

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 658.5 (691.12)

DOI 10.31649/2311-1429-2021-2-81-87

Г. С. Ратушняк**В. В. Панкевич****О. Д. Панкевич****ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОПРОЗОРИХ
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ**

Вінницький національний технічний університет

Проведено аналітичний огляд публікацій щодо енергоефективності світлопрозорих елементів (вікон, дверей) огорожувальної конструкції будівлі. Визначено актуальність розроблення експертної системи, яка б дозволяла моделювати процес прийняття рішення при діагностуванні теплоізоляційної оболонки на етапі експлуатації будівлі, та базувалась на багатокритеріальному аналізі елементів огорожувальних конструкцій будівлі. Для розроблення такої системи проаналізовано фактори, що впливають на енергоефективність світлопрозорих конструкцій. Фактори впливу згруповано у три блоки - технічні, технологічні й експлуатаційні. У роботі проведено детальний аналіз кожної групи факторів та визначено їх конструктивні особливості, кількісні та якісні характеристики, що впливають на збільшення енергоефективних показників. Наведено результати автоматизованого розрахунку енергоефективності вікон у програмі «Енергокалькулятор вікон і дверей OKNA.ua», що враховує кількісні характеристики вікон. У роботі проаналізовано можливість використання даного автоматизованого сервісу розрахунку вікон при технічному обстеженні існуючої будівлі та діагностуванні енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівлі.

Ключові слова: енергоефективність, вікно, світлопрозора конструкція, теплоізоляційна оболонка будівель.

Вступ

При визначенні енергетичної ефективності теплоізоляційної оболонки будівель постає питання оцінки її складових – стін, вікон, покриття, тощо. Питання енергоефективності будівель є актуальним, за останні 5-7 років активно запрацювали державні та місцеві програми заходів щодо підвищення енергоефективності вже існуючих будівель і споруд [1]. Кожен елемент теплоізоляційної оболонки будівлі впливає на загальне значення енергетичної ефективності будівлі. Кількість та розташування світлопрозорих конструкцій може суттєво впливати на приведений термічний зовнішньої стіни [1].

Вимоги до енергоефективності будівель, а також до проектування світлопрозорих елементів визначено у нормативній базі [2 - 6]. У наведених будівельних нормах визначено вимоги до проектування, виробництва і встановлення віконних систем, до якості листів скла, стійкості до вітрових навантажень та осідання будівлі, лабораторного контролю зразків продукції, щодо тепло- і вологоізоляційних характеристик матеріалів з'єднувальних швів, вимірювання звукоізоляційних характеристик вікон, впливу матеріалів на навколишнє середовище.

Постановка задачі

Тема енергоефективності будівель з врахуванням світлопрозорих конструкцій є актуальною та займає увагу вітчизняних і зарубіжних науковців та практиків [7 - 11]. У роботах підкреслена важливість застосування енергоефективних елементів огорожувальних конструкцій будівлі для підвищення загальної енергоефективності будівлі та зменшення споживання енергії. У роботі [9] наведено результати оцінки огорожувальних і віконних поверхонь за тепловими втратами та умовами теплового комфорту, змодельованих у еталонному приміщенні. Досліджено набір комбінацій огорожувальних конструкцій, таких як важкі, середні та легкі конструкції з використанням різних комбінацій світлопрозорих конструкцій (вікон). Визначено необхідність оптимізованого проектування огорожувальних будівель у рамках заходів з енергозбереження в будівлях. Робота [10] висвітлює тему діагностування будівель та необхідності перевірки фактичної енергоефективності будівлі при сертифікації будівлі з використанням методики, в основі якої є багатокритеріальний аналіз. У праці [11] розглядаються двері та вікна – світлопрозорі елементи огорожувальною конструкції будівлі, як елементи теплоізоляційної оболонки будівлі.

Проаналізовано термодинамічні характеристики та параметри енергозберігаючих дверей та вікон, зосереджено увагу на оцінці їх ефективності в життєвому циклі будівлі.

