УДК 697.536

А. А. Худенко *докт. техн. наук., проф.*,
Є. Г.Фаренюк, *аспірант*
Київський національний університет
будівництва і архітектури

ВПЛИВ НА ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ПРИМІЩЕННЯ РІЗНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ВІКОННИХ СИСТЕМ

Втрати теплоти крізь вікна можна розподілити на трансмісійні, які в 4—6 разів більші ніж крізь стіни, та вентиляційні. Теплоізоляційним якостям вікон треба приділяти першочергову увагу при вирешенні проблеми енергозбереження. Необхідно враховувати, що при неякісних вікнах, які є одним з основних елементів формування теплового мікроклімату приміщень, суттєво підвищується безпосередня небезпека для здоров'я людей.

Головними напрямками зниження трансмісійних втрат теплоти є підвищення теплозахисних якостей світлопрозорих заповнень та обрамовуючих елементів.

Світлопрозорі заповнення. Головне призначення вікон — це виконувати захисні функції, відділяти приміщення від неблагоприємного атмосферного впливу зовнішнього середовища, та забезпечувати зв'язок між приміщенням і навколишнім середовищем. Отже, вікно є найбільш енерговитратною частиною огороджуючих конструкцій будинків.

Збільшення кількості рядів скла є найбільш простим засобом підвищення теплоізоляції світлопрозорих заповнень. Опір теплопередачі різних склопакетів становить: одинарне скління — 0,15—0,16 $м^2 \cdot К/Вт$, однокамерного склопакета — 0,29—0,34 $м^2 \cdot К/Вт$, двокамерного склопакета — 0,43—0,52 $м^2 \cdot К/Вт$. Проводити подальше збільшення кількості рядів скла неекономно та неефективно, оскільки вони пропускають набагато менше світла. Крім того, для забезпечення нормативної освітленості треба підвищувати площу вікон. Існують інші шляхи зниження теплопередачі за рахунок зменшення конвективної та променевої складо-

вих передачі теплоти. Перший — заповнення міжскляного простору газами з меншою, ніж у повітря, теплопровідністю — аргоном, криптоном, гексафторидом сірки та ін., а також вакуумуванням міжскляного простору. Порівняння характеристик термічного опору склопакетів з різноманітним газовим заповненням наведено на рис. 1.

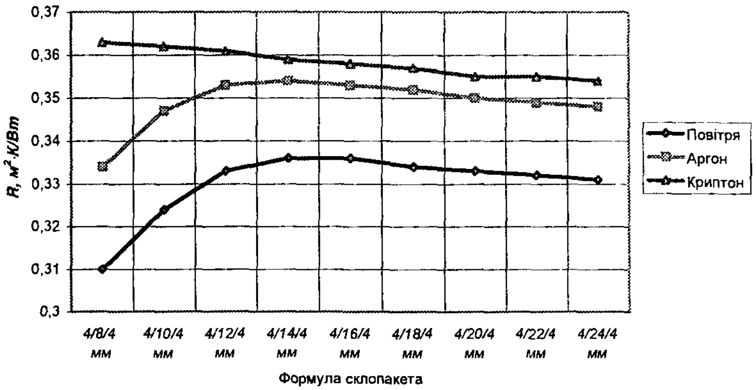

Рис. 1. Порівняльна характеристика термічного опору склопакетів з різними газовими заповнювачами

Другий шлях — нанесення селективних тепловідбиваючих покриттів на поверхню скла. Такі покриття відносно прозорі для видимого світла, але мають вищий коефіцієнт відбиття в інфрачервоному діапазоні випромінювання, який є основним в комплексі теплових втрат. Вони відбивають в опалюване приміщення до 90% енергії, яка випромінюється нагрітими в кімнаті речами.

У підвищенні теплозахисних якостей вікон також важливу роль відіграє зниження теплопровідності обрамовуючих елементів.

