрішні стінки $\geq 2,5$ мм, зовнішні $\geq 2,8$ мм) відзначається підвищеною міцністю, високим рівнем тепло- і звукоізоляції, стійкістю до значних вітрових навантажень.
- клас В (внутрішні стінки ≥ 2 мм, зовнішні $\geq 2,5$ мм) має достатню міцність для житлових будівель, підходить для стандартних або невеликих віконних прорізів; надійність нижча, ніж у класі А.
- клас С (товщина стінок не нормується) застосовується переважно у технічних приміщеннях або як тимчасові системи.

В алюмінієвих віконних конструкціях розрізняють два види профілів - «теплий» та «холодний». Для житлових будівель переважно використовують «теплі» алюмінієві профілі. «Теплий» профіль має термоміст (термовставку) – вставка з полімеру (часто поліамід або армований поліамідом пластик), яка розділяє зовнішню і внутрішню металеві частини профілю. Така конструкція перешкоджає прямому тепловому потоку через високо теплопровідний метал, суттєво зменшує теп-

лові втрати, запобігає утворенню конденсату та підвищує загальну енергоефективність будівлі. «Теплий» алюмінієвий профіль забезпечує високу тепло- та звукоізоляцію, запобігає утворенню конденсату й підвищує енергоефективність будівлі.

Вікна відрізняються за кількістю стулок та за напрямом відкриття [18]. Стулки є основними рухомими елементами вікна. За кількістю стулок розрізняють: одностулкові, двостулкові, тристулкові, чотиристулкові.

Скло покриває 85–90 % площі світлопрозорої конструкції, тому якість скління відіграє ключову роль при виборі вікна. У житлових будівлях застосовують такі варіанти заповнення світлопрозорої частини:

- листовим склом;
- склопакетами;
- поєднанням листового скла і склопакетів.

У новобудовах переважно використовують склопакети, тоді як у житловому фонді, зведеному до 2000 року, ще можна зустріти всі типи скління.

Склопакет – це конструкція з двох, трьох або чотирьох листів скла з'єднаних між собою за допомогою дистанційних алюмінієвих рамок і герметиків (наприклад, бутилу). Між листами скла утворюються повітряні або газонаповнені камери. Одним із ключових елементів склопакета є дистанційна рамка, яка забезпечує фіксовану відстань між склом і захищає внутрішній простір від потрапляння вологи та утворення конденсату. Конструкція склопакета залежить від виду та товщини скла, відстані між листами, типу заповнення камер газом тощо [24]. Приклад базової формули склопакета: 4М1-6-4М1-6-4М1, де «4» – товщина скла в міліметрах, «М1» – скло звичайне, «6» – відстань між листами скла в міліметрах. Товщина склопакетів може становити: 24 мм, 32 мм, 36 мм, 42 мм тощо. Вибір конкретного склопакета визначається вимогами замовника, технічними можливостями профільної системи та технологічними обмеженнями виробництва. Тип скла залежить від технології його обробки та нанесених покриттів. Скло, що застосовується у вікнах житлових будівель, характеризується різними експлуатаційними властивостями: теплотехнічними (теплопровідність, опір теплопередачі), міцнісними (стійкість до механічних навантажень, ударів, вітрового тиску) та оптичними (світлопропускання, відбивна здатність, захист від ультрафіолетового випромінювання). Вид скла зазвичай позначається в маркуванні або у формулі склопакета. Основні характеристики скла, що використовується у вікнах житлових будівель та особливості їх використання наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні типи скла у віконних конструкціях та їх характеристики [24 – 29, 31]