В більшості праць наведено розробки та аналіз технічного стану світлопрозорих елементів теплоізоляційні оболонки будівлі, але дослідження щодо системного підходу для діагностування при технічному обстеженні будівлі та її складових недостатньо.

На сьогодні нормативною базою визначено класи енергоефективності вікон (від Д2 до А+++) та затверджено класифікацію у ДСТУ Б В.2.6-23:2009 «Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови» [4]. Усі класи енергоефективності базуються на значеннях показників приведенного опору теплопередачі. Віконним блокам з показником нижче $0,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ клас не присвоюють. Енергоефективне вікно (балконні двері) для житлової будівлі (незалежно від того, влаштоване воно на сходовій клітині під'їзду будинку чи у квартирі або ж у котеджі) повинне відповідати класу А2 чи вище (А1, А+, А++, А+++), для першої температурної зони і класу В1 і вище для другої температурної зони (рис. 1).

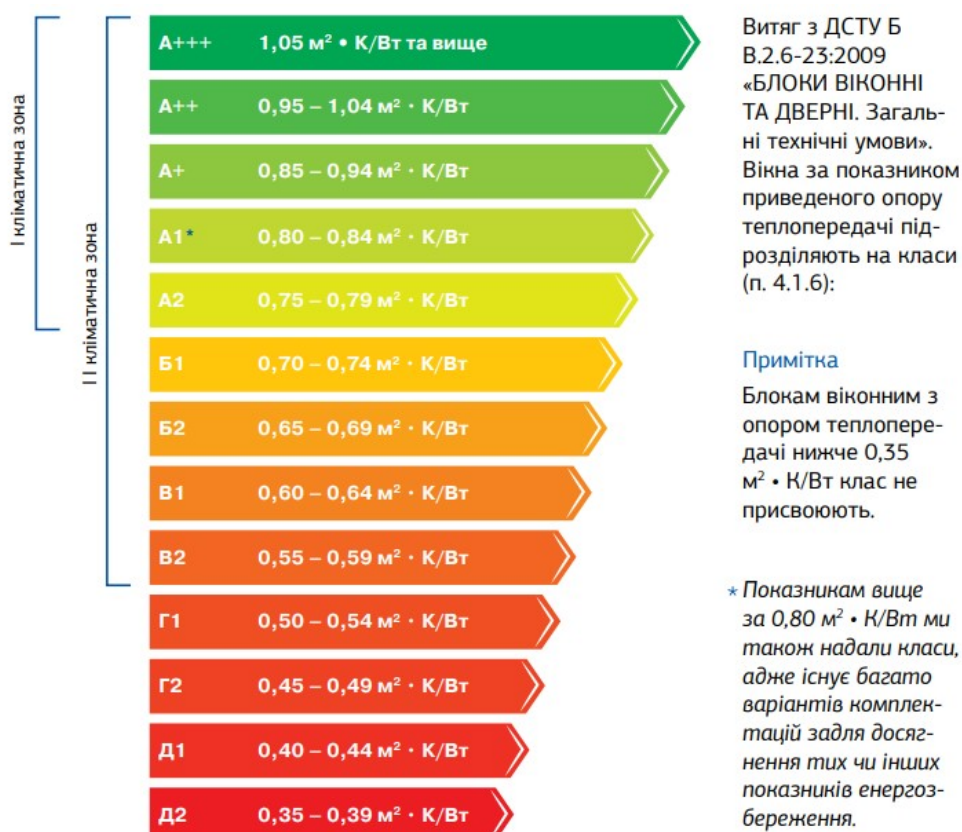


Рисунок 1 – Класи енергоефективності відповідно до ДСТУ [12].

При визначенні енергетичної ефективності теплоізоляційні оболонки, виявленні комплексу заходів та організаційно-технічних рішень для підвищення якості теплоізоляційної оболонки пропонується розробити математичну модель діагностування технічного стану світлопрозорих елементів на етапі експлуатації будівлі.