Деревина, як відомо, є найкращим будівельним матеріалом. Екологічна чистота, відносно низька теплопровідність, міцність та висока довговічність — властивості, що визначають переваги деревини перед рештою матеріалів. Проте ці властивості у виробі забезпечуються не самі собою, а потребують комплексу технологічних заходів. Тому важливе місце у забезпеченні вищезгаданих властивостей займає суворий пооопераційний та вихідний контроль при виготовленні виробів. Температурне поле дерев'яного вікна, розраховане по програмі розрахунку диференціального рівняння Фур'є-Лапласа при граничних умовах III

роду, зображено на рис. 2. Ізотерми на рисунку зображені тонкими лініями через кожні 3°С. Розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря $T_в$ = +18°С и $T_з$ = −22°С. На підставі розподілу температур у конструкції рами можно зробити висновок, що конденсат на внутрішній поверхні конструкції випадати не буде, тому що температури внутрішньої поверхні вищі за температури конденсації пари повітря при розрахункових параметрах.

Альтернативними дереву для обрамлення віконних систем є профілі з алюмінієвих сплавів та з полівінілхлориду (ПВХ).

Алюміній — довговічний, міцний та легкий матеріал. Основний його недолік — висока теплопровідність. Тому використовуватися для обрамлення вікон та дверей алюміній може тільки за умови наявності теплоізолюючих вставок, перериваючих безперервний потік теплоти. Саме теплоізолююча ефективність вставки з пластмасових матеріалів і визначає можливість використання конкретних конструктивних рішень обрамлень з алюмінієвих сплавів. На жаль, досить часто трапляється так, що у нашій практиці з необґрунтованими рішеннями обрамляючих елементів вікон з алюмінієвих профілів, коли закупляються або готові вироби або профілі без старанного теплового аналізу їх теплових якостей.

Вентиляційні втрати теплоти крізь вікна також дуже великі (до 35%). Основний недолік традиційних вікон, які застосовуються в переважній більшості вітчизняних будинків — це підвищена інфільтрація. Заклеювання усіх щілин у різах і у стулках вікон — звичайна для нашого побуту операція, яка повторюється з периодичністю щорічного похолодання. Наявність надійних, які забезпечують у часі необхідний рівень повітроізоляції ущільнюючих елементів, — обов'язкова умова конструктивного рішення сучасних вікон.

Максимальна нормативна характеристика опору повітропроникнення дорівнює 0,5 $м^2 \cdot ч \cdot ДаПа^{2/3}$/кг. Результати чисельних випробувань теплотехнічних показників вказують на те, що опір повітропроникненню більшості сучасних віконних систем відповідають нормам України та дорівнюють від 0,5 до 10 $м^2 \cdot ч \cdot ДаПа^{2/3}$/кг .

Оскільки основне охолодження приміщень у зимовий період відбувається крізь нещільності у вікнах, та підвищення теплозахисних якостей огороджень пов'язане зі зменшенням повітропроникнення вікон шляхом їх герметизації різними прокладками. Це, з одного боку, знижує тепловтрати, з другого боку, — знижує кількість свіжого повітря, що надходить у приміщення.

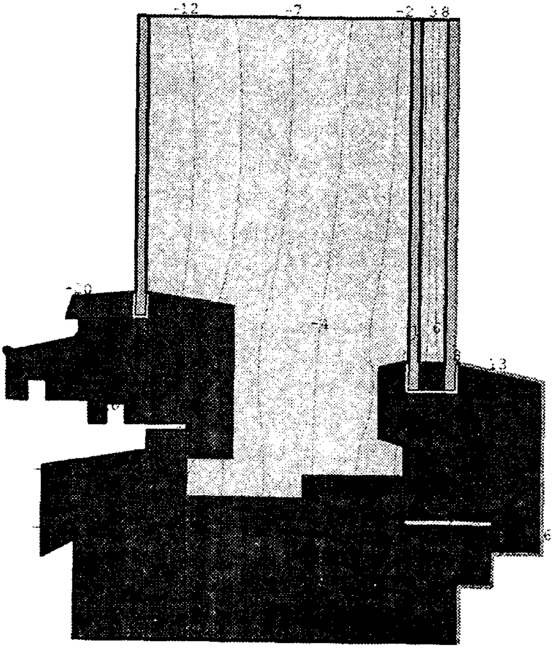

Рис. 2. Температурне поле дерев'яного вікна

Тепловий баланс у приміщенні забезпечується при виконанні рівняння теплового балансу

