

Некрилов А. М.

технік монтажник

ORCID: 0009-0004-2605-619X

НЕСТАНДАРТНІ МЕТОДИ КРІПЛЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МЕТАЛОПЛАСТИКОВИХ ВІКОН

Анотація. У статті розглянуто особливості проектування великогабаритних металопластикових віконних конструкцій для багатопверхових будівель. У статті розглядається випадок, коли перед віконним прорізом будівлі розташовані несучі конструкції, такі як залізобетонні решітки, сталеві балки або бетонні елементи. Через це використання стандартної фасадно-ригельної системи стає неможливим. Розглянуто можливість кріплення імпостів до несучих елементів. Приведено переваги та недоліки такого підходу, а також перспективи його використання в майбутньому. Зроблено огляд матеріалів та систем кріплення металопластикових віконних конструкцій для багатопверхових будівель із великими площами скління. Проаналізовано вплив вітрового навантаження на елементи віконної системи та визначенню необхідного моменту інерції для імпостів. Методика розрахунку елементів віконних конструкцій на прогин під впливом вітрового тиску включала рекомендації ДБН В.1.2-2:2006 та ДСТУ-НБ В.2.6-146:2010. Проведено розрахунок вітрового навантаження на конструкції для міста Києва. У розрахунку враховано висоту будівлі, тип місцевості, рельєф та напрямок вітру. Визначено, що максимальний тиск повітря зростає зі збільшенням висоти будівлі: від 192 Па на першому поверсі до 761 Па на 25-му поверсі, що потребує застосування більш жорстких профілів та додаткових елементів посилення на верхніх поверхах. Розрахунки моментів інерції показали, що підібрані комбінації рамних та з'єднувальних профілів забезпечують необхідну жорсткість конструкції, а центральний вертикальний імпост сприймає основне навантаження від вітру. Показано, що правильний підбір профілів та вузлів посилення забезпечує стабільність, довговічність та безпеку віконних систем. Отримані результати підтверджують важливість врахування висоти будівлі та характеристик вітрового навантаження при проектуванні металопластикових конструкцій великих розмірів. Практичне застосування методики дозволяє підвищити механічні характеристики склопакетів і оптимізувати вартість фасадного скління.

Ключові слова: металопластикові віконні конструкції, вітрове навантаження, момент інерції, вертикальний імпост, висотна будівля, жорсткість профілів.

Постановка проблеми. Будівництво висотних будівель у світі зростає величезними темпами. Для зниження вартості будівництва, забудовники все частіше використовують інноваційні технології та нестандартні рішення. Вікна з ПВХ значно частіше використовують для скління висотних конструкцій, ніж алюмінієві рами. Такі вікна економічно вигідніші та пропонують кращі теплоізоляційні характеристики, ніж алюмінієві. З огляду на це, віконні системи з ПВХ спочатку розроблялися для малоповерхових або стандартних багатопверхових будівель. Проте існують певні особливості під час встановлення та експлуатації металопластикових вікон у висотних будівлях, що ідаються знач-

ним вітровим навантаженням. Необхідно враховувати технологічні особливості віконних систем з ПВХ, архітектуру будівлі, а також методи та параметри будівництва.

Металопластикові вікна дуже часто застосовуються в сучасному будівництві. Перевагою застосування такого типу вікон є їх енергоефективність, довговічність та простота монтажу. Проте при проектуванні великих або високих віконних конструкцій виникають складнощі, пов'язані з термічними та механічними навантаженнями.

Однією з основних проблем є лінійне теплове розширення профілів під дією сонячного випромінювання. При нагріванні профіль подовжується і може вигинатися, що

підвищує ризик розтріскування склопакета. Додатково, для висотних будівель велике значення має вітрове навантаження, яке створює прогин імпоста всередину конструкції та може пошкодити скло.

Стандартні віконні системи проєктуються для прорізів без центральної опори. У разі великих або нестандартних конструкцій це може призводити до недостатньої жорсткості і підвищеної небезпеки для склопакета. Для вирішення цієї проблеми застосовуються нестандартні методи кріплення центральної частини конструкції, зокрема використання додаткових несучих елементів, таких як балки або підсилені імпости.

Металопластикові вікна великого розміру часто створюють технічні труднощі під час виготовлення та монтажу. Якщо площа конструкції перевищує 12 квадратних метрів, наприклад 3500 × 3500 мм, то зробити її стандартним способом майже неможливо. Основна причина полягає в тому, що під дією сонця профіль нагрівається, подовжується й може вигинатися дугою. Через це склопакет тріскається або деформується.

У висотних будинках, особливо вище восьмого поверху, до цього додається ще одна проблема – сильне вітрове навантаження. Вітер тисне на площину вікна, прогинає центральну частину, і це також створює ризик пошкодження скла.

Стандартні віконні системи зазвичай розраховані на отвори без центральної опори, але якщо в будівельній конструкції є балка, її можна використати як додатковий несучий елемент. Якщо закріпити імпост до балки, навантаження частково перейде з профілю на саму будівлю. Такий прийом робить систему більш стабільною, зменшує ризик вигину профілю та дозволяє використовувати звичайні склопакети без додаткових плівки. Це не лише підвищує надійність, а й зменшує вартість застосування.

Іноколи великогабаритне вікно неможливо доставити або внести в приміщення цілим. У таких випадках конструкцію роблять із двох частин – наприклад, по 1750 × 3500 мм кожна. Між собою вони з'єднуються спеціальним профілем, всередині якого встановлюється металевий підсилювач. Проте цей з'єднувач має зовнішній виступ близько 20–30 мм, і він може впирається у будівельну балку. Через це все вікно доводиться зміщувати трохи всередину приміщення, щоб уникнути зіткнення.

Таке зміщення призводить до появи більшого зазору між рамою та стіною, що ускладнює якісне оздоблення стику.

