

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

## ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СВІТЛОПРОЗОРИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

*Досліджено застосування світлопрозорих огороджувальних конструкцій - панорамних вікон у житловому сегменті сучасної забудови міста. Визначено особливості застосування панорамних вікон у житловому сегменті регіону. Проведено аналіз наукових публікацій у журналах з імпаکت – фактором та визначено підходи до збільшення енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівлі з світлопрозорими елементами фасаду. Окреслено переваги та недоліки застосування панорамних вікон з точки зору теплотехнічних властивостей огороджувальної конструкції.*

*Визначено, що за нормативною методикою розрахунку приведенного термічного опору може бути значна різниця при розрахунку всього фасаду та конструкції для одного приміщення. Для підтвердження проведено порівняльний розрахунок, в результаті якого отримано, що приведений термічний опір для фрагменту фасаду (де є два вікна) складає  $3,3 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$  (що відповідає вимогам ДБН), а при розрахунку фрагменту цього фасаду окремої кімнати з панорамним вікном результат приведенного термічного опору складає  $2,6 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$  (що значно нижче нормативного значення).*

*Окреслено фактори що впливають технічний стан панорамних вікон і призводять до зниження теплоізоляційних характеристик огороджувальних конструкцій будівлі; а також визначено заходи та організаційно-технічних рішення, застосування яких дозволяє використати панорамні вікна в сучасному житловому будівництві.*

*Запропоновано для обігрівання приміщень з панорамними вікнами схеми влаштування систем опалення, а саме: встановлення вертикальних радіаторів збоку від склопакета; влаштування підлогових батарей конвекторного типу; влаштування системи «тепла підлога» та комбінованих систем; внутрішньо підлогових конвекторів; інфрачервоних нагрівачів; встановлення щільних або плінтусних конвекторів в підлогу під вікном, на стіни або стелю.*

*Рекомендується інвесторам нових квартир звертати увагу не тільки естетичний вид фасаду у проектних рішеннях влаштування зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель з використанням панорамних вікон, а також на технічні рішення виконання вікон, систем вентиляції та опалення, які суттєво впливають на енергоефективність майбутньої квартири.*

*Ключові слова: енергоефективність, теплоізоляційна оболонка будівель, світлопрозора конструкція, панорамне вікно, термічний опір.*

### Вступ

Державна політика спрямована на підвищення енергоефективності будівель, що підтверджується законом «Про енергетичну ефективність будівель» [1], та регламентованою методикою визначення енергетичної ефективності будівель [2]. Енергоефективність будівлі залежить від теплоізоляційної якості елементів зовнішньої огороджувальної конструкції. Теплоізоляційна оболонка будинку призначена забезпечувати нормативні параметри мікроклімату приміщень. Одним із елементів теплоізоляційної оболонки будівлі є світлопрозорі конструкції (вікна). У житловому сегменті будівництва українських міст спостерігається тенденція до використання великих світлопрозорих конструкцій - панорамних вікон.

Панорамні вікна винайшли на півдні Франції, у місті Прованс, де температура взимку не нижче  $10^\circ\text{C}$ , з метою поєднання м'якого клімату та краєвидів.

Пошук шляхів підвищення енергоефективності вікон, як елементу теплоізоляційної оболонки будівлі, є досить актуальне. Про це свідчить значна кількість публікацій у журналах з імпаکت – фактором (база даних Web of Science Core Collection). Актуальність теми підтверджується також широкою географією даної проблематики

### Постановка задачі

Питанням енергоефективності світлопрозорих конструкцій займаються вчені Китаю, США, Англії, Індії, Кореї та країн Європейського союзу [4-6].