Основою для експертної системи з оцінювання світлопрозорих огорожувальних конструкцій є математична модель, що забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття обґрунтованих висновків та пояснень, рекомендацій щодо вдосконалення конструкцій та умов їх експлуатації. Задачею досліджень є визначення та систематизація факторів, що впливають на значення енергоефективності світлопрозорих елементів у зовнішніх огорожувальних конструкціях. Це дозволить за результатом аналізу математичних методів, моделей та систем визначити, які з них раціонально використовувати для розроблення експертної системи прийняття рішення при діагностуванні енергоефективної світлопрозорої огорожувальної конструкції будівлі.

Результати дослідження

Для розроблення експертної системи з оцінювання показників елементів огорожувальних конструкцій проаналізуємо фактори, що впливають на енергоефективність світлопрозорих елементів

(У) теплоізоляційні оболонки будівлі. Для оцінювання на системному рівні енергоефективності розділимо фактори впливу на 3 основні блоки :

- Технічні (проект, виготовлення) (X_1);
- Технологічні (монтаж, встановлення) (X_2);
- Експлуатаційні (X_3).

Узагальнений показник енергоефективних світлопрозорих огорожувальних елементів на системному рівні виражаємо:

$$Y = f(X_1; X_2; X_3) \rightarrow \max \quad (1)$$

Розглянемо кожний блок факторів впливу окремо та більш детально.

Технічні фактори гуртуються на вимогах проектування та виробництва світлопрозорих елементів, і переважно визначаються нормативними вимогами [2 - 6]. При визначенні енергоефективності вікон (світлопрозорих конструкцій) на стадії проектування доцільно враховувати такі фактори:

- Місце розташування об'єкту (температурна зона). Нормативні вимоги до мінімально допустимого значення світлопрозорих конструкцій житлових та громадських будівель становить $0,75 \text{ м}^2\text{хК/Вт}$ для I температурної зони, та $0,6 \text{ м}^2\text{хК/Вт}$ відповідно до II температурної зони.
- Габаритні розміри світлопрозорої конструкції та їх кількість.
- Орієнтація зовнішнього огороження (світлопрозорої конструкції).
- Компоненти світлопрозорої конструкції, а саме:
 - Матеріал (металопластикові, алюмінієві, дерев'яні, дерево-алюмінієві, композитні);
 - Профіль – головний елемент будь-якої світлопрозорої конструкції різного сегменту. З профілів роблять рами, стулки, імпост. На ринку представлено більше 50 найменувань профілю металопластикових вікон (VEKA, REHAU, WDS, WINDOM, Viknar'off, Екопласт, Вікна-нові тощо); 20 найменувань профілю алюмінієвих вікон (Alumil , ETEM , WICONA тощо); 2 позиції для дерев'яних матеріалів (Євробрус, Карпатські вікна); 5 позицій дерево-алюмінієвих матеріалів (Ponzio, ВІКНА ЛЮКС тощо), 2 позиції композитних матеріалів (Steko, WINTECH). Загальна кількість біля 80;
 - Профільні системи - з врахуванням ширини і кількості камер, які підходять до того чи іншого профілю. Розділення внутрішнього простору профілю на камери підвищує механічну міцність конструкції та впливає на її теплопровідність - теплопередача між ізольованими камерами ускладнюється. Наприклад, для профілю Viknar'off це 8 можливих варіантів профільних систем шириною 58-70 мм, з кількістю камер 3-6, а для профілю WDS це складає 17 варіантів профільних систем шириною 60-82 мм, з кількістю камер 3-6;
 - Склопакет – конструкція з двох чи більше стекол, що герметично з'єднанні за допомогою дистанційної рамки. Конструкція склопакету залежить від виду скла, товщини скла, відстані між склом, заповнення газами тощо, популярними є від 20мм до 44 мм - однокамерні, двокамерний, енергопакети, загалом більше 40 видів. На перший погляд, однокамерний енергозберігаючий склопакет 4-16-4і має кращі показники опору теплопередачі, в порівнянні зі звичайним однокамерним 4-16-4. Наприклад, для склопакету 4-16-4і цей показник становить 0,59, що на 25% вище, в порівнянні навіть зі звичайним двокамерним склопакетом 4-10-4-10-4, для якого цей показник становить 0,47. Енергозберігаючі властивості і-скла ґрунтуються на відбитті інфрачервоного випромінювання, що перешкоджає проникненню теплової енергії. Таким чином найбільш ефективно такий склопакет зберігає тепло у випадку використання системи опалення з інтенсивним інфрачервоним випромінюванням, але при використанні інших систем опалення поверхня склопакету знаходиться у контакті з теплим повітрям, а кількість інфрачервоної теплової енергії мінімальна. Також необхідно прийняти до уваги, що при використанні класичних систем опалення показники опору теплопередачі такого склопакету є приблизно рівними, у порівнянні зі звичайним однокамерним склопакетом. Тому при виборі склопакетів для кожного приміщення необхідно зважати на тип системи опалення;
 - Дистанційна рамка – одна із складових конструкцій склопакету – забезпечує відстань між склом і захищає вільний простір від потрапляння вологи і виникнення конденсату, на сьогодні використовуються 7 видів таких рамок;