Щоб уникнути цієї проблеми, можна замінити звичайний з'єднувач профіль на міні-з'єднувач без виступів. Він менш жорсткий, але якщо місце стику збігається з розташуванням балки, то кріплення можна виконати прямо до неї. Це надає додаткової міцності та дозволяє використовувати компактні профілі без шкоди для зовнішнього вигляду фасаду.

У стандартних системах зазвичай не передбачені заводські рішення для закріплення таких нестандартних елементів. У місці з'єднання двох рам немає спеціальних зачепів або монтажних майданчиків, тому майстрам доводиться шукати індивідуальні варіанти кріплення.

Один із найпростіших способів – просвердлити профіль наскрізь і закріпити його турбогвинтом або шурупом через внутрішню поверхню. Отвір потім закривають заглушкою з герметиком. Такий спосіб простий і надійний, але не дуже естетичний. Тому його частіше застосовують у промислових будівлях, де важлива практичність і вартість, а не зовнішній вигляд.

Інший варіант – свердління у фальцевій частині, тобто там, де знаходяться дренажні отвори. Головка шурупа в такому разі приховується під штапиком, і зовні кріплення непомітне. Проте воно утримує лише пластикову частину профілю, не зачіпаючи сталеве армування, тому міцність трохи нижча.

Ще один спосіб – використання Т-подібного металевго елемента, який кріпиться на лицьову поверхню профілю. Металевий стрижень вставляється в отвір у балці та фіксується там, іноді за допомогою спеціального клейового складу – хімічного анкера. Це забезпечує міцне та довговічне кріплення з охайним виглядом.

Також застосовують L-подібні кронштейни, які кріпляться до профілю та балки шурупами або дюбелями. Цей варіант зручний і надійний. Даний метод застосовують під час реконструкції промислових будівель. З естетичних міркувань кронштейни також рекомендується фарбувати білою поліестеровою фарбою.

Якщо подібних вікон у будівлі багато, доцільно створити стандартизовану систему кріплення з нержавної сталі. Такі деталі можуть мати регульований захват і дозволя-

ють швидко та точно монтувати імпости до балок. Це забезпечує повторюваність, високу якість монтажу та охайний вигляд фасаду.

Аналіз останніх досліджень. Результати аналізу наукових публікацій показали, що сучасні дослідження сфокусовані на підвищенні безпеки, енергоефективності та функціональності віконних конструкцій. В Україні проектування, встановлення та експлуатації віконних конструкцій регулюються чинними нормативними документами. У державних будівельних нормах визначено основні вимоги до навантажень і впливів, що діють на будівельні елементи, зокрема й на металопластикові вікна [1, с. 3]. Основою для забезпечення надійності та довговічності віконних конструкцій є якісні матеріали та правильне кріплення віконних рам. У настанові [2, с. 1] приведено рекомендації щодо проектування, монтажу та експлуатації великогабаритних вікон і дверей. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється питанням підвищення енергоефективності та безпеки віконних систем. М. Майкл та співавтори [3, с. 5357] виконали систематичний огляд технологій скління фасадів. Авторами виокремлено новітні рішення для зменшення енергоспоживання та покращення теплових характеристик віконних конструкцій. У праці А. Йожвік [4, с. 1254] представлено досвід застосування скляних конструкцій у сучасній архітектурі та підкреслив роль скління у формуванні простору та естетики будівель. М. Андрее та співавт. [5, с. 767] провели експериментальні дослідження ефективності протиударних плівок та тросових систем, які можуть зменшувати наслідки вибухових навантажень на вікна. У роботі Ц. Ван та колеги [6, с. 6092] представили результати порівняльного аналізу матеріалів, що використовуються у віконних рамах. В цій статті представлено результати оптимізації їх теплоізоляційних властивостей віконних конструкцій. Дослідження Е. Сорушні та колег [7, с. 18] резюмує, що конфігурація вікон значно впливає на енергозбереження та комфорт освітлення в житлових приміщеннях. У праці Ратушняк Г., Панькевич В. і Панькевич О. [8, с. 90; 9, с. 49] відображено основні фактори, які слід враховувати під час оцінки безпеки віконних конструкцій в умовах підвищених ризиків. Багато інформації в літературних джерелах присвячено проблемі перспектив застосу-

вання наноматеріалів у віконних системах. В багатьох статтях особливу увагу приділено вибору матеріалів. Довговічність та стійкість виробів у різних експлуатаційних умовах залежить від методів кріплення та конструктивних рішень. У роботі С. Чжана та колеги [10, с. 5] представлено результати досліджень перспектив одночасного підвищення теплоізоляційних властивостей і ударостійкості прозорих композитів. Не менш важливим чинником у надійності експлуатації та встановлення вікон великого розміру є вітрове навантаження та сейсмічна стійкість конструкції. І. Лі та співавтори [11, с. 4] дослідили вплив вітрових навантажень на будівлі складної форми, що є важливим для розрахунку навантажень на віконні заповнення.

У статті розглядаються методи посилення центральної частини металопластикових вікон, які дозволяють зменшити деформації профілів, знизити ризик пошкодження скла та забезпечити безпечно і економічне використання великих склопакетів.

Метою дослідження було визначення оптимальних конструктивних рішень та моментів інерції елементів металопластикових віконних систем для забезпечення їхньої стійкості до вітрових навантажень у висотних будівлях.

Методика розрахунку елементів віконних конструкцій на прогин під впливом вітрового тиску

Вхідні дані:

Місто: Київ

Тип місцевості: IV – міські території, на яких принаймні 15 % поверхні зайняті будівлями, що мають середню висоту понад 15 м

Схему віконної конструкції, яку використовували в розрахунках представлено на рис. 1.

