

УДК 624.01:692.232

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦИВІЛЬНИХ БУДИНКІВ ЗІ СВІТЛОПРОЗОРИМИ ФАСАДНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

Є. С. Колесник

Розглянуто основні вимоги нормативної літератури щодо енергоефективності цивільних будинків зі світлопрозорими фасадними конструкціями. Здійснений аналіз факторів, що впливають на тепловий режим будівлі.

Рассмотрены основные требования нормативной литературы что касается энергоэффективности гражданских строений светопрозрачными фасадными конструкциями. Проанализированы факторы, которые влияют на тепловой режим постройки.

This article contains information about the main requirements of standards of energy efficiency in civilian buildings with light slit facades. Analyzed the factors which affect on thermal regime of building.

Вступ

В сучасній архітектурній практиці широке застосування отримали цивільні будинки (переважно громадського призначення) зі світлопрозорими стіновими огорожувальними конструкціями [1] (рис.1).

Використання таких конструкцій, а також стрімке зростання відсотка збудованих будинків на їх основі [2], обумовлює необхідність нормативного врегулювання застосування світлопрозорих фасадів на стадії їх проектування, монтажу та експлуатації. Особливо це стосується нормативного врегулювання саме питання енергоефективності будинків з таким типом огорожень як в зимовий, так і в літній період. На даний час в Україні вже з'явилися наукові роботи присвячені аналізу теплотехнічних показників світлопрозорих фасадних конструкцій за літніх умов експлуатації [2, 3], що лягли в основу відповідних розділів розробленого ДСТУ Б В.2.6-100:2010 [4]. **Мета роботи:** розглянути основні параметри, що визначають енергоефективність цивільних будинків зі світлопрозорими фасадами саме за зимових умов.

Основна частина

Перш за все необхідно визначити, які обмеження встановлені у вітчизняних нормативних документах до світлопрозорих конструкцій і будинків на їх основі щодо забезпечення теплотехнічних показників і зниження тепловитрат.

По-перше, необхідно дати чітке визначення світлопрозорим огороженням.

В ДБН В.2.6-33:2008 [5], що є частиною комплексу нормативних документів із забезпечення



Рис. 1. Сучасний будинок зі світлопрозорими огорожувальними конструкціями

енергоефективності будівельної галузі [6] встановлено таке означення. **Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням прозорими елементами** – конструктивне рішення зовнішніх стін, яке передбачає суцільний світлопрозорий фасад або комбінований фасад з опорядженням прозорими елементами. Тобто, конструктивно система може не бути повністю світлопрозорою, але ззовні виглядає виконаною повністю зі скла.

Стіни з опорядженням світлопрозорими елементами складаються відповідно зі світлопрозорих елементів (скла, склопакетів), несучого каркаса, до складу якого входять стояки, ригелі, елементи кріплення непрозорих елементів і діляться на системи: з суцільним світлопрозорим фасадом, в якому масивною теплоізоляцією захищені тільки плити міжповерхових перекриттів (рис. 2, б) та з комбінованим фасадом зі світлопрозорим та непрозорими ділянками (рис. 2, а).