Тип скла	Основні характеристики	Особливості використання
М (стандартне листове скло)	Стандартна прозорість, низький опір теплопередачі, середня міцність	Базовий варіант для недорогих конструкцій
F (флоат-скло)	Висока якість поверхні, відмінна прозорість і рівність	Найпоширеніший тип у сучасних вікнах
A (армоване)	Містить металеву сітку, підвищена механічна міцність і безпека при руйнуванні	Підвищена безпека, сходові клітки, технічні приміщення
К-скло (енергозберігаюче)	Тверде низькоемісійне покриття (коефіцієнт емісії $\sim 0,2$), знижує теплові втрати	Енергоефективні вікна в помірному кліматі
I-скло (енергозберігаюче)	М'яке низькоемісійне покриття (коефіцієнт емісії $\sim 0,04$), високий рівень теплоізоляції	Будівлі з високими вимогами до енергоефективності, сучасні склопакети класу A+
S (масово забарвлене)	Забарвлене в масі скла, знижує яскравість світла та сонячне теплове навантаження	Південні та західні фасадні сторони, декоративний ефект, підвищення конфіденційності
Тоноване	Пігментоване або з тонуючою плівкою, знижує проникнення сонячного тепла та яскравість	Підвищення конфіденційності та сонцезахист приміщень
Ламіноване (триплекс)	Багатошарове скло з PVB-плівкою, високі звукоізоляційні властивості, безпека при руйнуванні	Підвищена безпека, шумозахист, дитячі кімнати, нижні поверхи
Загартоване	Механічно зміцнене, витримує температурні перепади, ударостійке	Великогабаритні вікна, балконні двері, фасадне скління
PI /Low-E з тепловідбивною плівкою	Мультифункціональне поєднує енергозбереження та сонцезахист.	Сучасні енергоефективні вікна преміум-клас

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У монографії розглянуто актуальну науково-прикладну задачу з розробки та апробації методики багатокритеріального вибору віконних конструкцій, яка, на відміну від існуючих підходів, інтегрує безпековий фактор як рівноцінну складову техніко-економічної ефективності.

Основні результати та висновки роботи полягають у наступному:

1. **Систематизовано принципи вибору віконних систем в умовах** воєнного стану. Доведено, що традиційний фокус виключно на теплотехнічних характеристиках є недостатнім для забезпечення сталої експлуатації будівель. Обґрунтовано необхідність класифікації територій за рівнем безпекової загрози для диференційованого підходу до вибору віконних конструкцій.

2. **Формалізовано систему критеріїв**, що включає енергоефективність, вартість, архітектурну привабливість та стійкість, захист від злону, стійкість до дії вибухової хвилі. Визначено математичні залежності між технічними параметрами вікна (тип профілю, наявність триплексу, технологія вклеювання склопакета) та їхньою здатністю протистояти динамічним навантаженням.

3. **Розроблено математичну модель та методику багатокритеріального вибору віконних конструкцій**, з врахуванням безпекового фактора, що засновану на визначенні інтегрального критерію. Запропоновано двоетапний підхід до визначення вагових коефіцієнтів моделі прийняття рішення. Це дозволило об'єктивно визначати пріоритетність критеріїв залежно від класу об'єктів нерухомості («економ», «комфорт», «еліт») та специфіки їхнього розташування, забезпечуючи гнучкість моделі при зміні зовнішніх умов, класу будівлі («економ», «комфорт», «еліт») та специфіку розташування будівлі.

4. **Проведено практичну апробацію запропонованого методу**, яка підтвердила гіпотезу про нелінійну зміну пріоритетних інженерних рішень.

5. **Розроблено математичну модель впливу безпекових ризиків на процес вибору віконних систем**. Модифіковано показник вартості життєвого циклу (*LCCmod*), який враховує вартість ймовірнісних фінансових ризиків (*Rt*). Запропоновано адитивну зважену модель для розрахунку інтегрального коефіцієнта вразливості *Vs*, що дозволяє трансформувати інженерні характеристики конструкції у грошовий еквівалент очікуваних збитків.

Обґрунтовано практичну цінність роботи для проєктних та будівельних організацій, що займаються відновленням житлового фонду Ук-

раїни. Запропонована методика дозволяє обґрунтовано вибирати віконні системи, що забезпечують оптимальний баланс між інвестиційними витратами, комфортом та безпекою впродовж усього життєвого циклу будівлі.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження вирішено науково-прикладну задачу розробки математичного та інструментального апарату для обґрунтування інвестицій у безпечні світлопрозорі конструкції.