Висоту розташування верхнього краю розрахункової конструкції над поверхнею землі зазначено в Таблиця 1

– висота будівлі: 73.5 м

– ширина будівлі: 50 м

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження визначали за формулою та зазначено в таблиці 1:

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C, \quad (1)$$

де $\gamma_{fm} = 1.14$ – коефіцієнт надійності, приймали для встановленого терміну експлуатації (п.9.14 ДБН В.1.2-2:2006)

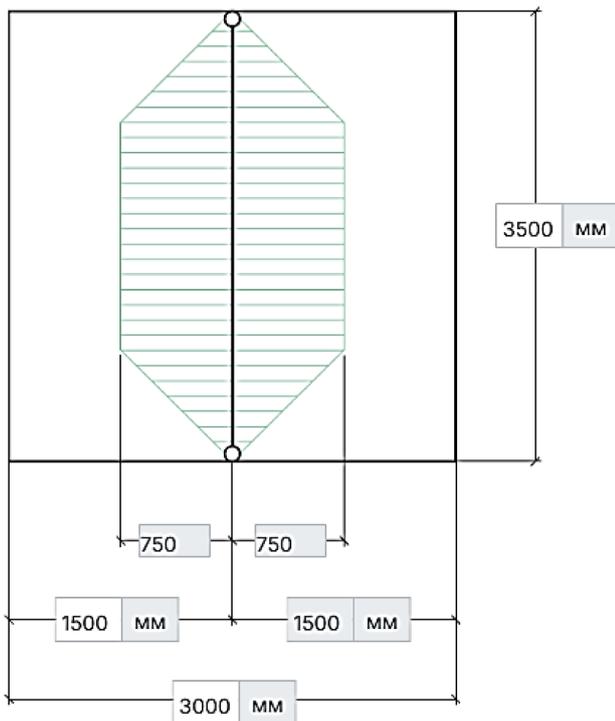


Рис. 1. Розрахункова схема розподілу вітрових навантажень

$W_0 = 370$ Па – характеристичне значення вітрового тиску для м. Київ (згідно з Додатком Е ДБН В.1.2-2:2006)

Коефіцієнт C визначали за формулою:

$$C = C_{aer} C_h C_{alt} C_{rel} C_{dir} C_d, \quad (2)$$

де C_{aer} – аеродинамічний коефіцієнт (п. 9.8 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

C_h – в залежності від висоти розташування віконної конструкції, над поверхнею

землі (п. 9.9 ДБН В.1.2-2:2006 изм.1); Дивіться таблицю 1.

C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти (п. 9.10 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

C_{rel} – коефіцієнт рельєфу (п. 9.11 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

C_{dir} – коефіцієнт напрямку (п. 9.12 ДБН В.1.2-2:2006); (табл.1).

C_d – коефіцієнт динамічності (п. 9.13 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

Необхідний момент інерції вертикальних та горизонтальних імпостів розраховували за формулою (3):

$$I_{x \text{ необх.}} = \frac{W_m L^4 B}{1920 E f_{\text{доп}}} \times \left[25 - 40 \left(\frac{B}{L} \right)^2 + 16 \left(\frac{B}{L} \right)^4 \right] \quad (\text{см}^4) \quad (3)$$

де L – довжина імпоста, відповідно до рис. 1;
 B – ширина навантаження, відповідно до рис. 1;

$f_{\text{доп}}$ – допустимий прогин $1/300 L$;

$E = 21000$ кН/м² модуль пружності сталі;

$1920 = \text{const}$ – постійна величина;

Мінімально необхідне значення моменту інерції розраховується за формулою:

$$I_{x \text{ необх.}} = I_{x(B1)} + I_{x(B2)},$$

де $I_{x(B1)}$; $I_{x(B2)}$ – відповідні моменти інерції для ширини навантаження B_1 та B_2 .

Розрахункове значення $I_{x \text{ необх.}}$ вказано в таблиці 2 (колонка 7), в залежності від висоти розташування конструкції.

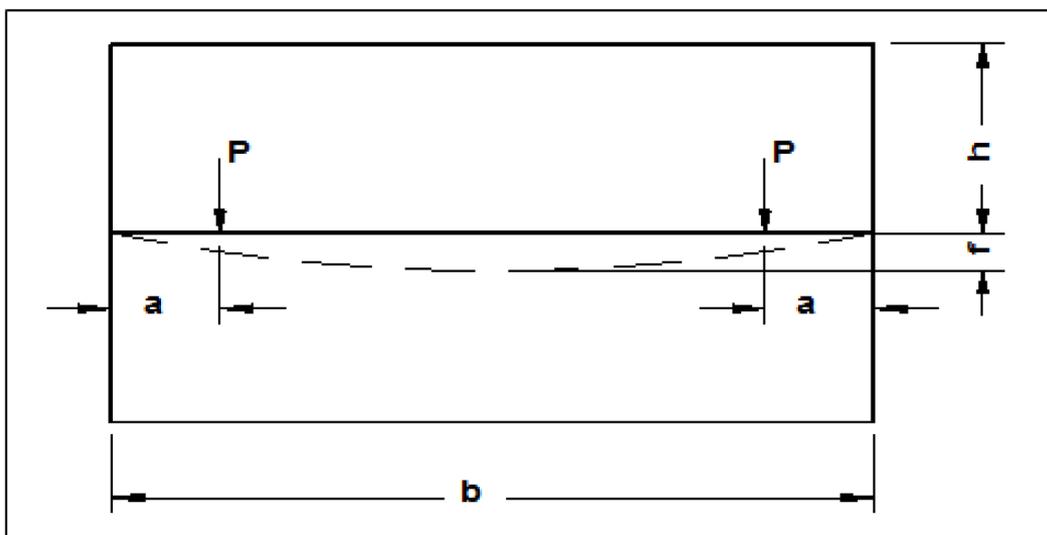


Рис. 2. Схема розподілу навантажень на горизонтальний імпост від ваги склопакета

Мінімально необхідне значення моменту інерції $I_{y \text{ необх.}}$ для сприйняття навантаження від ваги склопакета розраховується відповідно до схеми рис. 2 за формулою:

$$I_{y \text{ необх.}} = \frac{P \cdot a}{2,4E \cdot f} (3b^2 - 4a^2) \text{ (см}^4\text{)}, \quad (4)$$

де $a = 12$ см-відстань від внутрішнього кута до середини опори

$E = 21000$ кН/м² модуль пружності сталі

$f = 2$ мм допустимий прогин

b – ширина склопакета, прийнята як розрахункова довжина горизонтального імпоста мінус 5 см.

h – висота склопакета прийнята як відстань від краю рами до осі горизонтального імпоста мінус 7,4 см.