У роботі, китайський вчених [4], подано метод багатоцільової оптимізації конфігурації вікон та системи затіненнь, який покладений в основу програмного забезпечення для моделювання споживання енергії. Дана розробка направлена на мінімізацію споживання енергії на опалення та охолодження для створення оптимального мікроклімату. Пропонується для дизайнерів Китаю програмне

забезпечення, як інтелектуальна підтримка прийняття рішень на ранніх етапах проектування офісних будівель з великими вікнами. Значна кількість публікацій по енергоефективності світлопрозорих елементів будівлі присвячена розробці «smart windows» (розумних вікон), які передбачають використання матеріалів, структура яких направлена на можливість динамічного контролю інтенсивності передачі сонячної радіації, залежно від кліматичних умов [5]. Також ряд досліджень присвячено застосуванню матеріалів для виготовлення склопакетів та рам, що підвищують енергоефективність вікон [6]. Вчені різних країн досліджують шляхи підвищення конструктивно-технологічних рішень та властивостей світлопрозорих елементів теплоізоляційної оболонки відповідно до свого кліматичного регіону, але не всі результати сучасних досліджень є релевантними для природно-кліматичних України та Вінницького регіону.

У Вінницькому регіоні, теплотехнічні характеристики фасадів з панорамними вікнами не достатньо висвітлюється у «відділах продажу» забудовників та на сайтах продажу квартир [7]. В розділі «характеристика ЖК (житлового комплексу)», навіть для новобудов класу «еліт», не надається достатня інформація. Наводиться тільки опис стін (матеріал та утеплювач), але відсутні дані про технічні характеристики панорамних вікон, які займають значну частину огорожувальної конструкції житлових приміщень. З точки зору енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівлі постає питання, чи виправдано застосування панорамних вікон у сучасній багатоповерховій забудові нашого регіону? Що отримують потенційні мешканці новобудов міста Вінниці від скляного фасаду – красу і комфорт чи холодні приміщення і додаткові витрати на обігрів приміщень?

Житлові будинки з панорамними вікнами мають гарний зовнішній вигляд фасадів. Вони використовуються в новобудовах різних класів «економ», «комфорт», «бізнес», «еліт» класу. На Вінниччині у продажу квартири у 87 нових житлових комплексів (на вересень 2021р), з них біля 65% мають панорамні вікна у житлових приміщеннях. Площа скління фасадів у деяких житлових новобудовах складає більше 70% загальної площі зовнішньої стіни кімнати у квартирі – вікна типу «від підлоги до стелі» (рис.1).



Рисунок 1 - Сучасні житлові забудови Вінниці з панорамними вікнами

Метою роботи є визначення переваг та недоліків світлопрозорих огорожувальних конструкцій за результатами проведеного аналізу їх теплофізичних параметрів в умовах житлової забудови Вінниці.

Дослідження спрямовані на аналіз оцінки якості теплоізоляційної оболонки житлових будівель з панорамними вікнами, визначення нормативних вимог, що мають бути дотримані забудовником. Доцільним є визначення факторів, що впливають на зниження теплоізоляційних характеристик фасадів з панорамними вікнами. Практична сторона досліджень має мету визначити критерії, за якими пересічний покупець квартири зможе отримати інтелектуальну підтримку при прийнятті рішення, що комбінований (або суцільний) скляний фасад житла – панорамні вікна, не призводять до зменшення енергоефективних теплоізоляційних властивостей зовнішнього огороження будівлі та погіршення параметрів мікроклімату приміщення.

## Результати дослідження

Для досягнення поставленої мети досліджень проаналізовано сучасні новобудови з панорамними вікнами у житловому сегменті Вінниччини, а саме:

- норми, що регламентують застосування панорамних вікон в Україні та регулюють питання енергоефективності будівель з таким типом фасадів;
- фактори що впливають технічний стан панорамних вікон і призводять до зниження теплоізоляційних характеристик теплоізоляційної оболонки будівлі;
- переваги та недоліки теплоізоляційної оболонки приміщень з панорамними вікнами;
- заходи та організаційно-технічних рішення, застосування яких дозволяє використати панорамні вікна.

У житловому сегменті багатоповерхових будинків Вінниці забудовники переважно використовують стандартні та екерні типи панорамних вікон та рідше кутовий тип (рис.2). Стандартний тип панорамного вікна (рис.2 а) – звичайне вікно великих розмірів, екерні (рис.2 в) – декорування еркера в приміщенні вікном, кутові (рис.2 б) – панорамні вікна на стику двох стін. Використання великої кількості панорамних вікон по фасаді будинку у деяких новобудовах може надати фасаді тип комбінованого світлопрозорого.