Напрями подальших досліджень вбачаються у розробці автоматизованих систем підтримки прийняття рішень (DSS) на основі BIM-технологій для оперативного коригування параметрів безпеки будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010. Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей. Київ, 2010. Чинний від 01.07.2011. 106 с.
- [2] ДСТУ EN 14351-1:2020. Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT). Київ, 2020. Чинний від 01.02.2021. 81 с.
- [3] ДСТУ EN 12207:2020. Вікна та двері. Повітропроникність. Класифікація (EN 12207:2016, IDT). Київ, 2020. Чинний від 01.05.2021.
- [4] ДСТУ Б EN 12208:2013. Блоки віконні та дверні. Водонепроникність. Класифікація (EN 12208:1999, IDT). Київ, 2013. Чинний від 01.12.2013.
- [5] ДСТУ EN 14608:2021. Вікна. Визначення стійкості рами (EN 14608:2004, IDT). Київ, 2021. Чинний від 01.01.2022.
- [6] ДСТУ EN 12210:2021 Вікна та двері. Стійкість до вітрового навантаження. Класифікація (EN 12210:2016, IDT). Київ, 2021. Чинний від 01.08.2022.
- [7] ДСТУ Б EN 12400:2013. Блоки віконні та дверні. Механічна міцність. Вимоги і класифікація (EN 12400:2002, IDT). Київ, 2013. Чинний від 01.12.2013.
- [8] ДСТУ EN 13115:2021. Вікна. Класифікація механічних властивостей. Стійкість до навантажень (EN 13115:2020, IDT). Київ, 2021. Чинний від 01.01.2022.
- [9] ДСТУ EN 1627:2014. Вікна, двері та жалюзі. Тривкість щодо зламування. Класифікація та технічні вимоги (EN 1627:2011, IDT). Київ, 2014. Чинний від 01.01.2016. 32 с.
- [10] ДСТУ EN 13123-2:2006. Вікна, двері та жалюзі. Стійкість до вибуху. Класифікація та технічні вимоги Частина 2. Діапазон випробування (EN 13123-2:2004, IDT). Київ, 2006. Чинний від 01.10.2007. 7 с.
- [11] ДСТУ EN 13123-1:2019. Вікна, двері та жалюзі. Тривкість до вибуху. Класифікація та технічні вимоги. Частина 1. Ударна труба (EN 13123-1:2001, IDT). Київ, 2019. Чинний від 01.01.2020.
- [12] ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ, 2021. Чинний від 01.09.2022. 21 с
- [13] ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Зі Зміною №1 Київ, 2021. Чинний від 01.09.2022. 43 с.

- [14] ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ, 2022. Чинний від 01.09.2022. 27 с.
- [15] ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2019. Чинний від 01.03.2019. 137 с.
- [16] Вікна. Призначення та вплив на них. Вимоги до них // Портал Державних Будівельних Норм України : вебсайт. URI: <https://dbn.co.ua/news/vikna/2012-02-19-139> (дата звернення: 28.03.2026)
- [17] Ратушняк Г. С., Панкевич. О. Д., Панкевич В. В. Оцінювання енергоефективності світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2021. Т. 31, №. 2, С. 81-87.
DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-2-81-87>
- [18] Види пластикових вікон // Вікна Корса : вебсайт. Дата публікації: 02.04.2023. URI: <https://www.korsa.ua/vydy-plastykovyh-vikon> (дата звернення: 28.03.2026).
- [19] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Оцінювання теплоізоляційних показників огорожувальних конструкцій будівель лінгвістичними змінними. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2021. Т. 29, №. 2, С. 77-86. URI: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/697>.
- [20] Панкевич В. В. Підтримка прийняття рішень щодо вибору віконних конструкцій житлових будівель з врахуванням безпекової ситуації : дис. ... доктора філософії 192. Вінниця, 2024. 180с.
- [21] Дерев'яні або пластикові вікна – які краще вибрати // t1.ua : вебсайт. URI: <https://t1.ua/porady/40521-derevyani-abo-plastykovi-vikna-yaki-krashche-vybraty.html#povitrya> (дата звернення: 28.03.2023).
- [22] ДСТУ EN 12608-1:2021 Непластифіковані полівінілхлоридні (ПВХ-U) профілі для виготовлення вікон та дверей. Класифікація, вимоги та методи випробувань. Частина 1. ПВХ-профілі без покриття зі світлими поверхнями (EN 12608-1:2016 + A1:2020, IDT) Київ, 2021. Чинний від 01.01.2022.
- [23] Класи ПВХ профілів // NIKS-m : вебсайт. Дата оновлення: 31.03.2023. URI: <https://niks-m.com/ua/news/klasi-pvx-profiliv/> (дата звернення: 28.03.2026).
- [24] ДСТУ EN 1279-1:2022 Скло в будівлі. Склопакети. Частина 1. Загальні відомості, опис системи, правила обміну, допуски та візуальна якість (EN 1279-1:2018, IDT) Київ, 2022. Чинний від 15.08.2022