P – вага та формула склопакета

Результати дослідження. Результати розрахунків максимального вітрового навантаження представлені в таблиці 1. Розрахунки проводилися відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-146 та

Таблиця 1. Граничне розрахункове значення вітрового навантаження залежно від місця розташування будівлі та висоти розташування конструкції.

Поверх	Відстань від землі до верхнього краю конструкції / (висота поверху)	W_0	Y_{fm}	C_h	C_{alt}	C_{aer}	C_{dir}	C_{rel}	C_d	C	W^m (Па)
1	2.8 (2.8)	370	1.14	0.6	1	0.8	1	1	0.95	0.456	192
2	5.6 (2.8)	370	1.14	0.648	1	0.8	1	1	0.95	0.492	207
3	8.4 (2.8)	370	1.14	0.872	1	0.8	1	1	0.95	0.663	279
4	11.2 (2.8)	370	1.14	1.048	1	0.8	1	1	0.95	0.796	335
5	14 (2.8)	370	1.14	1.16	1	0.8	1	1	0.95	0.882	371
6	16.8 (2.8)	370	1.14	1.272	1	0.8	1	1	0.95	0.967	407
7	19.6 (2.8)	370	1.14	1.384	1	0.8	1	1	0.95	1.052	443
8	22.4 (2.8)	370	1.14	1.466	1	0.8	1	1	0.95	1.114	469
9	25.2 (2.8)	370	1.14	1.543	1	0.8	1	1	0.95	1.173	494
10	28 (2.8)	370	1.14	1.62	1	0.8	1	1	0.95	1.231	519
11	30.8 (2.8)	370	1.14	1.697	1	0.8	1	1	0.95	1.29	544
12	33.6 (2.8)	370	1.14	1.774	1	0.8	1	1	0.95	1.348	568
13	36.4 (2.8)	370	1.14	1.851	1	0.8	1	1	0.95	1.407	593
14	39.2 (2.8)	370	1.14	1.928	1	0.8	1	1	0.95	1.465	618
15	42 (2.8)	370	1.14	1.98	1	0.8	1	1	0.95	1.505	634
16	44.8 (2.8)	370	1.14	2.022	1	0.8	1	1	0.95	1.537	648
17	47.6 (2.8)	370	1.14	2.064	1	0.8	1	1	0.95	1.569	661
18	50.4 (2.8)	370	1.14	2.106	1	0.8	1	1	0.95	1.601	675
19	53.2 (2.8)	370	1.14	2.148	1	0.8	1	1	0.95	1.632	688
20	56 (2.8)	370	1.14	2.19	1	0.8	1	1	0.95	1.664	702
21	58.8 (2.8)	370	1.14	2.232	1	0.8	1	1	0.95	1.696	715
22	61.6 (2.8)	370	1.14	2.27	1	0.8	1	1	0.95	1.725	727
23	64.4 (2.8)	370	1.14	2.305	1	0.8	1	1	0.95	1.752	738
24	67.2 (2.8)	370	1.14	2.34	1	0.8	1	1	0.95	1.778	750
25	70 (2.8)	370	1.14	2.375	1	0.8	1	1	0.95	1.805	761

Джерело: власні обчислення

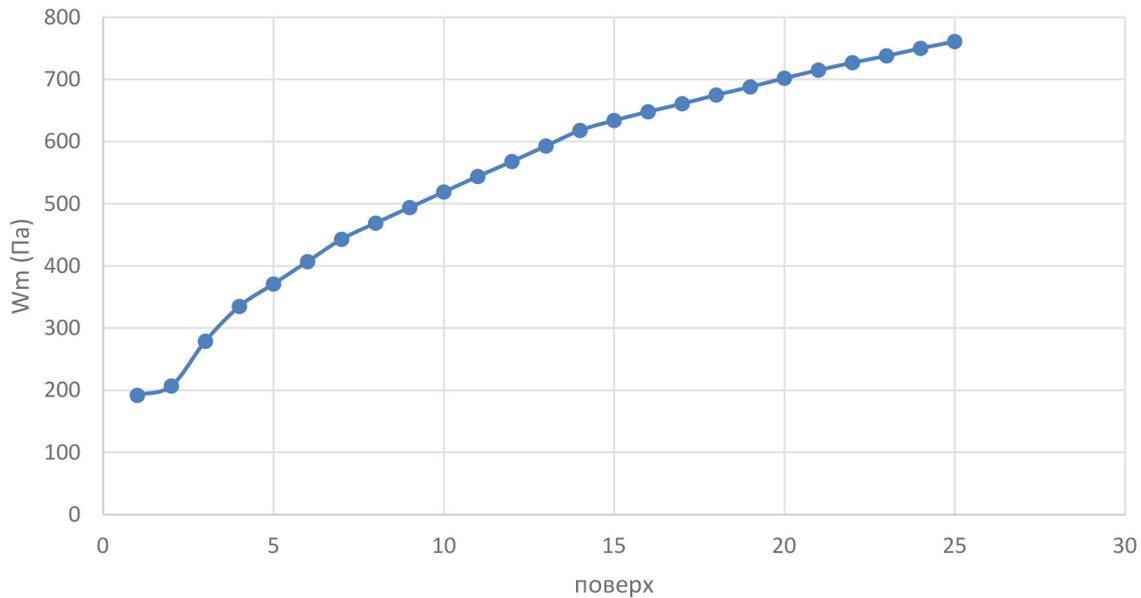


Рис. 3. Граничне розрахункове значення вітрового навантаження залежно від місця розташування будівлі та висоти розташування конструкції.