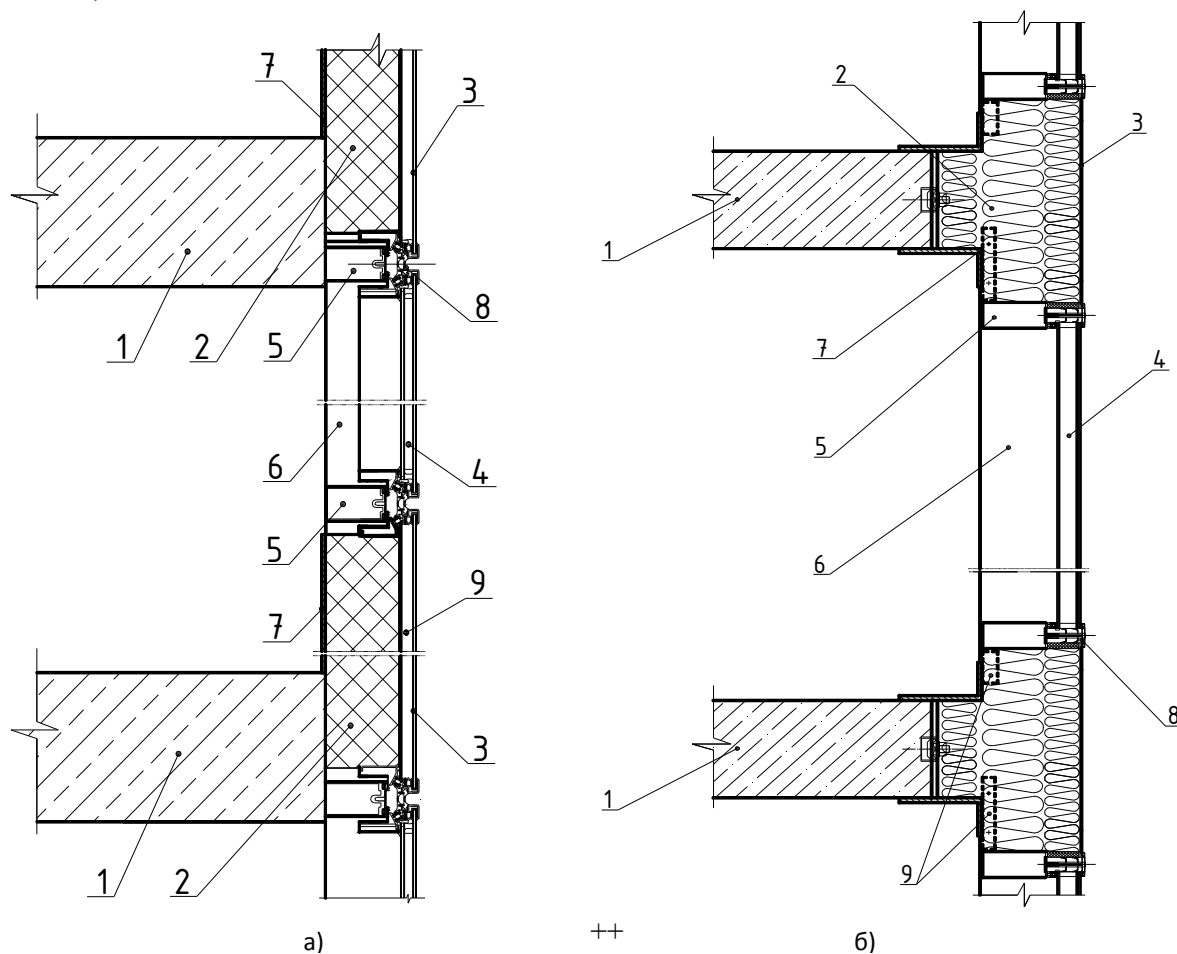


Рис. 2. Конструктивна схема зовнішніх стін з комбінованим світлопрозорим фасадом (а) та з суцільним світлопрозорим фасадом з теплоізоляцією плит перекриттів (б)
1 – плита перекриття, 2 – утеплювач, 3 – світлопрозоре опорядження, 4 – склопакети, 5 – елементи несучого каркаса (ригелі), 6 – елементи несучого каркаса (стояки), 7 – кронштейн, 8 – елемент кріплення світлопрозорого облицювання, 9 – з'єднувальний елемент

За конструктивним рішенням та технологією зведення світлопрозорого оздоблювального захисного шару конструкції поділяються на:

- стояково-ригельні;
- зі структурним та напівструктурним заскленням;
- зі спайдерним заскленням;
- подвійні фасадні системи.

Заповнення непрозорих ділянок систем здійснюється дво- або тришаровими панелями з металевою обшивкою, плитами із мінеральної вати, що розташовані на зовнішній поверхні основи стін.

За кількістю шарів скла конструкції поділяються на системи з одним шаром скла, з двома шарами, з трьома шарами. За видом заповнення прошарку між шарами скла – на системи повітрянаповнені, аргоннаповнені, криптоннаповнені, наповнені сумішшю газів.

Нормативні вимоги

Основним нормативним документом, в якому встановлені теплотехнічні вимоги до огорожувальних конструкцій та вимоги щодо енергоефективності будинку в цілому, є ДБН В.2.6-31:2006 [7].

Основною вимогою, встановленою [7], до огорожувальних конструкцій є вимога забезпечення необхідних показників зведеного опору теплопередачі окремих елементів зовнішньої оболонки будинку:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}} \quad (1)$$

де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ – зведений опір теплопередачі окремих елементів зовнішньої оболонки будинку, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі [7], $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (табл.1);

Таким чином, конструкції світлопрозорих огорожень в першу чергу повинні відповідати нормативній вимозі (1).