- [25] ДСТУ EN 356:2005. Скло в будівництві. Захисне скління Випробування та класифікація за тривкістю щодо ручного зламування. Київ, 2005. Чинний від 01.10.2006. 17 с.
- [26] Склопакети: детальний огляд та технічні характеристики // Фабрика МІРТ вебсайт. URI: <https://mirt-home.com/mirt-fabryka-blog/sklopakety-detalnyj-oglyad-ta-tehnichni-harakterystyky/> (дата звернення: 28.03.2026).
- [27] Blast protection for windows. UN Department of Safety and Security : PSU Information Bulletin. 2021. URI: https://www.unicef.org/jordan/media/5951/file/LRFP-2021-9166373-Annex_4-Blast_Protection_for_Windows.pdf
- [28] Види скла // Fasadinfo. Дата публікації: 25.05.2006. URI: <https://fasadinfo.ua/articles/glass/240> (дата звернення: 28.02.2026)
- [29] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Енергоефективні конструкції фасадної світлопрозорої теплоізоляції : матеріали Міжнародної наук.-техн. конф. «Інноваційні технології в будівництві-2022» (Вінниця, 25 листопада 2022 р.) 2022. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/view/16715>
- [30] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Ієрархічна класифікація факторів впливу на підвищення енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівель// Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Т. 27, № 2. с. 204-209. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2019-2-204-209>.
- [31] Basok B., Davydenko B., Zhelykh V., Goncharuk S., Kugel L. Influence of low-emissivity coating on heat transfer through the double-glazing windows. Building physics in theory and practice. Scientific Journal. 2016. Vol. VIII. No. 4. P. 5-8. (ISSN 1734-4891)
- [32] ДСТУ EN 13126-8:2022 (EN 13126-8:2017 IDT). Будівельна фурнітура. Обладнання для вікон та балконних дверей. Вимоги та методи випробувань. Київ, 2022. Чинний від 01.08.2022. 17 с.
- [33] Фаренюк Г. Г. Методичні основи нового покоління будівельних норм з енергоефективності будівель / Г. Г. Фаренюк, Є. Г. Фаренюк. Наука та будівництво. 2022. № 3-4. С. 16-25. URI: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ntab_2022_3-4_3.
- [34] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Визначальні чинники впливу на безпеку віконних конструкцій : матеріали Міжнародної науково-технічна конференції «Енергоефективність в галузях економіки України-2023» (Вінниця, 21-23 листопада 2023 р.). 2023. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19061>.

