

**Лещинер О. Л.**

спеціаліст, генеральний директор BWDS LLC (USA), Лексінгтон, США

ORCID: 0009-0003-1082-6797

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІКОННИХ І ФАСАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УКРАЇНИ, ЄВРОПИ ТА США

**Анотація.** У статті проведено порівняльний аналіз віконних та фасадних технологій, що використовуються в Україні, Європі та США, з фокусом на енергоефективність, економічну доцільність та екологічну безпеку. Особлива увага приділяється впливу цих технологій на енергоспоживання будівель, покращення їх тепло- та звукоізоляційних характеристик, а також зниження витрат на опалення та кондиціонування. В Україні акцент зроблено на інноваційних методах монтажу та безрамних фасадах, зокрема технології Aestech, що дозволяють покращити енергоефективність. У США основний фокус ставиться на розвитку смарт-вікон, зокрема електрохромних вікон, здатних автоматично змінювати свою прозорість в залежності від температури та освітленості, що значно знижує енергоспоживання. Європа є лідером у впровадженні складних фасадних систем, таких як трислойні склопакети з високими теплоізоляційними властивостями, і смарт-вікон з електрохромними покриттями, що дозволяє знизити витрати на опалення та кондиціонування, покращуючи комфорт у будівлях. Порівняльний аналіз демонструє, що кожен регіон має свої підходи до енергоефективності та інновацій у будівництві, сприяючи підвищенню рівня комфорту, зниженню витрат на енергію та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Окремо розглядається, як адаптація передових міжнародних технологій до українських умов може сприяти значному покращенню енергоефективності та екологічної безпеки вітчизняного будівництва, що, в свою чергу, підвищить конкурентоспроможність українських будівельних послуг на світовому ринку. Адаптація передових технологій із Європи та США до українських умов дозволить значно підвищити енергоефективність та екологічність вітчизняного будівництва. Інтеграція інноваційних технологій дасть поштовх для зростання екологічної свідомості споживачів та будівельних компаній в Україні.

**Ключові слова:** віконні технології, фасадні системи, енергоефективність, інновації у будівництві, порівняльний аналіз, Україна, Європа, США.

**Постановка проблеми.** По суті, енергетичні та екологічні характеристики будівель значною мірою залежать від сучасних будівельних технологій, зокрема віконних та фасадних систем. Зі світовим рухом до скорочення споживання енергії та підвищення енергоефективності будівель, роль віконних та фасадних технологій перетворюється на основний фактор, що впливає на комфорт та експлуатаційні витрати будівель. Фактично, саме вони є елементами, які майже повністю визначають теплоізоляційні характеристики, рівень шуму та, водночас, вплив на зовнішній вигляд та термін служби матеріалів будівлі. Енергоефективні будівлі, особливо за рахунок удосконалених технологій фасадів та вікон, є предметом гарячих дискусій в Україні. Тим не менш, місцеві технології часто відстають

від світових, і це є результатом подвійного бар'єру – економічного та технологічного. Використання старих матеріалів разом із методами встановлення фасадів та вікон у будівництві, які загалом невідомі, призводить до високих витрат енергії, низької теплової ефективності та погіршення стану навколишнього середовища.

Тим часом, європейські країни та Сполучені Штати Америки також просуваються у впровадженні нових та сучасних технологічних рішень для вікон та фасадів, які дозволяють знизити споживання енергії в будівлях та зробити їх більш функціональними та довговічними. Різні європейські країни, включаючи Німеччину, Швецію та Австрію, були першими у демонстрації ефективності використання багатошарових вікон,

фасадних систем з високою теплоізоляцією та використання відновлюваних матеріалів. З іншого боку, у Сполучених Штатах відбувається швидкий розвиток технологій автоматизації для встановлення вікон та фасадних конструкцій, що, як наслідок, призводить до зниження витрат на робочу силу та збільшення швидкості роботи.

Аналіз технологій віконних та фасадних систем, що використовуються в Україні, Європі та США, необхідний для розробки оптимальних рішень щодо адаптації передових практик до вітчизняного будівельного ринку. Це підвищить енергоефективність, знизить витрати на експлуатацію будівель та сприятиме захисту навколишнього середовища. Порівняльний аналіз технологій цих країн дозволяє не лише виявити найефективніші методи, але й допомагає визначити шляхи адаптації міжнародного досвіду до українських умов. Таким чином, вивчення та впровадження новітніх віконних та фасадних технологій у будівництві є важливою складовою стратегії розвитку енергозбереження в Україні, що вимагає детального порівняння досвіду інших країн та оцінки можливих шляхів інтеграції цих технологій у національну будівельну практику.