Джерело: власні обчислення автора

ДБН В.1.2-2:2006 з урахуванням висоти монтажу конструкції, тиску вітру на фундамент та питомих поправочних коефіцієнтів.

Результати розрахунків вітрового навантаження на віконну конструкцію зображено на рис. 3.

Розрахунок моментів інерції показав, що із зростанням висоти встановлення конструкції підвищується необхідна жорсткість елементів для сприйняття вітрового навантаження. Якщо на нижніх поверхах (1–3 поверхи) достатньо стандартних рамних профілів типу 046 у комбінації з елементами 076 або 123, то починаючи з 4 поверху спостерігається поступове збільшення розрахункового моменту інерції.

Фактичні значення (I_x) для вибраних комбінацій профілів у всіх випадках перевищують або відповідають необхідним розрахунковим показникам, що підтверджує правильність підбору вузлів посилення. Починаючи з 12 поверху рекомендовано застосування товстостінних профілів (із товщиною 2,0 мм), які забезпечують момент інерції до **64,0 см⁴**, що повністю покриває потреби конструкції при тиску **568 Па**. Аналіз отриманих даних показав чітку залежність вітрового навантаження від висоти встановлення віконної конструкції. На першому поверсі (до 3-го поверху, висота до 8,4 м) розрахунковий тиск повітря не перевищував 280 Па, що відповідає помірному навантаженню на профіль та склопакети. Починаючи з 5–6 поверхів (висота

понад 14 м), навантаження зростає до більше 400 Па, що вимагає використання армованих колон або металеві арматури. Подальше збільшення висоти будівлі призводить до поступового зростання тиску повітря:

на 10-му поверсі (≈ 28 м) – 519 Па,

на рівні 15 поверха (≈ 42 м) – 634 Па,

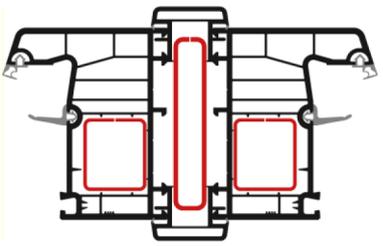
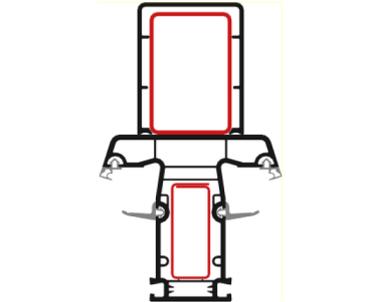
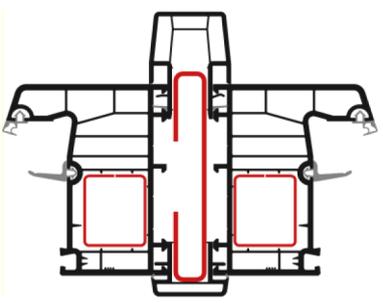
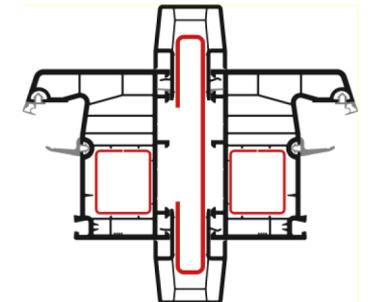
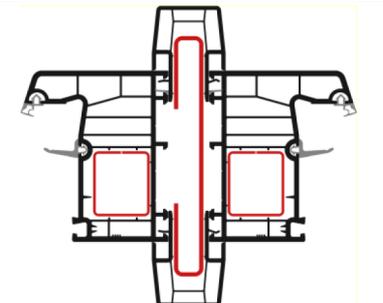
а на верхньому рівні (рівень 25, ≈ 70 м) максимальне граничне значення становить 761 Па.

Отже, загальне збільшення вітрового навантаження від першого до двадцять п'ятого поверху становить приблизно в чотири рази. Це призводить до значного збільшення дефектів вертикальних елементів (стійок) та збільшує ризик деформації або розтріскування склопакета, особливо при використанні стандартних металопластикових профілів.

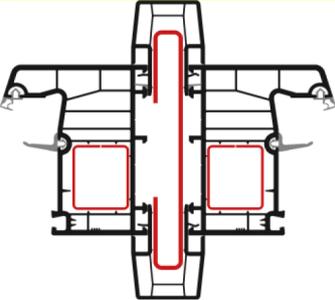
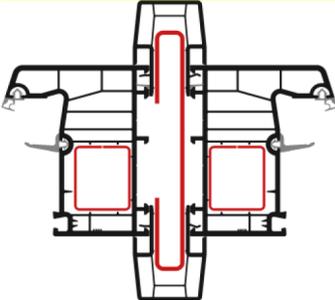
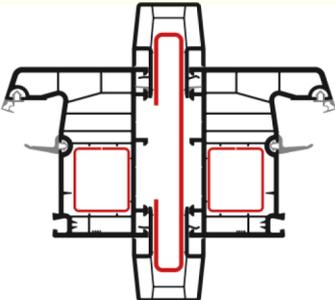
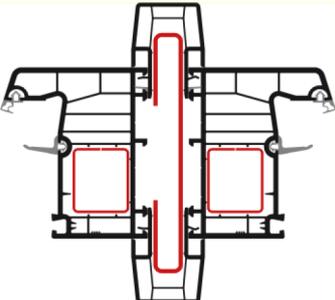
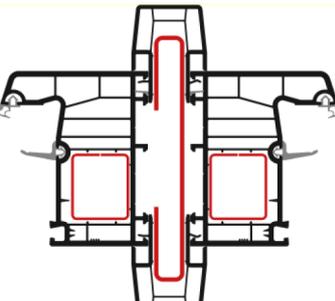
Ці результати підтверджують необхідність врахування висоти конструкції під час проектування систем скління для висотних будівель. Для поверхів вище восьмого поверху рекомендується використовувати додаткові кріплення стійки для підтримки балок, що перерозподіляє навантаження та зменшує ризик пошкодження скла. Графічне представлення результатів розрахунку показано на рисунку 3, де показано поступове збільшення тиску вітру зі збільшенням висоти конструкції.