Наступною особливістю норм [7] є необхідність забезпечення показників комфортності приміщень, що є обов'язковою умовою енергоефективності будинку. В [8] під тепловим комфортом розглядається такий тепловий стан приміщень, при якому, в залежності від передбаченого призначенням будинку, виду діяльності та типу одягу людини, вона не відчуває навантажень на систему терморегуляції її тіла.

Таблиця 1

Нормативні значення $R_{q \text{ min}}$ для температурних зон

Вид огорожувальної конструкції	Температурна зона України			
	I	II	III	IV
Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0
Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,6	0,56	0,5	0,45

Чисельно вимоги подані у вигляді [7]:

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{cr}}, \quad (2)$$

де $\Delta t_{\text{пр}}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і зведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

Δt_{cr} – допустимий за санітарно-гігієнічними умовами (умовами комфортності) температурний перепад, $^{\circ}\text{C}$; для житлових будинків складає $4,0^{\circ}\text{C}$, для громадських – $5,0^{\circ}\text{C}$.

Для фасадів з коефіцієнтом скління огорожувальних конструкцій $0,18$ і більше температурний перепад $\Delta t_{\text{пр}}$ при визначенні виконання умови (2) розраховується за формулою:

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - \frac{\tau_{\text{вн}} \cdot F_{\text{н}} + \tau_{\text{всн}} \cdot F_{\text{сн}}}{F_{\Sigma}}, \quad (3)$$

де $\tau_{\text{вн}}, F_{\text{н}}$ – приведена температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$, та площа, м^2 , непрозорої частини огорожувальної конструкції;

$F_{\text{сн}}$ – площа світлопрозорої частини огороження, м^2 ;

$\tau_{\text{всн}}$ – приведена температура внутрішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$, світлопрозорої частини огорожувальної конструкції, що розраховується за формулою:

$$\tau_{en} = \frac{\tau_{cn} \cdot F_c + \sum_{j=1}^J \tau_j \cdot F_j}{F_{\Sigma cn}}, \quad (4)$$

де τ_{cn}, F_c – середня температура внутрішньої поверхні, °С, та площа, м², склопакета чи скла;
 τ_j, F_j – середня температура внутрішньої поверхні, °С, та площа, м², j -го конструктивного непрозорого елемента (імпосту, стулок, рами, дистанційних рамок склопакета, ригелів, стояків, тощо) світлопрозорої конструкції, відповідно.

На основі нормативної вимоги (2), з урахуванням методики розрахунків температурного перепаду за формулами (3-4), була отримана залежність [9] коефіцієнту засклення фасадів громадського будинку від величини зведеного опору теплопередачі світлопрозорих огорожень, $f(R_{\Sigma пр. cn})$. На рис. 3 наведена залежність для будинків з нормативними значеннями опору теплопередачі глухих ділянок зовнішніх стін в залежності від кліматичного зонування.

Як видно з рис. 3 нормативна вимога (2) виконується для будинків з суцільним світлопрозорим фасадом ($f = 1$) при величині опору теплопередачі світлопрозорих огорожень на рівні 0,97 м²·К/Вт. Наступний висновок, який можна зробити виходячи з даних наведених на рис. 3 – при характеристиках опору теплопередачі окремих елементів зовнішньої оболонки будинку на рівні нормативних значень (непрозорі конструкції – 2,8 м²·К/Вт, світлопрозорі – 0,6 м²·К/Вт), коефіцієнт скління фасаду не може бути більшим 0,5.

Умова (2) обмежує застосування необґрунтованих рішень при здійсненні проектування. Виконання умови (2) в сучасних будинках можливе завдяки високому рівню теплоізоляції одних елементів ізоляційної оболонки при відносно низьких рівнях теплоізоляції інших, та завдяки забезпеченню високих теплонадходжень від сонячного опромінювання при низьких теплоізоляційних властивостях світлопрозорих конструкцій.

Таким чином, регламентація температурного режиму огорожувальних конструкцій за допустимим перепадом забезпечує фізично обґрунтоване виконання теплових санітарно-гігієнічних умов, що дозволяє здійснювати оптимальне використання сучасних конструктивних рішень.