- [35] Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року URI: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf (дата звернення: 30.03.2026).
- [36] Як знизити небезпеку від вікон через вибухи // ОКНА.ua. Дата публікації: 27.04.2022. URI: <https://okna.ua/ua/library/yak-znyzty-nebezpeku-vid-vikon-cherez-1> (дата звернення: 30.03.2026).
- [37] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В., Панкевич О. Д. Фактори впливу на енергоефективність світлопрозорих огорожувальних конструкцій : матеріали Міжнародної наук.-техн. конф. «Енергоефективність в галузях економіки України–2021» (Вінниця, 23-25 листопада 2021р.). 2021. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2021/paper/view/13935>.
- [38] Аналіз віконного ринку України за 2024 рік Підсумки та перспективи URI: <https://oknakonsult.com/media/fileuploads/2024.pdf> (дата звернення: 30.03.2026).
- [39] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В., Панкевич О. Д. Фактори впливу на оцінку безпекової ситуації при виборі віконних конструкцій. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2024. № 2. С. 87–93.
- [40] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В., Панкевич О. Д. Інтегральний підхід до оцінювання та вибору віконних конструкцій житлових будівель з врахуванням безпекової ситуації // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2025. № 2 (39). С. 83–91. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2025-2-83-91>.
- [41] Бабич Ю. Квартира з панорамними вікнами: чи купуватимуть таке житло після завершення війни // РІЕЛ : вебсайт. Дата публікації: 07.07.2022. URI: https://realestate.24tv.ua/bude-popit-kvartiri-panoramnimi-viknami-pislya-zavershennya-viyuni_n2075055 (дата звернення: 30.03.2026)
- [42] Ратушняк Г. С., Бікс Ю. С., Лялюк А. О. Організаційно-технологічні чинники впливу на енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2022. Т. 33, № 2. С. 203-210. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2022-2-203-210>
- [43] Енергокалькулятор вікон і дверей // ОКНА.ua : вебсайт. URI: https://okna.ua/ua/energoeffektivnost_okna (дата звернення: 18.10.2023).

- [44] Chowdhary A. K., Sikdar D. Design of electro-tunable all-weather smart windows. *Solar energy materials and solar cells*. 2021. Vol. 222. P. 110921. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2020.110921>.
- [45] Carlos E. Ochoa, Myriam B. C. Aries, Evert J. van Loenen, Jan L. M. Hensen Considerations on design optimization criteria for windows providing low energy consumption and high visual comfort. *Applied Energy*. 2012. Vol. 95. Pp. 238-245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.042>.
- [46] Бабій І. М., Кучеренко Л. В., Борисов О. О., Олійник Н. В. Вибір організаційно-технологічних рішень улаштування огорожувальних конструкцій офісної будівлі за допомогою багатокритеріального аналізу. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2023. Т. 33, № 2. С. 119-127. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2022-2-119-127>.
- [47] Zhao J., Du Y. H. Multi-objective optimization design for windows and shading configuration considering energy consumption and thermal comfort: A case study for office building in different climatic regions of China. *Solar energy*. 2020. Vol. 206. Pp. 997-1017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.090>.
- [48] Басок Б., Недбайло О., Давиденко Д., Беспала Н. Фізичні чинники впливу вибуху на огорожувальні світлопрозорі конструкції. *Огляд методів тестування // Енергетика: економіка, технології, екологія № 2 (2024)*. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2024.303106>.
- [49] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Ідентифікація факторів, які визначають безпеку вікон при дії вибухової хвилі. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2023. Т. 35, № 2. С. 42-48. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-42-48>
- [50] He Y. et al. The multi-objective optimization of residential building glass... using genetic algorithms: energy consumption, carbon emissions, and health performance. 2025.
- [51] Yin X. et al. Multi-objective optimization of window configuration and furniture... // *Energy and Buildings*. 2023..
- [52] Ziyuan Li , Yapeng Wang Experiment and Simulation of Critical Parameters for Building Windows under Thermal Explosion. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2021. Vol. 26. P. 101014. URI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X21001775>.
- [53] 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. Pp. 693-710. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40940-022-00213-w>.