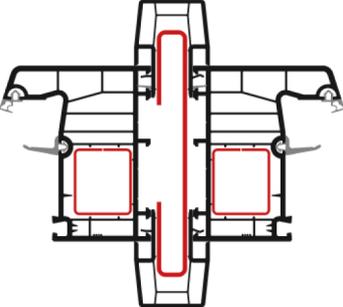
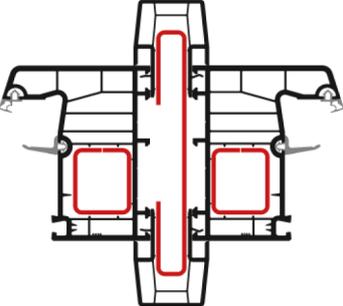
У всіх розглянутих варіантах вертикальний імпорт, розташований посередині конструкції, залишається основним елементом, який сприймає вітрове навантаження, а ефек-

Таблиця 2. Розрахункове значення моментів інерції та можливі вузли елементів посилення конструкції «ок-1»

Поверх	Креслення вузла	W_m (Па)	Номер вузла	Опис	Момент інерції I_x фактичний	Момент інерції I_x необх.	Імпост
1		192	832	x_2 Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.5] + x_2 з'єдн. 076 [14 × 74 × 14 × 74 – 2.0]	21.6	21.3	імпост вертикальний посередині
2		207	827	Імпост 048 [19 × 47 × 19 × 47 – 1.2] + D141 [40 × 60 × 40 × 60 – 2.0]	23.1	23	імпост вертикальний посередині
3		279	835	x_2 Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.2] + з'єдн. 076 та 123 [30 × 14 × 90 × 14 × 30 – 2.0]	33.1	31	імпост вертикальний посередині
4		335	847	x_2 Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.2] + x_2 з'єдн. 123 [30 × 14 × 115 × 14 × 30 – 2.0]	62.2	37.2	імпост вертикальний посередині
5		371	847	x_2 Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.2] + x_2 з'єдн. 123 [30 × 14 × 115 × 14 × 30 – 2.0]	62.2	41.2	імпост вертикальний посередині

Продовження табл. 2

Поверх	Креслення вузла	W_m (Па)	Номер вузла	Опис	Момент інерції I_x фактичний	Момент інерції I_x необх.	Імпост
6		407	847	x_2 Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	45.2	імпост вертикальний посередині
7		443	847	x_2 Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	49.2	імпост вертикальний посередині
8		469	847	x_2 Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	52.1	імпост вертикальний посередині
9		494	847	x_2 Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	54.8	імпост вертикальний посередині
10		519	847	x_2 Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	57.6	імпост вертикальний посередині

Поверх	Креслення вузла	W_m (Па)	Номер вузла	Опис	Момент інерції I_x фактичний	Момент інерції I_x необх.	Імпост
11		544	847	x_2 Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	60.4	імпост вертикальний посередині
12		568	849	x_2 Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 2.0] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	64.0	63	імпост вертикальний посередині

Джерело: власні обчислення автора

тивність його роботи забезпечується за рахунок правильного підбору комбінації рамних і з'єднувальних профілів.

З підвищенням висоти будівлі сила вітру збільшується. Тому, верхні поверхи будівлі повинні бути оснащені більш жорсткими конструктивними елементами. Для перших трьох поверхів стандартні профілі каркасу типу 046 були поєднанні з елементами 076 або 123. Збільшення необхідного моменту інерції, починаючи з четвертого поверху, вимагає посилення віконних конструкцій. Реальні значення моменту інерції в профілях, представлених у Таблиці 2, є такими ж, або більшими за розрахункові значення. Це свідчить про те, що посилення конструкції було обрано правильно. Рекомендується використовувати товстостінні профілі з товщиною 2 мм після дванадцятого поверху. Ці елементи забезпечують момент інерції близько 64 см^4 і можуть витримувати тиск до 568 Па. У всіх варіантах розрахунку центральна частина вікна підсилена вертикальним імпостом. Така конструкція витримує навантаження від вітру та залишається. Стабільність конструкції покращується завдяки правиль-

ному поєднанню каркасних і з'єднувальних профілів.