Відповідно до будівельних норм [9] комбінований світлопрозорий фасад – це збірна система зі світлопрозорим опоряджувальним захисним шаром по всій площі фасаду, що складається з прозорих та непрозорих з боку приміщень елементів та ділянок зовнішніх стін.



Рисунок 2 – Популярні типи панорамних вікон у новобудовах Вінниці

Рама для панорамних вікон може бути виготовлена із: пластика (ПВХ), металу, алюмінієвих сплавів, натурального дерева (клеєний брус) [8]. Хороший, але найдорожчий варіант це рама з алюмінієвих сплавів – матеріал з підвищеною міцністю, довговічністю, зносостійкістю і малою вагою, може витримати найпотужніші конструкції. Також до надійного і екологічно чистого варіанту (якщо оцінювати ціну і якість) можна віднести натуральне дерево (клеєний брус). Забудовники Вінниччини віддають перевагу недорогому матеріалу ПВХ рамі.

У панорамних конструкціях використовують особливе скло, товщиною не менше 6 мм. Це може бути багатошаровий триплекс, який представляє собою склеєну полівінілбутеральною плівкою з пластами мультиформатного, протиударного або будь-якого іншого виду скла товщиною 3 або 4 мм. Для панорамних вікон поширене використання мультиформатного скла (маркування MF) з функцією сонцезахисту і енергозбереження, загартованого скла (маркування Z), що має підвищену міцність і протиударні властивості. Теплозахисними та енергозберігаючими властивостями володіє скло з напленням оксиду срібла (маркування N, Top-N, CLGuN, Top-N +). [8]. Інформація по типу скління панорамних вікон новобудов Вінниччини не представлена у відкритому доступі.

На сьогодні є багато напрацювань, як вітчизняних так і зарубіжних [5,6] по збільшенню енергоефективності вікон та склопакетів. Склопакети які наразі використовують забудовники на ринку житлового будівництва навіть найвищого класу енергоефективності (з використанням енергоефективного скління) не зрівняються за тепловтратами зі стіною. Тому теплоізоляційна оболонка з панорамними вікнами не може вважатись енергоефективною у житлових приміщеннях. Тепловтрати через стіну з панорамними вікнами у рази більше ніж через стіну зі звичайними вікнами стандартних розмірів.

Експлуатаційні та естетичні переваги й недоліки житлових приміщень з панорамними вікнами у регіональній забудові детально висвітлено у роботі [11]. Доцільно визначити «плюси» - «мінуси» за

технічними характеристиками та проаналізуємо нормативні документи, для такого типу фасадів з панорамними вікнами.

Відповідно до чинних будівельних норм [9] показники світлопрозорих елементів встановлюються згідно ДБН В.1.1-31, ДБН В.2.2-15, ДБН В.2.5.-28, ДБН В.2.6-31, ДСТУ Б В.2.6.-23:2009, ДСТУ-Н Б В.2.6-83:2009, ДСТУ Б EN1279-1, ДСТУ Б EN1279-5, ДСТУ Б EN13830. Але у будівельних стандартах наразі відсутнє визначення «панорамного вікна», умов проектування і експлуатації фасадів з панорамними вікнами.

Приведений опір теплопередачі конструкції, з врахуванням світлопрозорих елементів фасаду, має відповідати вимогам ДБН «Теплова ізоляція будівель» [3]. У будівельних нормах не визначено яку частину фасаду має представити проектувальник у розрахунках приведенного опору теплопередачі. Фактично у будівельних нормах наведено принципи та методика розрахунку. Тому забудовник (проектувальник), не порушуючи будівельних норм, може запроєктувати панорамні вікна, без врахування їх особливостей при розрахунках приведенного опору теплопередачі зовнішнього огороження, або врахувавши їх у загальній площі фасаду. При цьому фрагмент зовнішньої стіни кімнати з панорамним вікном окремо не розглядається.