- [54] Hirankittiwong P. et al. Intelligent Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making for Energy-Saving Building Designs in Construction // Energies. 2025. Vol. 18, No. 11. 2726.
- [55] GSA-TS01-2003. Standard Test Method for Glazing and Window Systems Subject to Dynamic Overpressure Loadings // Architectural Armour : вебсайт. URI: <https://www.architecturalarmour.com/tech-spec/blast-specification-testing/gsa-ts01-2003> (дата звернення: 30.03.2026).
- [56] ISO 16933:2007 International Organization for Standardization / Glass in Building – Explosionresistant security glazing - Test and classification for arena air-blast loading, 2007. 12 p. URI: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/38166/cf595a979f29409c8c36cdc75e7c1d3d/ISO-16933-2007.pdf>
- [57] 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>.
- [58] 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>.
- [59] Arif R. et al. Multi-objective optimization approaches for enhancing building energy efficiency through material and equipment selection. 2025.
- [60] Xia T. et al. Multi-Objective Optimization of Window Design for Energy and Thermal Comfort in School Buildings: A Sustainable Approach for Hot-Humid Climates // Sustainability. 2025
- [61] Ратушняк Г. С., Панкевич. О. Д., Панкевич В. В. Теплотехнічні особливості світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2021. Т. 30, № 1. С. 148-156. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-148-156>
- [62] Explosive Resistance Standards for Polycarbonate Enclosures // totalshield. 2022. URI: <https://totalshield.com/blog/explosive-resistance-standards-for-polycarbonate-enclosures/> (дата звернення: 30.03.2026).
- [63] Meneiliuk A., Kyryliuk S., Cherepashchuk L. Development of cost-effective enclosing structures with high heat transfer resistance 2023: DOI: [10.1051/e3sconf/202125809040](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809040)
- [64] SRF and Cable Catchers : PSU Information Bulletin. 2022. 18 p. URI: <https://www.unhcr.org/ua/wp->

[content/uploads/sites/38/2022/08/Annex-A-2_PSU-Information-Bulletin-11-SRF-and-Cable-Catchers.pdf](https://doi.org/10.1016/j.tws.2025.113213)

- [65] Suwen Chen, Xing Chen, Yujia Lu, Xin Guo, Siyi Yi, Yu Luo Towards blast safety of glass facades: Research advances and prospects, *Thin-Walled Structures*, Volume 212, 2025, 113213, ISSN 0263-8231, <https://doi.org/10.1016/j.tws.2025.113213>
- [66] Wang, X.; Zhong, B.; Tang, J.; Gao, C.; Li, M. Study on the Influence of Window Glass Size on Blast-Resistant Performance. *Sustainability* 2023, 15, 9325. <https://doi.org/10.3390/su15129325>
- [67] Attia Mohamed, M.A. Hossain Khandaker, et al., Enhancing the performance of anti-blast windows through the use of carbon nanotube reinforced polymer gaskets, // *Journal of Building Engineering*, Volume 78, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107634>
- [68] Р. А. Івченко, А. І. Купін, Дослідження методів багатокритеріальної оптимізації для вибору обладнання або деталей на виробництва// *Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація*, Том 32 (71) Ч. 1, № 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.1-1/11>
- [69] І. С. Романченко, М. М. Потьомкін, О. С. Сирський, Метод трикритеріального евклідового ранжування та його використання для багатокритеріального порівняння альтернатив// *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. № 1(34), с. 59–63. Травень, 2019. <http://dx.doi.org/10.33099/2311-7249/2019-34-1-59-63>
- [70] Stewart, M. G., Netherton, M. D.. Security risks and probabilistic risk assessment of glazing subject to explosive blast loading. *Reliability Engineering & System Safety*, 2008. Vol. 93, No. 4. P. 627–638. DOI: [10.1016/j.ress.2007.03.007](https://doi.org/10.1016/j.ress.2007.03.007)
- [71] Yasser S. Probabilistic Cost-Benefit Analysis for Blast Resistant Design. *FABIG Newsletter*. 2003. No. 34. P. 9–13.
- [72] Morison, C. The resistance of laminated glass to blast pressure loading and the coefficients for single degree of freedom analysis of laminated glass [PhD thesis, Cranfield University]. Cranfield University CERES (Cranfield Collection of E-Research). Cranfield University, 2007. URL:<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/3006>
- [73] Larcher, M., Solomos, G., Casadei, F., & Gebbeken, N. Experimental and numerical investigations of laminated glass subjected to blast loading. *International Journal of Impact Engineering*, 2012. Vol. 39, No. 1. P. 42–50.. DOI: [10.1016/j.ijimpeng.2011.09.006](https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2011.09.006)