Отримані результати показали, що критичне вітрове навантаження для великої металопластикової конструкції значно залежить від висоти будівлі. Розрахунки вітрового навантаження на металопластикову конструкцію показують збільшення тиску з висотою будівлі приблизно від ~ 192 Па на 1-му до ~ 761 Па на 25-му поверхах. Ці результати відповідають критеріям ДБН В.1.2-2:2006, які дозволяють враховувати висоту конструкції та рельєф місцевості при визначенні критичних вітрових навантажень [1, с. 7]. Для забезпечення необхідного прогину конструкції та підтримки стабільності елементів фасаду було проведено розрахунки моментів інерції імпостів згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 [2, с. 6]. Наші висновки узгоджуються з сучасними роботами в галузі фасадного скління. Зокрема, результати узгоджуються з роботами М. Майкла та колег, які систематизують технології скління та підкреслюють необхідність адаптації конструкцій до навантажень, в залежності від висоти будівель [3, с. 5357]. У праці Йожвік (2022) також зазначено, що при вико-

ристанні великопролітних скляних установок необхідно підсилювати їхні несучі елементи. Це узгоджується з нашими рекомендаціями щодо вертикальних імпортів [4, с. 1255]. Експериментальна робота М. Андреа та ін. (2024) показує, що з правильними кріпленнями та варіантами підсилення каркасу для зменшення пошкоджень від зовнішніх факторів, таких як удари або вітрові навантаження, можна значно зменшити ймовірність пошкодження структури скляної плити, як вже продемонстровано використанням вертикальних імпортів та товстостінних профілів [5, с. 769]. Комплексне дослідження З. Ванга та ін. (2024), представлене в матеріалах для віконних рам, ілюструє жорсткість і міцність профілів та їх важливість для розподілу навантаження, що схоже на профілі, обрані для різних висот для порівняння в нашому випадку [6, с. 6091]. Е. Сорушня та ін. у відношенні до планування вікон підкреслюють вимогу досягнення збалансованої жорсткості між конструкціями та енергозбереженням, що відповідає нашій пропозиції щодо підсилення профілів на верхніх поверххах при збереженні функціональності [7, с. 1824]. Крім того, українські дослідження, проведені Ратушняком та ін. (2025), аналогічно підкреслюють, що вибір правильних конструктивних вузлів та импортів впливає на безпеку та надійність великих віконних систем у широкому масштабі [8,9]. Порівняльне дослідження з більш технологічними варіантами, наприклад, X. Zhang та ін. (2024) вивчали прозорі композитні матеріали з вищою ударною стійкістю; метод підсилення металопластикових импортів виявляється ефективним та економічно вигідним типом гарантії надійності фасаду без дорогих спеціальних матеріалів [10, с. 4]. Нарешті, дослідження Y.-g. Li та ін. (2022) щодо вітрового навантаження на висотні будівлі з нерегулярними формами зазначає, що висота та геометрія будівлі мають важливий вплив на максимальні сили [11, с. 2], підтверджуючи те, що ми виявили; з висотою ми отримуємо зростання моменту інерції залежно.

Результати нашого дослідження підтвердили основні тенденції у виробництві та експлуатації віконних систем у ПВХ профілях, знайдені в українських та зарубіжних публікаціях. Наша робота представляє конкретні проектні рішення, які підходять для великогабаритних металопластикових віконних систем.

Висновки. У ході дослідження розраховано вітрові навантаження на металопластикову віконну конструкцію багатоповерхової будівлі в Києві з урахуванням висоти будівлі, рельєфу місцевості та типу міської забудови. Було встановлено, що максимальний тиск повітря зростає зі збільшенням висоти: від 192 Па на першому поверсі до 761 Па на 25му поверсі. Це підтверджує необхідність врахування висоти монтажу при проектуванні фасадних систем.

Розрахунок моментів інерції вертикальних та горизонтальних импортів показав, що на нижніх поверххах достатньо стандартних рамних профілів, тоді як для верхніх поверххів потрібні товстостінні профілі або додаткові елементи посилення. Реальні моменти інерції для підібраних комбінацій профілів перевищують або відповідають розрахунковим показникам, що свідчить про правильність конструктивного підбору.

Отримані результати показують, що центральний вертикальний импорт залишається основним елементом, який сприймає основне навантаження від вітру, а правильне поєднання каркасних і з'єднувальних профілів забезпечує стабільність і довговічність конструкції. Результати досліджень показали, що для верхніх поверххів будівель використання додаткових кріпильних елементів доцільне лише в тих випадках, коли постачальник не може укомплектувати конструкцію підсилювачем товщиною 2 мм. Таким чином, дослідження підтверджує, що врахування висоти будівлі та жорсткості елементів віконної конструкції дозволяє оптимізувати проектування металопластикових систем великого розміру, забезпечуючи їх надійність, безпеку та економічність.

Література

1. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування» №ДБН В.1.2-2:2006. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей. БУДСТАНДАРТ Online – нормативні документи будівельної галузі України. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26934
3. A Systematic Review and Classification of Glazing Technologies for Building Façades / M. Michael et al. *Energies*. 2023. Vol. 16, № 14. P. 5357. <https://doi.org/10.3390/en16145357>
4. Józwiak A. Application of Glass Structures in Architectural Shaping of All-Glass Pavilions, Extensions, and Links. *Buildings*. 2022. Vol. 12, № 8. P. 1254. <https://doi.org/10.3390/buildings12081254>
5. Mitigating Blast Hazards: Experimental Evaluation of Anti-Shatter Films and Catcher-Cable Systems on Conventional Windows / M. Andrae et al. *Buildings*. 2024. Vol. 14, № 3. P. 767. <https://doi.org/10.3390/buildings14030767>
6. Optimizing the Performance of Window Frames: A Comprehensive Review of Materials in China / Z. Wang et al. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, № 14. P. 6091. <https://doi.org/10.3390/app14146091>
7. Optimizing Window Configuration Counterbalancing Energy Saving and Indoor Visual Comfort for Sydney Dwellings / E. Sorooshnia et al. *Buildings*. 2022. Vol. 12, № 11. P. 1823. <https://doi.org/10.3390/buildings12111823>
8. Ратушняк Г., Панькевич В., Панькевич О. Фактори, що впливають на оцінку стану безпеки при виборі віконних конструкцій. *Сучасні технології, матеріали та дизайн у будівництві*. 2025. Т. 37, № 2. С. 87–93. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-2-87-93>
9. Ratushnyak G. S., Pankevych V. V. Identification of factors that determine the safety of windows under the influence of a blast wave. *Modern technology, materials and design in construction*. 2023. Vol. 35, № 2. P. 42–48. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-42-48>
10. Simultaneous Enhancement of Thermal Insulation and Impact Resistance in Transparent Bulk Composites / X. Zhang et al. *Advanced Materials*. 2024. <https://doi.org/10.1002/adma.202311817>
11. Wind loads characteristics of irregular shaped high-rise buildings / Y.-g. Li et al. *Advances in Structural Engineering*. 2022. P. 136943322211207. <https://doi.org/10.1177/13694332221120700>