$$Q - Gc\gamma(t_в - t_н) - (t_в - t_н)F/R_о^{пр} = 0, \qquad (1)$$

де Q — теплопливи від системи опалення приміщення, Дж; G — повітрообмін приміщення, $м^3/ч$; с — теплоємність повітря, Дж/(кгК); γ — щільність повітря, $кг/м^3$; $t_в$, $t_н$ — температура внутрішнього та зовнішнього повітря, °С (К); F, $R_о^{пр}$ — площа і зведений опір теплопередачі.

У рівнянні теплового баланса (1) усі характеристики залежать одна від одної. При зниженні потужності системи опалення приміщення (величина Q) або підвищенні кількості зовнішнього повітря G, яке інфільтрується чи спеціально подається до приміщення знижується температура внутрішнього повітря $t_в$. Змінюючи рівень повітрообміну G

шляхом обклеювання вікон, можна у певній мірі підвищити значення $t_в$, але цього явно недостатньо, щоб при існуючих теплових навантаженнях (значеннях Q) забезпечити нормативні режими експлуатації. Причому справа не стільки в низьких значеннях Q, скільки у величині останньої складової формули (1) — рівні теплозахисту огороджуючих конструкцій, який характеризується значенням $R_0^{пр}$. Житлові будинки, спроектовані та побудовані у роки радянських п'ятирічок, надто енергоємні, тому з урахуванням вартості енергоресурсів підтримувати у таких будинках на достатньому рівні температуру повітря дуже дорого.

Зниження величини G, як видно з рівняння (1), призводить до підвищення $t_в$. Проте і тут має місце протиріччя. Енергозбереження потребує максимального зниження G, а вимоги гігієністів — підвищення G, тому оптимізація цієї характеристики є сумісним завданням спеціалістів по гігієні та теплозахисту будинків.

Отже, єдиний шлях забезпечення теплового комфорту у приміщеннях — це підвищення характеристики $R_0^{пр}$.

Вікна виявляють суттєвий вплив також на рівень теплового комфорту приміщення. Під терміном "тепловий комфорт" слід розуміти такий стан людини, коли вона не відчуває ні перегрівання, ні охолодження. У термодинамічному відношенні людина є тепловиробляючою системою, яка завжди повинна віддавати вироблену енергію навколишньому середовищу. При недостній тепловіддачі людина відчуває перегрівання з подальшим підвищенням температури спочатку поверхні, а потім і глибинних тканин, при підвищеній тепловіддачі — переохолодження з відповідним пониженням температур.

Температура повітря $t_В$ визначає умови (інтенсивність) конвективної тепловіддачі від людини в навколишнє середовище. Проміневий теплообмін між людиною та навколишнім середовищем визначається так званою радіаційною температурою приміщення t_R.

Для спрощення розрахунків беруть

$$t_R = \sum F_i t_i / \sum F_i, \qquad (2)$$

де F_i — площа і-ї поверхні огороджуючих приміщення конструкцій.

На рис. 3 наведено вплив теплових характеристик вікон на теплове відчуття людини.

Допустима інтенсивність тепловіддачі від людини до холодних поверхонь шляхом проміневого теплообміну становить 70 Вт/м^2. Отже, опір теплопередачі віконних блоків повинен бути не менш ніж 0,5—

0,55 м²·°С/Вт (залежно від геометрії приміщення). При цьому не має значення з чого зроблено обрамлення вікна — з деревини, пластика або алюмінієвих профілів. Теплотехнічні характеристики огороджуючих конструкцій повинні визначатись тільки умовами теплообміну. Тому різні нормативні вимоги по теплозахисту вікон за вітчизняними нормами, залежно від вигляду обрамлюючих елементів, фізично не обґрунтовані. При коректуванні нормативних вимог за рівнем теплозахисту вікон необхідно враховувати не тільки загальні тепловтрати приміщення, але й особливості теплообміну між людиною і навколишнім середовищем залежно від геометричних параметрів проектованого приміщення.