- Кількість стулок та їх геометрія – одноствулкове, двостулкове, триствулкове, Т-образне, чотириствулкове, п'ятиствулкове, ТТ –образне, шестиствулкове.
- Наявність або відсутність зовнішнього сонцезахисту.
- Тип опалення, що застосовується в приміщенні (централізоване, комбіноване, індивідуальне, тощо).
- Повітропроникність. Показники повітропроникності конструкції визначаються шляхом випробувань, згідно ДСТУ Б В.2.2-19:2007 «Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах». Отримане значення вказується в паспорті на захисну конструкцію виробником або продавцем. Класи повітропроникності за європейським стандартом EN 14351:
 - 1 клас (продуваємі вікна): в закритому положенні вікно пропускає $50 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ при різниці тиску 100 Па (найгірший клас);
 - 2 клас (не герметичні) – $27 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ при 100 Па;
 - 3 клас (слабо герметичні) – $9 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ при 100Па;
 - 4 клас (герметичні) – $3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ при 100 Па. (найкращий клас).

Проте, при діагностуванні будівель та споруд точно визначити клас повітропроникності не завжди є можливо.

Перераховані технічні показники, що впливають на енергоефективність світлопрозорих елементів теплоізоляційної оболонки будівлі, представлено кількісними показниками, які враховано при автоматизованому розрахунку енергоефективності вікон у «Енергокалькуляторі вікон і дверей OKNA.ua» [12]. Приклад результатів даного розрахунку енергоефективності вікон представлено на (рис. 2).