Для аналізу теплотехнічних особливостей світлопрозорих огорожувальних конструкцій проведено розрахунки двох варіантів:

1. Фрагмент стіни з двома вікнами, одне з яких панорамне. Фрагмент стіни, що розглядається становить 2,7×9,8 м. Віконні конструкції розміром 2,51×2,3 м (панорамне вікно) та 1,51×1,5 м (стандартне вікно).

2. Та сама стіна, але визначено теплоізоляційні характеристики фасаду кімнати з панорамним вікном. Фрагмент стіни, що розглядається становить 2,7×3,4 м. Віконна конструкція розміром 2,51×2,3 м (панорамне вікно).

Конструкція зовнішньої стіни з фасадною теплоізоляцією передбачає опорядженням штукатуркою. Несуча частина стіни виконана на основі кладки з цегли силікатної  $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$   $\delta = 380 \text{ мм}$ . Утеплення зовнішніх стін виконується мінераловатними плитами ROCKWOOL комбінованої структури  $\delta = 180 \text{ мм}$ , Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою клеєного шару та пластикових дюбелів металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8шт. на  $1 \text{ м}^2$ . З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштована цементно-піщана штукатурка  $\delta = 15 \text{ мм}$  [13].

Опір теплопередачі зовнішніх стін згідно [3] обчислюється з формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{инп}} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (1)$$

Де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару зовнішніх стін, м;

$\lambda_{инп}$  – розрахункова теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару зовнішніх стін, Вт/(м·К).

$\alpha_B, \alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\alpha_B = 8,7$ ;  $\alpha_3 = 23$  [3].

$$\frac{1}{\alpha_B} = \frac{1}{8,7} = 0,115; \quad \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{23} = 0,043.$$

Характеристики шарів стінової конструкції:

- внутрішньої штукатурки  $\delta_1 = 0,015 \text{ м}; \lambda_1 = 0,93 \text{ Вт/(м·К)}$
- цегляної кладки  $\delta_2 = 0,380 \text{ м}; \lambda_2 = 0,87 \text{ Вт/(м·К)}$ ;
- мінераловатних плит ROCKWOOL  $\delta_3 = 0,180 \text{ м}; \lambda_3 = 0,04 \text{ Вт/(м·К)}$ ;
- зовнішньої опоряджувальної штукатурки  $\delta_4 = 0,01 \text{ м}; \lambda_4 = 0,7 \text{ Вт/(м·К)}$ .

З врахуванням приведених характеристик шарів огорожувальних конструкцій, значення термічних опорів такі:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,15}{0,93} = 0,16 \text{ м}^2 \text{ К / Вт}, \quad R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,380}{0,87} = 0,437 \text{ м}^2 \text{ К / Вт}.$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,18}{0,04} = 4,5 \text{ м}^2 \text{ К / Вт}, \quad R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,01}{0,7} = 0,014 \text{ м}^2 \text{ К / Вт}.$$

За формулою (1) визначено опір теплопередачі стіни:

$$R_{\Sigma} = 0,115 + 0,016 + 0,437 + 4,5 + 0,014 + 0,043 = 5,13 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$$

На фрагментах, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- відкоси віконного прорізу в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи.

Для вказаних теплопровідних включень за проєктними даними та даними [3, додатків Г, Д] визначено кількісні показники та характеристики лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі, які наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Теплопровідні включення та їх кількісне вираження**

Найменування теплопровідного включення	Протяжність L, м	Кількість	Лінійний коефіцієнт теплопередачі K, Вт (м×К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі Ψ, Вт(м×К)
Віконний відкос в зоні перемички	2,51	1	0,081	
	1,51	1	0,081	
Віконний відкос в зоні підвіконня	2,51	1	0,064	
	1,51	1	0,064	
Віконний відкос в зоні рядового примикання	1,5	2	0,071	
	2,3	2	0,071	
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	Вар.1	194		0,005
	Вар.2	91		

З врахуванням даних (табл. 1) визначено приведений опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^l \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J K_j L_j + \sum_{k=1}^k \psi_k N_k} \quad (2)$$

Для першого варіанту приведений опір теплопередачі  $R_{\Sigma np}, \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$

$$R_{\Sigma np} = \frac{19,065}{\frac{19,065}{5,13} + (1,51 + 2,51) \times 0,081 + (1,51 + 2,51) \times 0,064 + (2,3 + 1,5) \times 2 \times 0,071 + 194 \times 0,005} = 3,3$$

За аналогічною методикою розраховано приведений опір теплопередачі для варіанту 2. Результат наведено у таблицю 2.