**Мета роботи.** Метою дослідження є порівняння віконних і фасадних технологій, які застосовуються в Україні, Європі та США, з точки зору енергоефективності, економічної доцільності та екологічної безпеки. Завданням є визначення кращих практик та рекомендацій щодо впровадження найефективніших технологій у будівництві в Україні.

**Аналіз останніх досліджень.** У сучасному будівництві віконні технології займають важливе місце в контексті енергозбереження та енергоефективності. Вони значно впливають на зниження енергоспоживання в будівлях та підвищення комфорту їх мешканців. Останні досягнення у цій галузі показують різноманітні інновації, які активно розвиваються як в Україні, так і за кордоном, зокрема в Європі та США. В Україні одним із значних інноваційних досягнень є технології компанії Aestech, яка розробила унікальні безрамні скляні фасадні системи на основі склопакетів підвищеної міцності [1]. Важливою перевагою таких систем є значне покращення естетики будівель, оскільки відсутність металевих конструкцій надає фасадам «легкий» вигляд

і зменшує візуальне спотворення від віддзеркалення скла. Технологія дозволяє створювати більш прозорі, естетично привабливі та енергоефективні фасади, що робить її важливим кроком у розвитку будівельних технологій в Україні [1].

У США наука також не стоїть на місці. Вчені розробили нове рішення, яке вирішує проблему одночасного контролю за видимим світлом та інфрачервоним випромінюванням (ІЧ), що є викликом для традиційних смарт-вікон [2]. Основною інновацією є використання поверхні з оксиду ванадію, що дозволяє значно покращити блокування ІЧ-випромінювання, прискорити реакцію вікон і зменшити потребу в матеріалах. Це дозволяє смарт-вікнам стати більш енергоефективними та комфортними для використання. Така технологія може зменшити витрати на кондиціонування повітря влітку та обігрів взимку, ефективно використовуючи зовнішнє тепло [2]. Дослідження також показує, що впровадження цієї технології може зменшити витрати на енергію на 20 % порівняно з традиційними вікнами та знизити викиди вуглекислого газу в США на 73 мільйони метричних тонн щорічно [2]. Однак, вчені зазначають, що ще потрібно доопрацювати деякі аспекти, такі як покращення дизайну нанопаретону, для того, щоб технологія стала практично цінною. Вікна є одними з основних елементів, що впливають на енергоефективність будівель, оскільки вони спричиняють близько 4 % загального енергоспоживання Європи через надмірні втрати та набуття тепла. Тому зменшення енергетичних витрат через вдосконалення технологій вікон є важливим завданням [3]. Технологічний розвиток вікон почався з переходу від однокамерних до двокамерних і трьохкамерних склопакетів, що вже значно покращило енергоефективність. Однак справжня революція чекає на ринку завдяки «смарт-вікнам», які дозволяють контролювати або зберігати світло та тепло, що проникають ззовні [3].

Такі вікна очікується ввести в стандартний асортимент продукції на ринку. Згідно з прогнозами, глобальний ринок електрохромних (ЕС) стекол і плівок, які можуть блокувати до 98 % сонячного випромінювання за допомогою ручного перемикача, досягне доходу в EUR 580 мільйонів до 2024 року [3]. Інші технології смарт-вікон, такі як фото- та тер-

мохромні матеріали, SPD (системи з підвищеними частинками), PDLC (рідкокристалічні плівки), гідрогелі, піксельні технології та мікроштори, збільшать цей показник до понад EUR 650 мільйонів. Європейський Союз активно підтримує розвиток цієї галузі, допомагаючи своїм виробникам готуватися до майбутнього попиту. Через ініціативи, як CORDIS, ЄС сприяє розробці нових технологій, таких як вдосконалені ЕС-плівки, легкі матеріали, квадруплексні склопакети, рішення для збору енергії та інші інновації в області утеплення і енергоефективності [3]. Це дасть можливість європейським виробникам зайняти значну частку на зростаючому ринку смарт-вікон, що відіграватиме важливу роль у досягненні цілей ЄС щодо зниження енергоспоживання та викидів CO<sub>2</sub>.