Енергокалькулятор вікон і дверей OKNA.ua

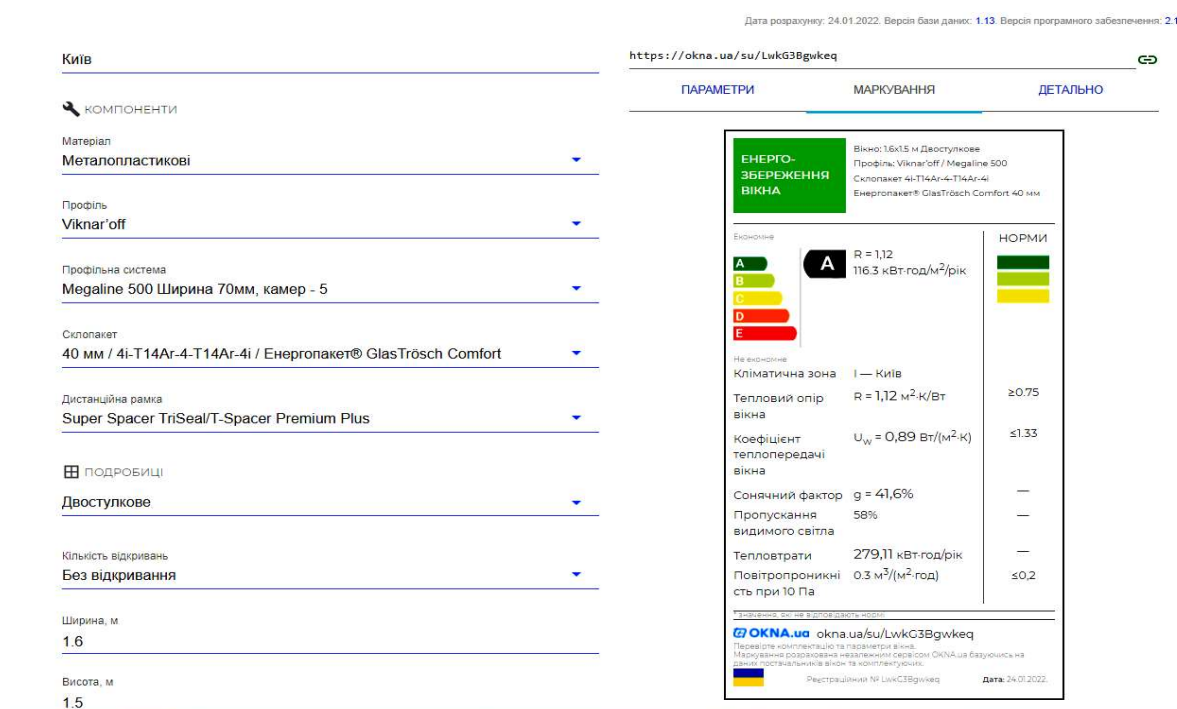


Рисунок 2 – Приклад результатів розрахунку енергоефективності вікон

За результатами автоматизованого розрахунку є можливість отримати відомості по таким параметрам як «Освітлення», «Енергія», «Шум» (рис. 3), а також виконати порівняльний аналіз з іншими конструкцій.

Результати чисельного моделювання, які виконано у програмі «Енергокалькулятор вікон і дверей OKNA.ua» свідчать, що якісно виготовлене та встановлене вікно (віконний блок) з обраних комплектуючих при заданих розмірах вікна, без врахування фактичної якості виготовлення та монтажу та експлуатаційних (негативних) факторів, що впливають на теплоізоляційні характеристики світлопрозорих конструкцій та в цілому теплоізоляційну оболонку будівлі, можуть при заданих умовах відповідати сучасним вимогам до енергозбереження.