- [74] Figuli, L., Papan, D., Papanova, Z., Bedon, C. Experimental mechanical analysis of traditional in-service glass windows subjected to dynamic tests and hard body impact. *Smart Structures and Systems*,. 2021. Vol. 27, No. 2. P. 365–378. DOI: [10.12989/sss.2021.27.2.365](https://doi.org/10.12989/sss.2021.27.2.365)
- [75] Статистика шляхів проникнення до квартир та будинків // Лабораторія ОКНА.ua : вебсайт. URI: <https://okna.ua/ua/library/upershe-v-ukrayini-opublikovana>
- [76] Штовба С. Д., Галушак А. В. Ідентифікація багатофакторних залежностей за допомогою баз знань. Лабораторний практикум : електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2015. – 96 с. https://www.researchgate.net/profile/Serhiy-Shtovba/publication/292966334_Identifikacia_bagatofaktornih_zaleznostej_za_dopomogou_baz_znan_Laboratornij_praktikum/links/56b2628a08ae795dd5c7b765/Identifikacia-bagatofaktornih-zaleznostej-za-dopomogou-baz-znan-Laboratornij-praktikum.pdf
- [77] Ратушняк Г. С., Панкевич В. В., Панкевич О. Д., Гуменчук А. Є. Модель вибору віконних конструкцій для проектування будівель з урахуванням безпекової ситуації // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2025. № 3. С. 17–25. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-180-3-17-25>
- [78] ДСТУ EN 15459-1:2017 Енергоефективність будівель. Процедура економічного оцінювання енергетичних систем будівлі. Частина 1. Процедури розрахунку, Модуль М1-14 (EN 15459-1:2017, IDT)
- [79] ДСТУ ISO 15686-5:2020 Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування строку експлуатації. Частина 5. Оцінювання вартості життєвого циклу (ISO 15686-5:2017, IDT)
- [80] Dzhedzhulla V., Heyets V., Voynarenko M., Yepifanova I. Models and strategies for financing innovative energy saving activities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 628. 012004. DOI: [10.1088/1755-1315/628/1/012004](https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012004)
- [81] За якими класами поділяють новобудови // Портал Державних Будівельних Норм України : вебсайт. URI: https://dbn.co.ua/publ/za_jakimi_klasami_podiljajut_novobudovi/2-1-0-1445 (дата звернення: 05.04.2026)
- [82] ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Київ, 2016. Чинний від 01.01.2017. 34 с.
- [83] ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій». Київ, 2019. Чинний від 01.10.2019. 185 с.

- [84] Металопластикові вікна LUVIN. Калькулятор вікон // LUVIN : вебсайт. URI: <https://luvin.ua/uk/kalkulator-tsin>.
- [85] FEMA 452. Risk Assessment: A How-To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings. Washington, DC : Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Homeland Security, 2005. 245 p.
- [86] Handbook for Blast-Resistant Design of Buildings / ed. by D. O. Dusenberry. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2010. 486 p. URL: <https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2022/11/0470170549.pdf>.

Наукове видання

**Георгій Сергійович Ратушняк,
Ольга Дмитрівна Панкевич
Володимир Вячеславович Панкевич**

**ВИБІР ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ
ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛІ З ВРАХУВАННЯМ
БЕЗПЕКОВОЇ СИТУАЦІЇ**

Монографія

Видається в авторській редакції

Оригінал-макет підготовлено О.Д. Панкевич

Оригінал-макет виготовлено у РВВ ВНТУ

Підписано до видання 08.06.2026 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. др. арк. 8,2. Наклад 20 пр.
Зам № 2026-016.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.
ВНТУ, ГНК, к. 114. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

Email: rvv.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2023 р.