**Результати досліджень.** У США активно використовуються смарт-вікна, зокрема електрохромні (ЕС) скла та плівки, які можуть автоматично регулювати свою прозорість залежно від температури та освітленості [2]. Це дозволяє знизити витрати на кондиціювання влітку та опалення взимку, покращуючи загальну енергоефективність будівель. Важливим є також розвиток технологій, що дозволяють інтегрувати сонячні панелі в смарт-вікна для оптимізації енергоспоживання. Європа є лідером у розробці технологій смарт-вікон і інноваційних фасадних систем. Використовуються електрохромні плівки, фото- та термохромні матеріали, а також безрамні скляні фасадні системи, які дозволяють значно знижувати споживання енергії завдяки контролю тепла і світла [3]. Важли-



Рис. 1. Технологія STV [4]

вою є технологія STV (суха статична вклейка склопакетів), що дозволяє виготовляти великогабаритні вікна, покращуючи їх теплоізоляційні характеристики і зменшуючи ризик провисання ступок, що також позитивно впливає на енергоефективність будівель [4]. На рис. 1 відображено технологію STV.

В Україні активно розвиваються сучасні технології, що зменшують енергоспоживання через покращення теплоізоляції та інноваційний монтаж. Однією з таких технологій є «Тепле вікно» (АТТВ), що полягає у використанні віконних стрічок для «теплого монтажу» вікон і дверей, що забезпечує герме-



Рис. 2. Технологія тепле вікно компанії «Аленор» [5]



Рис. 3. Безрамне скління Aestech [6]

тичність монтажного шва і значно покращує теплоізоляційні характеристики конструкцій [5]. На рис. 2 відображено технологію тепле вікно компанії «Alenor».

Відома компанія Aestech, також активно розвиває нові технології вікон. Aestech пропонує безрамні скляні фасадні системи, що забезпечують підвищену тепло- та звукоізоляцію, а також дозволяють зберігати більше внутрішнього простору завдяки відсутності металевих конструкцій. Такий підхід дозволяє не тільки покращити енергоефективність, але й створювати більш естетичні та функціональні фасади будівель. На рис. 3 відобра-

жено частину структури системи безрамного скління Aestech.

Системи Aestech доцільно застосовувати в сучасних архітектурних рішеннях, де важлива мінімізація металевих елементів і максимальне використання природного освітлення [6].

**Висновки.** Всі три регіони – Україна, США та Європа – активно впроваджують новітні технології для покращення енергоефективності будівель, зокрема шляхом удосконалення віконних та фасадних конструкцій. Україна сфокусована на інноваційних методах монтажу та вдосконаленні теплоізоляційних характеристик, зокрема застосовує технології безрамного

Таблиця 1. Порівняння технологій України, США та Європи

Аспект	Україна	США	Європа
Технології	АТТВ, безрамні системи Aestech	Смарт-вікна, сонячні панелі	Смарт-вікна, безрамні фасади
Енергоефективність	Теплоізоляція, покращення монтажу	Регулювання прозорості, зниження витрат	Високий контроль тепла та світла
Інноваційність	Нові методи монтажу, великі вікна	Інтеграція смарт-вікон і панелей	Інновації в фасадах і матеріалах
Екологічний вплив	Зниження енергоспоживання через теплоізоляцію	Зменшення CO <sub>2</sub> через смарт-технології	Зниження CO <sub>2</sub> , сталий розвиток
Фасадні системи	Безрамні системи Aestech	Сонячні панелі на фасадах	Безрамні фасади з кращою теплоізоляцією
Технічні переваги	Вища теплоізоляція, міцність	Відсутність металевих конструкцій	Вища тепло- та звукоізоляція

скління від Aestech, які значно покращують енергоефективність будівель і естетичні якості фасадів. Одним із прикладів успішного впровадження таких технологій є проєкт Chicago Cube в Києві, який наочно демонструє ефективність безрамних систем у сучасному будівництві та їх здатність знижувати енергоспоживання. США, в свою чергу, фокусуються на розвитку смарт-вікон, що включають технології електрохромних вікон, здатних автоматично змінювати свою прозорість залежно від зовнішніх умов, зменшуючи проникнення сонячного тепла і, відповідно, знижуючи витрати на кондиціонування. В США активно інтегру-

ються сонячні панелі в будівельні конструкції, що дозволяє ще більше знижувати енергетичні витрати. Європа залишається лідером у впровадженні складних фасадних та віконних технологій, зокрема в країнах, таких як Німеччина, Швеція та Австрія, де використовуються тришарові склопакети та вікна з електрохромними покриттями, що забезпечують не тільки високу теплоізоляцію, а й регулюють потік світла та знижують споживання енергії. Дані технології не тільки зменшують витрати на опалення та кондиціонування, а й допомагають зменшити негативний вплив будівель на навколишнє середовище.