References

1. Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (2006). *DBN V.1.2-2:2006 Navantazhennia i vplyvy. Normy proiektuvannia* [Loads and actions. Design standards]. Portal Yedynoi derzhavnoi elektronnoi systemy u sferi budivnytstva. Retrieved from https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233 [in Ukrainian].
2. Derzhavne pidpriemstvo “Ukrarkhbudinform”. (2010). *DSTU-NB V.2.6-146:2010 Konstruksii budynkiv i sporud. Nastanova shchodo proiektuvannia y ulashtuvannia vikon ta dverei* [Buildings and structures. Guidelines for the design and installation of windows and doors]. BUDSTANDART Online. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26934 [in Ukrainian].
3. Michael, M., Favoino, F., Jin, Q., Luna-Navarro, A., & Overend, M. (2023). A Systematic Review and Classification of Glazing Technologies for Building Façades. *Energies*, 16(14), 5357. <https://doi.org/10.3390/en16145357>
4. Józwiak, A. (2022). Application of Glass Structures in Architectural Shaping of All-Glass Pavilions, Extensions, and Links. *Buildings*, 12(8), 1254. <https://doi.org/10.3390/buildings12081254>
5. Andrae, M., van der Woerd, J. D., Wagner, M., Pietzsch, A., & Gebbeken, N. (2024). Mitigating Blast Hazards: Experimental Evaluation of Anti-Shatter Films and Catcher-Cable Systems on Conventional Windows. *Buildings*, 14(3), 767. <https://doi.org/10.3390/buildings14030767>
6. Wang, Z., Yao, L., Shi, Y., Zhao, D., & Chen, T. (2024). Optimizing the Performance of Window Frames: A Comprehensive Review of Materials in China. *Applied Sciences*, 14(14), 6091. <https://doi.org/10.3390/app14146091>
7. Sorooshnia, E., Rashidi, M., Rahnamayiezekavat, P., & Samali, B. (2022). Optimizing Window Configuration Counterbalancing Energy Saving and Indoor Visual Comfort for Sydney Dwellings. *Buildings*, 12(11), 1823. <https://doi.org/10.3390/buildings12111823>
8. Ratushniak, G., Pankevych, V., & Pankevych, O. (2025). Faktory, shcho vplyvaiut na otsinku stanu bezpeky pry vybori vikonnykh konstruksii [Factors influencing the assessment of the security situation when choosing window structures]. *Modern technology, materials and design in construction*, 37(2), 87–93. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-2-87-93> [in Ukrainian].
9. Ratushnyak, G. S., & Pankevych, V. V. (2023). Identification of factors that determine the safety of windows under the influence of a blast wave. *Modern technology, materials and design in construction*, 35(2), 42–48. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-42-48>
10. Zhang, X., Zhou, J., Wu, K., Zhang, S., Xie, L., Gong, X., He, L., & Ni, Y. (2024). Simultaneous Enhancement of Thermal Insulation and Impact Resistance in Transparent Bulk Composites. *Advanced Materials*. <https://doi.org/10.1002/adma.202311817>
11. Li, Y.-g., Liu, P., Li, Y., Yan, J.-h., & Quan, J. (2022). Wind loads characteristics of irregular shaped high-rise buildings. *Advances in Structural Engineering*, 136943322211207. <https://doi.org/10.1177/13694332221120700>

NON-STANDARD METHODS OF FASTENING THE CENTRAL PART OF METAL-PLASTIC WINDOWS

Abstract. *The article considers the features of designing large-sized metal-plastic window structures for multi-storey buildings. The article considers the case in which load-bearing structures, such as reinforced concrete grilles, steel beams, or concrete elements, are located in front of the building's window opening. Because of this, the use of a standard facade-transom system becomes impossible. The possibility of attaching imposts to load-bearing elements is considered. The advantages and disadvantages of this approach are outlined, along with its prospects for future use. A review of materials and fastening systems for metal-plastic window structures for multi-storey buildings with large glazing areas is made. The influence of wind load on the elements of the window system and the determination of the required moment of inertia for imposts are analysed. The methodology for calculating the deflection of window structure elements under wind pressure was based on the recommendations of DBN V.1.2-2:2006 and DSTU-NB V.2.6-146:2010. The calculation of wind load on structures for the city of Kyiv was carried out. The calculation took into account the building's height, terrain type, relief, and wind direction. It was determined that the maximum air pressure increases with building height: from 192Pa on the first floor to 761Pa on the 25th floor/ This required the use of more rigid profiles and additional reinforcement elements on the upper floors. Calculations of moments of inertia showed that the selected combinations of frame and connecting profiles provide the necessary structural rigidity, and the central vertical impost receives the main load from the wind. It is shown that the correct selection of profiles and reinforcement nodes ensures stability, durability and safety of window systems. The results confirm the importance of accounting for the building height and wind load characteristics when designing large metal-plastic structures. The practical application of the method enables increasing the mechanical performance of double-glazed windows and optimising the cost of facade glazing.*

Key words: *metal-plastic window structures, wind load, moment of inertia, vertical impost, high-rise building, stiffness of profiles.*

Nekrylov A. M.
Technician Installer



Дата надходження статті: 28.10.2025

Прийнято: 19.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025