Також важливою особливістю норм [7] є необхідність оцінки теплового стану вузлів з'єднання конструкцій між собою. Для будинків з сучасними архітектурними рішеннями, в яких використовуються світлопрозорі фасадні конструкції, особливого значення набуває розроблення на стадії проектування конструктивних рішень вузлів примикань з точки зору відсутності в процесі експлуатації будинку теплових відмов у вигляді випадіння конденсату та утворення плісняви (рис.4).

Вимоги подані у вигляді [7]:

$$\tau_{e min} > t_{min}, \quad (5)$$

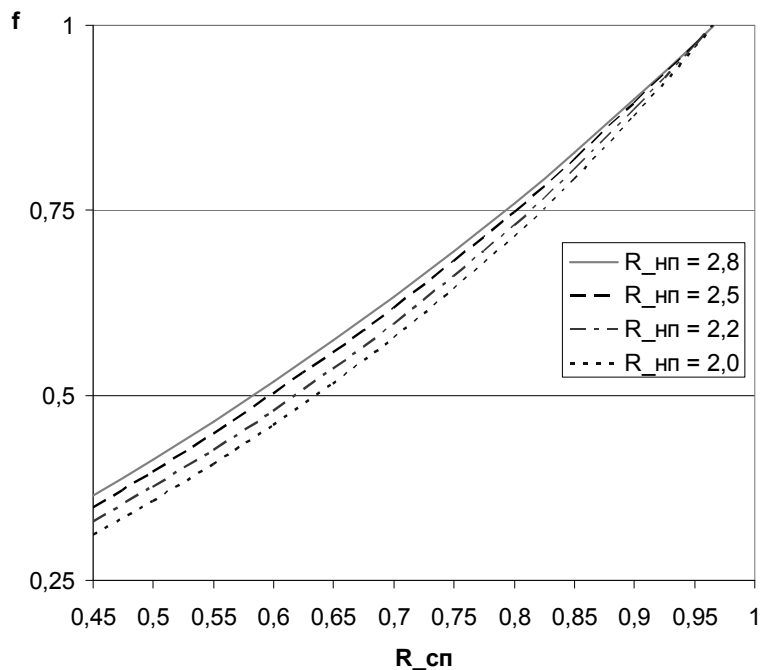


Рис. 3. Залежність коефіцієнта скління фасаду громадського будинку від величини приведенного опору теплопередачі світлопрозорих огорожень

де $\tau_{e\ min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні огороження в зонах теплопровідних включень, °С;

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього та зовнішнього повітря, °С, що при розрахункових параметрах дорівнює 10,7 °С.

Оцінку проектних рішень на відповідність вимозі (5) необхідно виконувати на основі розрахунків температурних полів відповідних вузлів за допомогою програмних продуктів для дво- або тривимірного моделювання [7]. Приклад проведення таких розрахунків наведений на рис. 5.



Рис. 4. Наслідки неправильного проектного рішення світлопрозорої частини сучасного будинку

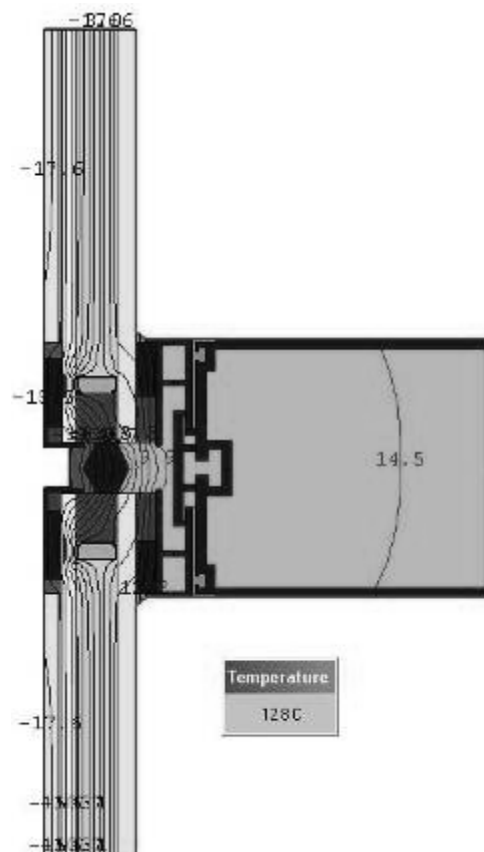


Рис. 5. Температурне поле ригеля

Крім того, в нормах [7] встановлюються вимоги енергоефективності будинку в цілому. Вимоги подані у такому вигляді:

$$q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}, \quad (6)$$

де $q_{\text{буд}}$ – розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення за опалювальний період, кВт·год/м² або кВт·год/м³;

E_{max} – максимально допустиме значення питомих тепловитрат, що встановлюється в залежності від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації.