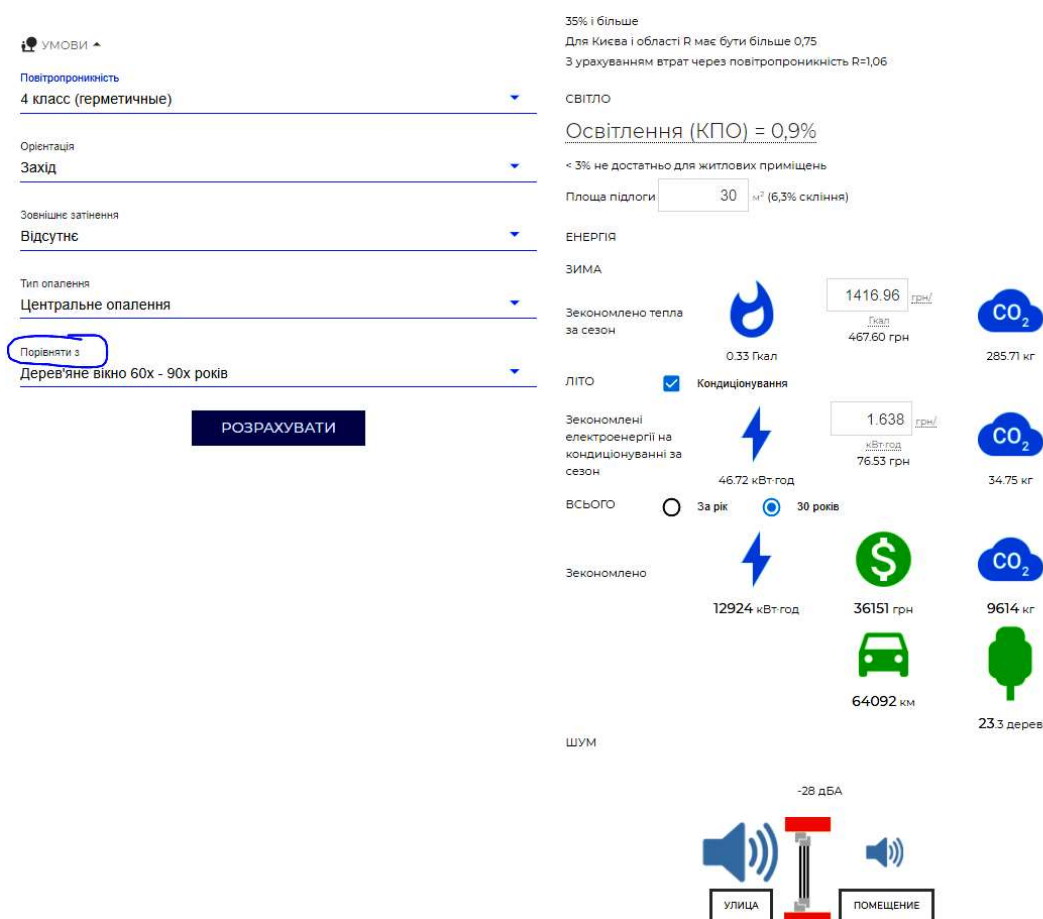


Рисунок 3 – Порівняльний аналіз різних видів світлопрозорих конструкцій

Даний ресурс (програма) [12] комплексно враховує технічні характеристики, які закладаються на етапі проектування віконних конструкцій. Тому його доцільно використовувати при проектуванні будівель, але не враховуються інші фактори, які впливають на енергоефективність при життєвому циклі будівлі.

Другий блок факторів, що впливають на енергоефективність світлопрозорих елементів зовнішніх конструкцій - технологічний.

Від якісно проведених технологічних операцій при монтажу (встановленні) світлопрозорих елементів залежить третина, а іноді половина якості і надійності експлуатації конструкцій та їх відповідність вимогам за показникам теплопровідності світлопрозорих конструкцій. Фактори, що характеризують якісний монтаж:

- Вікно міцно закріплене в отворі, при закритті і відкритті не зміщується.
- Вертикальність і горизонтальність встановлення відповідає існуючим вимогам. Допустиме відхилення від вертикалі, згідно ГОСТ, не має перевищувати 3 мм, але не більше 1 мм на метр погонний конструкції профілю. Перевіряється за допомогою рівня. При візуальному обстеженні стулка в установленому вікні не повинна самостійно ні відкриватися, ні закриватися при відсутності протягу у будь-якому положенні поворотного відкриття.
- Вікна при встановленні герметично запінуються монтажною піною. Герметичність вікна можна перевірити, провівши рукою уздовж монтажного шва (вікно повинно бути зачиненим), особливо уважно перевіряється нижня частина вікна, під- і над підвіконням. По всьому периметру вікна не повинно бути найменших потоків повітря.
- При натисканні на підвіконня воно не повинно прогинатися. При дотриманні технології монтажу підвіконня залишається нерухомим.
- Кількість монтажних кріплень і місце їх встановлення регламентується стандартами. Згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010, п.6.7.12, кріплення для вікна з білого пластикового профілю має встановлюватися не більше ніж через кожні 700 мм. Відстань від осі горизонтального імпоста до найближчої точки кріплення повинна бути близько 150 мм, для кольорових ПВХ профілів 250 мм. За таких умов для двостулкового вікна 1,5 × 1,5 м монтажних елементів повинно бути три ліворуч,

три праворуч і два зверху, два знизу у 100 мм від імпоста праворуч і ліворуч – всього 10 кріплень. Для великих вікон кількість кріплення збільшується.

- Відлив повинен бути жорстко закріплений механічним кріпленням із застосуванням монтажної піни для приклеювання.
- Відстань між вузлом імпостного з'єднання і елементом кріплення повинно бути 120-180 мм.