Таблиця 2

**Розрахунок приведенного опору теплопередачі**

Показник	Варіант 1	Варіант 2
Зовнішня стіна розміром, м	2,7×9,8	2,7×4,2
Площа фасаду, $F_{\Sigma}, \text{ м}^2$	26,46	9,18
Вікона конструкція розміром, м	2,51×2,3 1,51×1,5	2,51×2,3
Загальна площа непрозорої частини $F_{\Sigma}, \text{ м}^2$	19,065	5,56
Приведений термічний опір зовнішньої стіни $R_{\Sigma np}, \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$	3,3	2,6
Порівняння $R_{\Sigma np}, \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$ з нормативним значенням $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$	досягає нормативного значення	Не відповідає нормативному значенню

Аналіз результатів розрахунку (табл. 2) свідчить, що зовнішня стіна з двома вікнами, панорамним та стандартним (варіант 1) має приведений опір теплопередачі, що відповідає вимогам ДБН [3]. Але якщо розглянути окрему взятую кімнату з панорамним вікном то, для даного фрагменту фасаду - конструкції з панорамним вікном, приведений опір теплопередачі значно нижче нормативного. Це свідчить що, в даному приміщенні з панорамним вікном дійсні тепловтрати будуть більші ніж закладено у проєкті. Тому необхідно буде вжити додаткові заходи для досягнення нормативних параметрів мікроклімату.

Для зменшення значних тепловтрат при використанні панорамних вікон та зменшення ризику обмерзання скла можна створити завісу теплого повітря. Але це призведе до підвищення потужності опалювальної системи та збільшення витрат на комунальні послуги.

До недоліків приміщень з панорамними вікнами при радіаторній системи опалення слід віднести перепади температури в різних частинах приміщення, оскільки радіатор встановлюється не безпосередньо під вікном. Різкі перепади температури в одній кімнаті можуть шкідливо вплинути на здоров'я особливо літніх людей та дітей. Якщо зменшити кількість джерел тепла, можна вирівняти температуру в приміщенні, що може привести до негативних наслідків у холодну пору року.

У Вінницьких житлових новобудовах з панорамними вікнами переважає радіаторна система опалення. Окрім радіаторної системи опалення до технічних засобів, які обігрівають приміщення з панорамними вікнами, можна віднести такі варіанти як:

- встановлення вертикальних радіаторів збоку від склопакета;
- влаштування підлогових батарей конвекторного типу, які по висоті нижче звичайних радіаторів;
- систем «тепла підлога» (рис.3) ;
- комбінованих систем (рис.3) ;
- внутрішньо підлогових конвекторів;
- інфрачервоних нагрівачів;
- встановлення щілинних або плінтусних конвекторів в підлогу під вікном, на стіни або стелю.



Рисунок 3 - Варіанти системи опалення при використанні панорамних вікон

На якість теплоізоляційної оболонки, впливає монтаж вікон та монтаж віконних відкосів. Неякісно виконаний монтаж веде до надлишку мікрощілин, що є причиною значних втрат тепла.

Встановлення панорамних склопакетів передбачає наявність у квартирі добре організованої системи вентиляції для недопущення утворення значної кількості конденсату на склі, грибка та цвілі.

### Висновки

Аналіз новобудов житлового сегменту Вінниччини з панорамними вікнами свідчить, що забудовники, практично не надають покупцям вичерпної інформації про тип, вид та технічні характеристики панорамних вікон, при тому що світлопрозорого фасаду частина становить іноді більше 50 % від загальної площі зовнішньої стіни.