В основі забезпечення нормативної вимоги (6) лежить принцип альтернативного проектування теплоізоляційної оболонки будинку – визначення інтегральної характеристики будинку в цілому (питомих тепловитрат на опалення), величина яких залежить від об'ємно-планувальних рішень будинку та конструктивних особливостей його окремих елементів. Визначення цього показника здійснюється під час розроблення та складання енергетичного паспорта будинку відповідно до методики встановленої в ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 [10]. Порівнюючи розрахункове значення тепловитрат з нормативним значенням визначається клас енергетичної ефективності будинку відповідно до [7].

Для оцінки впливу об'ємно-планувальних рішень будинку, що характеризуються коефіцієнтом компактності, $\Lambda_{к буд}$, m^{-1} (відношення загальної площі огорожувальних конструкцій до його внутрішнього об'єму), була розроблена модель циліндричного будинку, для якого було прийнято коефіцієнт скління фасадів, що дорівнював 0,95. Дослідження містили розрахункову оцінку питомих тепловитрат вибраної моделі і, відповідно, класу енергетичної ефективності будинку, в залежності від форми будинку при незмінних теплотехнічних характеристиках його огорожень та інших супроводжувальних коефіцієнтів. Форма будинку моделювалась зміною висоти, H , та радіуса, r , циліндра при постійній величині його внутрішнього об'єму, V_h (рис. 6).

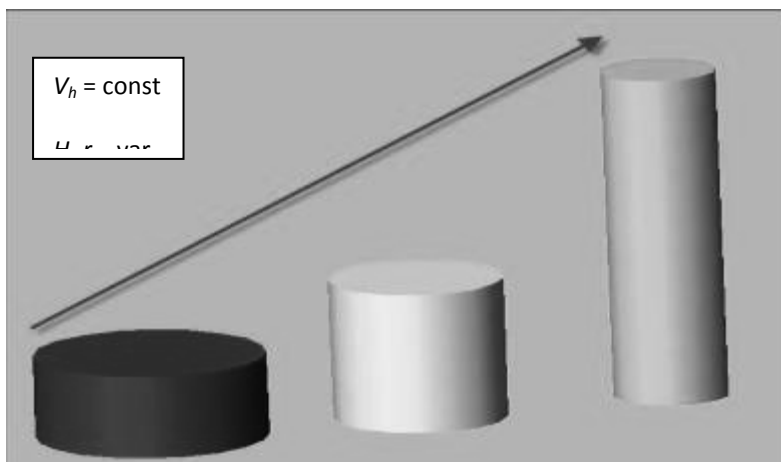


Рис. 6. Геометрична модель будинку, що досліджується

В результаті досліджень було встановлено, що при зменшенні коефіцієнта компактності (“витягування” будинку вгору рис. 6) його тепловитрати на опалення зменшуються, а клас енергетичної ефективності збільшується, за інших рівних умов (рис. 7).

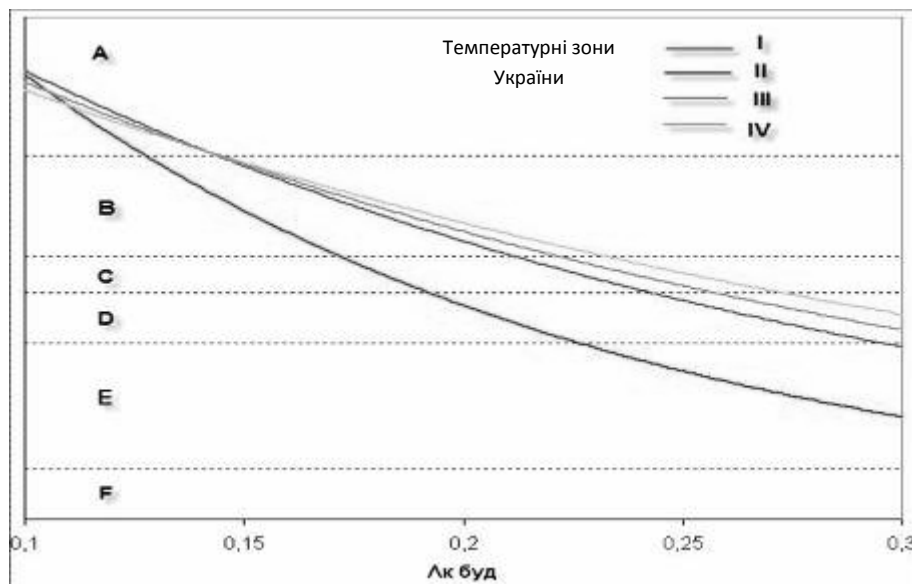


Рис. 7. Результати розрахунків тепловитрат на опалення, будинку за досліджуваною моделлю