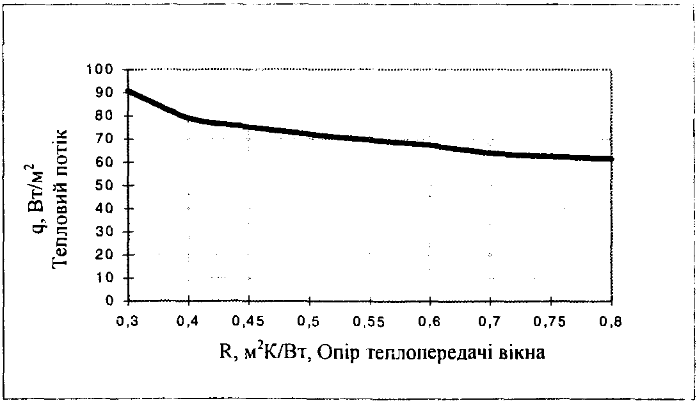

Рис. 3. Тепловтрати від людини до поверхні вікна

Для більш повної оцінки впливу температури внутрішнього повітря $t_В$ і середньої радіаційної температури приміщення t_R на температурний стан у приміщенні введено поняття температури приміщення $t_П$

$$t_П = 0{,}64\, t_R + 0{,}36\, t_В. \qquad (3)$$

Підвищення величини t_R забезпечує нормальну комфортну температуру приміщення при незмінній температурі повітря $t_В$ і відповідно незмінному значенні теплонадходжень Q. На рис. 4 подано дані для визначення залежності між температурою теплоносія в системі опалювання и температурою приміщення при різних варіантах підвищення теплозахисних показників зовнішніх огороджуючих конструкцій.

Нормальний для людини температурний діапазон у приміщенні, як це випливає з рис. 3, може забезпечуватись і при існуючих навантаженнях в системах опалення житлових будинків. Однак для цього не-

обхіднс підвищувати рівень теплозахисту огороджуючих конструкцій. Причому теплова эфективність підвищення теплозахисту вікон та глухих стін практично еквівалентна. Вибір варіанта утеплення повинен здійснюватися для кожного конкретного випадку з урахуванням як конструктивних особливостей даного будинку, так і економічних можливостей суб'єкта, що забезпечує підвищення енергоефективності будинку або його частини.

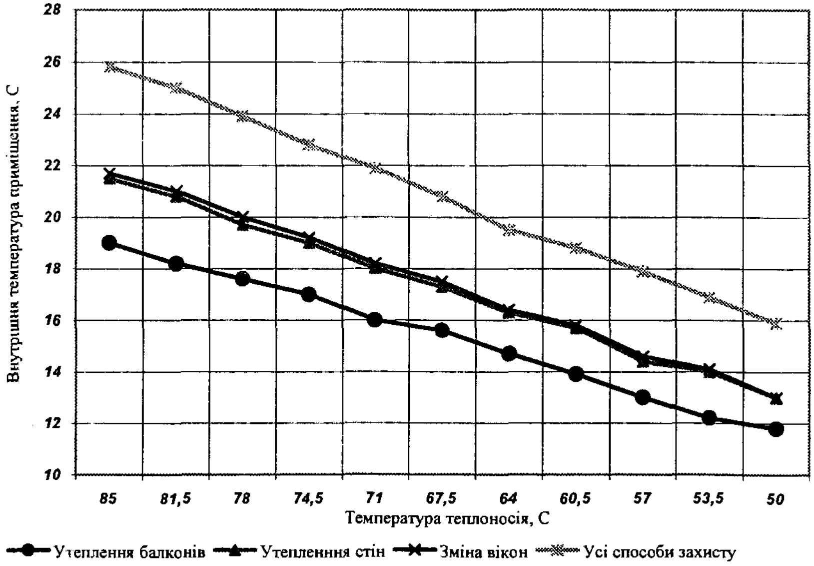

Рис. 4. Внутрішня температура приміщення в залежності від теплозахисту огороджень та температури теплоносія