Експлуатаційний блок факторів передбачає наступні вимоги:

- Вікно повинно без особливих зусиль відкриватися і закриватися. При цьому стулки не провисають, не труться об раму і не видають сторонніх звуків.
- Якість фурнітури та дотримання технологій складання і комплектації визначають наскільки добре вікна захищатимуть від холоду, шуму, пилу, і яким буде термін експлуатації конструкції. Наприклад, нові вікна, які укомплектовані не якісною фурнітурою, не захистить ні найтепліший профіль, ні кращі склопакети.
- Якість ущільнювача повинна відповідати нормативним вимогам.

Висновок

Аналіз вітчизняних та зарубіжних досліджень й нормативних вимог до енергоефективності світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дозволив виявити на системному рівні три основних домінуючих факторів впливу, а саме: технічні, технологічні й експлуатаційні.

Детально систематизовано та охарактеризовано кількісні та якісні параметри установлених параметрів впливу на елемент теплоізоляційної оболонки будівлі – світлопрозорі огорожувальні конструкції.

З використанням відомого програмного продукту за результатами чисельного моделювання визначено параметри енергоефективності розглянутої конструкції вікна, а також можливість здійснювати аналіз різних за конструктивними особливостями світлопрозорих огорожувальних конструкцій за такими параметрами як: «освітлення», «шум», тощо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Ієрархічна класифікація факторів впливу на підвищення енергоефективності теплоізоляційної оболонки будівель // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2020. - № 1. - С. 87-94. DOI 10.31649/2311-1429-2019-2-204-209
2. Методика визначення енергетичної ефективності будівель Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11 липня 2018 року № 1693 зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 липня 2018 р. за № 822/32274 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text>
3. Теплоізоляція 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. Національний стандарт України ДСТУ Б В.2.6-23:2009 «Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови» (прийнятий Наказом Мінрегіонбуду від 20.01.2009 № 11).
5. Національний стандарт України ДСТУ Б В.2.6-15:2011 «Блоки віконні та дверні полівінілхлоридні. Загальні технічні умови» (прийнятий Наказом Мінрегіонбуду від 30.12.2011 № 440).
6. Національний стандарт України ДСТУ Б В.2.7-107:2008 «Будівельні матеріали. Склопакети класні будівельного призначення. Технічні умови» (прийнятий Наказом Мінрегіонбуду від 25.12.2008 № 664).
7. Ратушняк Г. С., Горюн О.Ю., Лялюк А.О. // Моделювання теплопередавання у вузлі примикання віконного блоку до зовнішньої стіни // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві 2020 - №2. с. 113-118.
8. Ратушняк Г.С., Панкевич О.Д., Панкевич В.В. // Теплотехнічні особливості світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівель // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві 2020 - №2. с. 147-154.
9. Altan H, Mohelnikova J, Fric O and Kadlec M 2009 Windows and Building Envelopes, and their Influence on Indoor Thermal Comfort // Proceedings of the 4th IASME/WSEAS International Conference on EE pp 25
10. Fedorczak-Cisak, M, Furtak, M, Radziszewska-Zielina, E Certification of "Nearly Zero-Energy Buildings" as a Part of Sustainability // Proceedings of the 13th International Scientific Conference on People, Buildings and Environment (PBE) Book Series Energy Procedia; Volume 88; Page 738-741
11. Wang, YS; Zhang, Y and Wang, F The economic assessment of building door/window energy-saving technological improvement // Proceedings of 2006 International Research Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate, vols 1 and 2, pp.1032-1036
12. Класи енергоефективності Режим доступу: http://teplydim.com.ua/static/storage/filesfiles/Vikonda_EE_klass_Dec-2014_Ukr.pdf
13. Енергокалькулятор вікон і дверей OKNA.ua Режим доступу: https://okna.ua/ua/energoeffektivnost_okna

REFERENCES

1. Ratushnyak H. S., Pankevych V. V. Iyerarkhichna klasyfikatsiya faktoriv vplyvu na pidvyshchennya enerhoefektyvnosti teploizolyatsynoyi obolonky budivel' // Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktysiyi v budivnytstvi. - 2020. - № 1. - S. 87-94. DOI 10.31649/2311-1429-2019-2-204-209