### Література

1. Aestech. Українські інноваційні будівельні технології представлять у Сингапурі. URL: <https://delo.ua/realty/ukrayinski-innovaciini-budivelni-technologiyi-predstavlyat-u-singapuri-422498/>
2. Jampol N. Scientists develop next-gen window technology that could solve major energy problem: 'A significant advancement'. URL: <https://www.thecooldown.com/green-tech/smart-windows-technology-heat-light/>
3. Smart windows: A no-brainer for future buildings. CORDIS. EU research results. URL: <https://cordis.europa.eu/article/id/400002-smart-windows>
4. Gealan. STV. URL: <https://www.gealan.de/de/innovationen/statik-stv/>
5. Аленор. Технологія тепле вікно. URL: <https://alenor.ua/alenor-tehnologiya-teple-vikno/>
6. Технологія безрамного скління Aestech. URL: <https://aestech.com/uk>

### References

1. Aestech. Ukrainian innovative building technologies to be presented in Singapore. Retrieved from: <https://delo.ua/realty/ukrayinski-innovaciini-budivelni-technologiyi-predstavlyat-u-singapuri-422498/>
2. Jampol N. Scientists develop next-gen window technology that could solve major energy problem: 'A significant advancement'. Retrieved from: <https://www.thecooldown.com/green-tech/smart-windows-technology-heat-light/>
3. Smart windows: A no-brainer for future buildings. CORDIS. EU research results. Retrieved from: <https://cordis.europa.eu/article/id/400002-smart-windows>
4. Gealan. STV. Retrieved from: <https://www.gealan.de/de/innovationen/statik-stv/>
5. Alenor. Warm window technology. URL: <https://alenor.ua/alenor-tehnologiya-teple-vikno/>
6. Aestech frameless glazing technology. URL: <https://aestech.com/uk>

## COMPARATIVE ANALYSIS OF WINDOW AND FACADE TECHNOLOGIES IN UKRAINE, EUROPE AND THE USA

**Abstract.** *The article provides a comparative analysis of window and facade technologies used in Ukraine, Europe, and the USA, with an emphasis on energy efficiency, economic feasibility, and environmental safety. Particular attention is paid to the impact of these technologies on the energy consumption of buildings, improving their heat and sound insulation characteristics, as well as reducing heating and air conditioning costs. In Ukraine, the emphasis is on innovative installation methods and frameless facades, in particular Aestech technologies, which allow for improved energy efficiency. In the USA, the main focus is on the development of smart windows, in particular electrochromic windows, capable of automatically changing their transparency depending on temperature and light, which significantly reduces energy consumption. Europe is a leader in the implementation of complex facade systems, such as triple-glazed windows with high thermal insulation properties, and smart windows with electrochromic coatings, which allows for reduced heating and air conditioning costs, improving comfort in buildings. The comparative analysis demonstrates that each region has its own approaches to energy efficiency and innovations in construction, contributing to an increase in the level of comfort, reducing energy costs and reducing the negative impact on the environment. It is separately considered how the adaptation of advanced international technologies to Ukrainian conditions can contribute to a significant improvement in the energy efficiency and environmental safety of domestic construction, which, in turn, will increase the competitiveness of Ukrainian*

*construction services in the world market. The adaptation of advanced technologies from Europe and the USA to Ukrainian conditions will significantly increase the energy efficiency and environmental friendliness of domestic construction. The integration of innovative technologies will give impetus to the growth of environmental awareness of consumers and construction companies in Ukraine.*

***Key words: window technologies, facade systems, energy efficiency, innovations in construction, comparative analysis, Ukraine, Europe, USA.***

**Leshchyner O. L.**

Specialist, CEO BWDS LLC (USA), Lexington, USA



*Дата надходження статті: 20.10.2025*

*Прийнято: 11.11.2025*

*Опубліковано: 30.12.2025*