Аналіз розрахунків свідчить, що при приведеному термічному опорі загального фасаду будівлі, який у проєкті відповідає нормативному, в певних приміщеннях будівлі з великими світлопрозорими конструкціями нормативні характеристики не будуть дотримуватись. Розрахунок свідчить, що використання панорамних вікон має вплив на якість теплоізоляційної оболонки конкретного приміщення, але нівелюється у розрахунках приведеного опорі теплопередачі всього фасаду будівлі.

Для подолання недоліків використання панорамних вікон у фасадах житлових новобудов наразі

необхідні архітектурно-будівельні норми, які чітко визначають теплотехнічні характеристики та енергоефективність такого типу фасадів житлових будинків.

Для покупців квартири, що має комбінований (або суцільний) скляний фасад житла – панорамні вікна, у природно кліматичних умовах Вінниччини, рекомендаціями при прийнятті рішення є потреба звертати особливу увагу не тільки на естетичну складову фасаду (гарний вид), але і на технічні параметри зовнішнього огороження будівлі у конкретному приміщенні, на вид та спосіб скління вікна, систему вентиляції та опалення. Це значно зменшить непередбачувані енергетичні витрати при експлуатації приміщень.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [Електронний ресурс]: станом на 2 червня 2017р. / Верховна Рада України. – Офіц. Вид.-к.: Відомості Верховної Ради, 2017 – 204 с.
2. Методика визначення енергетичної ефективності будівель Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11 липня 2018 року № 169Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 липня 2018 р. за № 822/32274 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 - [Чинний від 2016-04-01]. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2016 р. – 72 с.– (Державні будівельні норми).
4. Zhao J , Du YH 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
5. Chowdhary AK, Sikdar D Design of electrochromic all-weather smart windows. SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS
6. A Long-Life Battery-Type Electrochromic Window with Remarkable Energy Storage Ability. SOLAR RRL Vol 4 Issue 3 DOI 10.1002/solr.201900425
7. Новобудови Вінниці Режим доступу :<https://vn.com.ua/ua/catalog/vinnitskaya-oblast/vinnitsa>
8. Плюси і мінуси панорамних вікон. Режим доступу : <https://dom.ria.com/uk/articles/plyusy-i-minusy-panoramnykh-okon-173310.html> © DOM.RIA.com™
9. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. Режим доступу :<https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/10/V2633.pdf>
10. Панорамні вікна – переваги і недоліки рішення Режим доступу : <https://perfect-okna.com.ua/statti/panoramni-vikna-perevagi-i-nedoliki-rishennia/>
11. Ратушняк Г.С., Панкевич В.В. Енергоефективність світлопрозорих елементів теплоізоляційної оболонки будівлі // L Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання (2021) Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12422/10369>
12. ДСТУ БВ.2.6.-23:2009 Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови. Режим доступу [http://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY4/dstu\\_b\\_v.2.6-23-2009.PDF](http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY4/dstu_b_v.2.6-23-2009.PDF)
13. Посібник для проектування теплоізоляційної оболонки будівель згідно вимог ДСТУ Б В 2.6.-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» - К.: Державне підприємство Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, 2014 р. – 99 с

## REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro enerhetychnu efektyvnist' budivel'» [Elektronnyy resurs]: stanom na 2 chervnya 2017r. / Verkhovna Rada Ukrainy. – Ofits. Vyd.-k.: Vidomosti Verkhovnoyi Rady, 2017 – 204 s.
2. Metodyka vyznachennya enerhetychnoyi efektyvnosti budivel' Nakaz Ministerstva rehional'noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy 11 lypnya 2018 roku № 169Zareyestrovano v Ministerstvi yustytysi Ukrainy 16 lypnya 2018 r. za № 822/32274 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>
3. Teplova izolyatsiya budivel': DBN V.2.6-31:2016 - [Chynnyy vid 2016-04-01]. - K.: Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy, 2016 r. – 72 s.– (Derzhavni budivel'ni normy).
4. Zhao J , Du YH 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
5. Chowdhary AK, Sikdar D Design of electrochromic all-weather smart windows . SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS
6. A Long-Life Battery-Type Electrochromic Window with Remarkable Energy Storage Ability. SOLAR RRL Vol 4 Issue 3 DOI 10.1002/solr.201900425
7. Novobudovy Vinnytsi Rezhym dostupu :<https://vn.com.ua/ua/catalog/vinnitskaya-oblast/vinnitsa>
8. Plyusy i minusy panoramnykh vikon. Rezhym dostupu : <https://dom.ria.com/uk/articles/plyusy-i-minusy-panoramnykh-okon-173310.html> © DOM.RIA.com™
9. DBN V.2.6-33:2018 Konstruktivni zovnishnikh stin iz fasadnoyu teploizolyatsiyeyu. Vymohy do proektuvannya. Rezhym dostupu :<https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/10/V2633.pdf>
10. Panoramni vikna – perevahy i nedoliky rishennya Rezhym dostupu : <https://perfect-okna.com.ua/statti/panoramni-vikna-perevagi-i-nedoliki-rishennia/>
11. Ratushnyak H.S., Pankevych V.V. Enerhoefektyvnist' svitloprozorykh elementiv teploizolyatsiyanoi obolonky budivli // L Naukovo-tekhnichna konferentsiya fakul'tetu budivnytstva, teploenerhetyky ta hazopostachannya (2021) Rezhym dostupu : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12422/10369>

12. DSTU B V.2.6.-23:2009 Bloky vikonni ta dverni. Zahal'ni tekhnichni umovy. Rezhym dostupu [http://ksv.do.am/GOST/DSTY\\_ALL/DSTY4/dstu\\_b\\_v.2.6-23-2009.PDF](http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY4/dstu_b_v.2.6-23-2009.PDF)
13. Posibnyk dlya proektuvannya teploizolyatsiynoyi obolonky budivel' z'hidno vymoh DSTU B V 2.6.-189:2013 «Mmetody vyboru teploizolyatsiynoho materialu dlya uteplennya budivel'» - K.: Derzhavne pidpryyemstvo Derzhavnyy naukovy-doslidnyy instytut budivel'nykh konstruksiy, 2014 r. – 99 s

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

**Панкевич Ольга Дмитрівна** – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0001-9319-3435 e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

**Панкевич Володимир В'ячеславович** – аспірант факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-1929-8172 e-mail: [pankova82@gmail.com](mailto:pankova82@gmail.com)

**G. Ratushnyak**

**V. Pankevych**

**O. Pankevych**

## HEAT ENGINEERING FEATURES OF TRANSPARENT FENCING STRUCTURES OF BUILDINGS

Vinnitsia National Technical University

*The use of glass fencing structures - panoramic windows in the residential segment of modern city development is investigated. The peculiarities of the use of panoramic windows in the residential segment of the region are determined. An analysis of scientific publications in magazines with the impact - a factor and the approaches to increasing the energy efficiency of the thermal insulation shell of the building with glass elements of the facade are determined. The advantages and disadvantages of the use of panoramic windows in terms of heat engineering properties of a fencing structure are outlined.*

*It is determined that according to the normative method of calculating the given thermal resistance, there may be a significant difference in calculating the entire facade and design for one room. To confirm the comparative calculation, which resulted in the resulting thermal resistance for a fragment of the facade (where there are two windows) is 3,3 m<sup>2</sup> K / W (corresponding to the requirements of the normative value), and when calculating the fragment of this facade of a separate room with a panoramic window with a panoramic window. The result of the given thermal resistance is 2,6 m<sup>2</sup> K / W (which is significantly lower than the normative value).*

*The factors influencing the technical state of panoramic windows are outlined and lead to a decrease in the heat-insulating characteristics of the enclosing structures of the building; As well as measures and organizational and technical solutions, which allows the use of panoramic windows in modern housing construction.*