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 yustytysiyi 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 - [Chynnnyy vid 2016-04-01]. - K.: Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy, 2016 r. – 72 s.– (Derzhavni budivel'ni normy).
4. Natsional'nyy standart Ukrainy DSTU B V.2.6-23:2009 «Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Bloky vikonni ta dverni. Zahal'ni tekhnichni umovy» (pryynyaty Nakazom Minrehionbudu vid 20.01.2009 № 11).
5. Natsional'nyy standart Ukrainy DSTU B V.2.6-15:2011 «Bloky vikonni ta dverni polivinilkhlorydni. Zahal'ni tekhnichni umovy» (pryynyaty Nakazom Minrehionbudu vid 30.12.2011 № 440).
6. Natsional'nyy standart Ukrainy DSTU B V.2.7-107:2008 «Budivel'ni materialy. Sklopakety klejeni budivel'noho pryznachennya. Tekhnichni umovy» (pryynyaty Nakazom Minrehionbudu vid 25.12.2008 № 664).
7. Ratushnyak H. S., Horyun O.YU., Lyalyuk A.O. // Modelyuvannya teploperedavannya u vuzli prylykannya vikonnoho bloku do zovnishn'oyi stiny // Suchasni tekhnolohiyi materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi 2020 - №2. s. 113-118.
8. Ratushnyak H.S., Pankevych O.D., Pankevych V.V. // Teplotekhnichni osoblyvosti svitloprozorykh ohorodzhuvayal'nykh konstruktsiy budivul' // Suchasni tekhnolohiyi materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi 2020 - №2. s. 147-154.
9. Itan H, Mohelnikova J, Fric O and Kadlec M 2009 Windows and Building Envelopes, and their Influence on Indoor Thermal Comfort // Proceedings of the 4th IASME/WSEAS International Conference on EE pp 25
10. Fedorcak-Cisak, M, Furtak, M, Radziszewska-Zielina, E Certification of "Nearly Zero-Energy Buildings" as a Part of Sustainability // Proceedings of the 13th International Scientific Conference on People, Buildings and Environment (PBE) Book Series Energy Procedia; Volume 88; Page 738-741
11. Wang, YS; Zhang, Y and Wang, F The economic assessment of building door/window energy-saving technological improvement // Proceedings of the 13th International Research Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate, vols 1 and 2, pp.1032-1036
12. Klasy enerhoefektyvnosti Rezhym dostupu: http://teplydim.com.ua/static/storage/filesfiles/Vikonda_EE_klass_Dec-2014_Ukr.pdf
13. Enerhokal'kulyator vikon i dverey OKNA.ua Rezhym dostupu: https://okna.ua/ua/energoeffektivnost_okna

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

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

Панкевич Володимир Вячеславович – аспірант факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-1929-8172 e-mail: pankvo82@gmail.com

**G. Ratushnyak
V. Pankevych
O. Pankevych**

EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF LIGHT-TRANSPARENT ENVIRONMENTAL STRUCTURES OF BUILDINGS

Vinnitsia National Technical University

An analytical review of publications on the energy efficiency of translucent elements (windows, doors) of the enclosing structures of the building. The urgency of developing an expert system that would allow modeling the decision-making process in diagnosing thermal insulation at the stage of operation of the building, and was based on multicriteria analysis of elements of the building's enclosing structures. To develop such a system, the factors influencing the energy efficiency of translucent structures are analyzed. Influence factors are grouped into three blocks - technical, technological and operational. The paper analyzes a detailed analysis of each group of factors and identifies their design features, quantitative and qualitative characteristics that affect the increase in energy efficiency. The results of automated calculation of energy efficiency of windows in the program "Energy calculator of windows and doors OKNA.ua", which takes into account the quantitative characteristics of windows. The possibility of using this automated service of calculation of windows at technical inspection of the existing building and diagnosing energy efficiency of a heat-insulating cover of the building is analyzed in the work.

Keywords: Energy efficiency, window, translucent construction, thermal insulation of buildings.

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

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

Volodymyr Pankevych – postgraduate Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnitsia National Technical University ORCID 0000-0002-1929-8172 e-mail: pankvo82@gmail.com