В ДБН В.2.2-24:2009 [11] встановлені вимоги до класу енергетичної ефективності багатоповерхових будинків. Нормами визначено, що у завданні на проектування клас енергетичної ефективності повинен бути не нижче *B*. Виходячи з результатів розрахунків (рис. 7) можна зробити висновок, що будинок з коефіцієнтом скління фасадів на рівні 0,95 і характеристиками опору теплопередачі огорожень, що відповідають умові за рис. 3, будуть відповідати вимогам за показником питомих тепловитрат на опалення при коефіцієнті компактності не вище 0,17.

На даний час в Україні на стадії розробки знаходиться нормативний документ рівня ДСТУ, що встановлює вимоги до конструкцій зовнішніх стін з опорядженням світлопрозорими елементами, якими буде регламентовано питання їх проектування, влаштування та експлуатації. Даний нормативний документ є частиною комплексу нормативних документів [12], що відноситься до конструктивних особливостей зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією, і був розроблений за останні роки. У вказаному стандарті необхідно відобразити результати проведених досліджень для забезпечення енергоефективності будинків, в яких будуть використовуватися в якості огорожувальних конструкцій світлопрозорі фасади.

Висновки

- У ході дослідження був здійснений комплексний підхід до розглядання питання забезпечення енергоефективності цивільних будинків зі світлопрозорими фасадними конструкціями. Виконаний аналіз існуючих нормативних документів за даним спрямуванням. Були встановлені основні вимоги та показники забезпечення енергоефективності.

Список літератури

1. Світлопрозорі огороження будинків / О. Л. Підгорний, І. М. Шепетова, О. В. Сергейчук, та ін. – К. : КНУБА, 2005. – 281 с.
2. Фаренюк Г. Г. О закономерностях теплопередачи через светопрозрачные конструкции / Фаренюк Г. Г., Фаренюк Е. Г. // Оконные технологии. – 2001. – № 7. – С. 38-40.
3. Білоус О. М. Вітраж цивільної будівлі як фактор зміни температури повітря приміщення за літніх умов: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / О. М. Білоус. – Макіївка, 2010. – 20 с.
4. Метод визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій: ДСТУ Б В.2.6-100-2010. – [Чинний з 01.10.2010 р.] – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 45 с. – (Державний стандарт України).
5. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, влаштування та експлуатації: ДБН В.2.6-33:2008. – [Чинний з 01.07.2009 р.] – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 24 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Фаренюк Г. Г. Нормативне забезпечення при застосуванні конструкцій фасадної теплоізоляції житлових та громадських будинків / Г. Г. Фаренюк // Будівництво України. – 2009. – № 1-2. – С. 12-16.
7. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний з 01.04.2007]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 64 с. – (Державні будівельні норми України).
8. Богословский В. Н. Тепловой режим здания / В. Н. Богословский. – М. : Стройиздат, 1979. – 248 с.
9. Колесник Е. С. Особенности теплотехнических расчетов в свете новых строительных норм Украины в области энергосбережения. – Информационные материалы Международной конференции «Архитектурно-планировочные решения, конструктивно-технологические системы и энергосберегающее оборудование жилых и общественных зданий XXI века» 25-26 июня 2008 г. – Минск. – С. 33-37.
10. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – [Чинний з 01.07.2008]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 43 с. – (Державний стандарт України).
11. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. – [Чинний з 01.09.2009 р.] – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 133 с. – (Державні будівельні норми України).
12. Колесник Е. С. Фасадна теплоізоляція / Е. С. Колесник // Энергосбережение –2010. – № 8. – С. 8-12.

Колесник Євген Сергійович – молодший науковий співробітник відділу будівельної фізики та ресурсозбереження Державного підприємства «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП НДІБК)