*It is proposed for the heating of premises with panoramic windows of the scheme of placement of heating systems, namely: installation of vertical radiators on the side of the double-glazed windows; Planting a convector-type floor battery; arrangement of the system "Warm floor" and combined systems; internally floor convectors; infrared heaters; Installing slit or plinth convectors in the floor below the window, on the wall or ceiling.*

*Recommended investors of new apartments to pay attention not only to the facade of the facade in the design decisions of external enclosures of buildings with the use of panoramic windows, as well as technical solutions of windows, ventilation and heating systems, which significantly affect the energy efficiency of the future apartment.*

*Keywords: Energy efficiency, thermal insulation shell of buildings, translucent construction, panoramic window, thermal resistance*

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

**Olga Pankevych** – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnitsia National Technical University ORCID 0000-0001-9319-3435 e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua)

**Volodymyr Pankevych** – postgraduate, Vinnitsia National Technical University ORCID 0000-0002-1929-8172 e-mail: [pankova82@gmail.com](mailto:pankova82@gmail.com)

**Г. С. Ратушняк**

**В. В. Панкевич**

**О. Д. Панкевич**

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Вінницький національний технічний університет



Исследовано применение светопрозрачных ограждающих конструкций - панорамных окон в жилом сегменте современной застройки города. Определены особенности применения панорамных окон в жилом сегменте региона. Проведен анализ научных публикаций в журналах с импакт - фактором и описаны подходы к увеличению энергоэффективности теплоизоляционной оболочки здания со стеклянными элементами фасада. Рассмотрены преимущества и недостатки применения панорамных окон с точки зрения теплотехнических свойств ограждающей конструкции.

Определено, что по нормативной методике расчета приведенного термического сопротивления может быть значительная разница при расчете большой части фасада и конструкции для одного помещения. Для подтверждения проведен сравнительный расчет, в результате которого получено, что приведенное термическое сопротивление для фрагмента фасада (где есть два окна) составляет 3,3 м<sup>2</sup> К/Вт (что соответствует требованиям строительных норм), а при расчете фрагмента этого фасада отдельной комнаты с панорамным окном результат приведенного термического сопротивления составляет 2,6 м<sup>2</sup> К /Вт (значительно ниже нормативного значения).

Рассмотрены факторы влияющие техническое состояние панорамных окон и приводят к снижению теплоизоляционных характеристик ограждающих конструкций здания; а также определены меры и организационно-технические решения, применение которых позволяет использовать панорамные окна в современном жилом строительстве.

Для обогрева помещений с панорамными окнами предложены схемы устройства систем отопления, а именно: установление вертикальных радиаторов сбоку от стеклопакета; устройства напольных батарей конвекторного типа; устройства системы «теплый пол» и комбинированных систем; внутренне напольных конвекторов; инфракрасных нагревателей; установление щелевых или плинтусных конвекторов в пол под окном, на стены или потолок.

Рекомендуется инвесторам новых квартир обращать внимание не только эстетический вид фасада в проектных решениях устройства наружных ограждающих конструкций зданий с использованием панорамных окон, а также на технические решения выполнения окон, систем вентиляции и отопления, которые существенно влияют на энергоэффективность будущей квартиры.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, теплоизоляционная оболочка зданий, светопрозрачная конструкция, панорамное окно, термическое сопротивление.

**Ратушняк Георгий Сергеевич** – к.т.н, профессор кафедры ИСС, заведующий кафедры инженерных систем в строительстве, Винницкий национальный технический университет, ORCID 0000-0001-9656-5150, e-mail: [ratushnyak@vntu.edu.ua](mailto:ratushnyak@vntu.edu.ua).

**Панкевич Ольга Дмитриевна** – к.т.н, доцент кафедры ИСС, Винницкий национальный технический университет, ORCID 0000-0001-9319-3435, e-mail: [pankevich@vntu.edu.ua](mailto:pankevich@vntu.edu.ua).

**Панкевич Владимир Вячеславович** – аспирант, Винницкий национальный технический университет, ORCID 0000-0002-1929-8172, e-mail: [pankvova82@gmail.com](mailto:pankvova82@gmail.com).