

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ СКЛОПАКЕТИ З ВРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ. МЕТОДИКА ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

В статті приведено результати експериментальних досліджень та методика обробки результатів, яка була розроблена на основі теплофізичного моделювання. Даний алгоритм враховує всі природні фактори: альbedo, час сходу і заходу сонця, швидкість вітру, добову густину енергії, коефіцієнт тепловіддачі, температурний коефіцієнт об'ємного розширення, коефіцієнти теплопровідності і кінематичної в'язкості, коефіцієнт температуропровідності і променевої тепловіддачі, а також всі отримані експериментальні дані в кожній точці вимірювання.

Мета роботи. Експериментальне дослідження тепловтрат через склопакети з врахуванням безперервної дії всієї сукупності кліматичних параметрів. В якості об'єкта обрані двокамерні віконні конструкції, встановлені замість звичайних старих вікон (з терміном експлуатації 43 роки) на північно-орієнтованій стіні адміністративного корпусу ІТТФ НАН України в м. Києві по вул. Булаховського, 2б.

Аналіз основних досліджень. Відомо, що на віконні конструкції припадає до 40% тепловтрат. Втрати теплоти через віконні конструкції можна розділити на трансмісійні та вентиляційні (інфільтраційні). Вентиляційні втрати можуть значно перевищувати трансмісійні, якщо вікна не достантьо ущільнені. В роботах, де описано дослідження повітропроникності вікон [1 – 2] доведено, що температурне поле на поверхнях скла значно змінюється внаслідок фільтрації повітря, це відбувається і в прошарку між склом. Теплопередачу через віконні конструкції висвітлюють роботи [3 – 5], де встановлено вплив віконного відкосу і конструктивних елементів вікна.

Характеристики об'єкта дослідження. Прийняті в будівельній теплотехніці методики розрахунку тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції базуються на характеристиках, які дуже умовно відображають вплив зміни в часі кліматичних факторів - температури зовнішнього повітря, швидкості вітру, інтенсивності сонячної радіації [6 – 8]. Якщо для стінової частини огорожі неточність розрахунку можна компенсувати зміною товщини огорожі або використанням матеріалів з іншим термічним опором, то стосовно вікон такий підхід виявиться мало продуктивним. Тому важливо оцінити вплив усіх чинників на теплопередачу через віконні елементи огорожі.

Основні розміри двокамерного склопакету представлені на рис. 1а і 1б ($H_1 = 0,376$ м, $H_2 = 1,06$ м, $L_1 = L_2 = 1,02$ м, $L_3 = L_5 = 0,643$ м, $L_4 = 0,563$ м). В якості детально досліджуваного об'єкта обрано нижній кутовий склопакет віконної конструкції. На малюнку цифрами та літерами показані точки розташування первинних вимірювальних засобів – температури T_i , а також густини теплового потоку q_i – на внутрішній (рис. 1а) і зовнішній (рис. 1б) поверхнях склопакету ($i = 1, \dots, 6, a, \dots, y$).

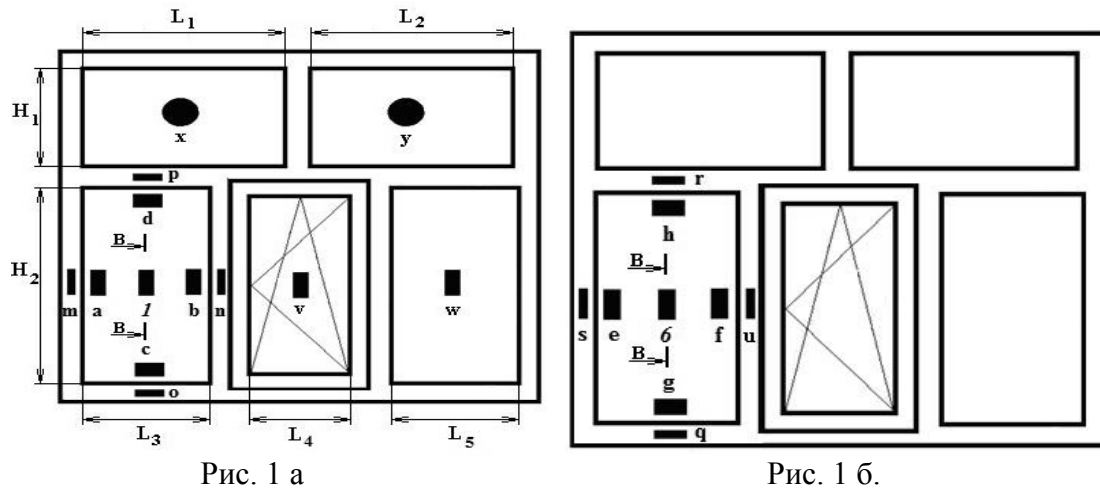


Рис. 1 а

Рис. 1 б.

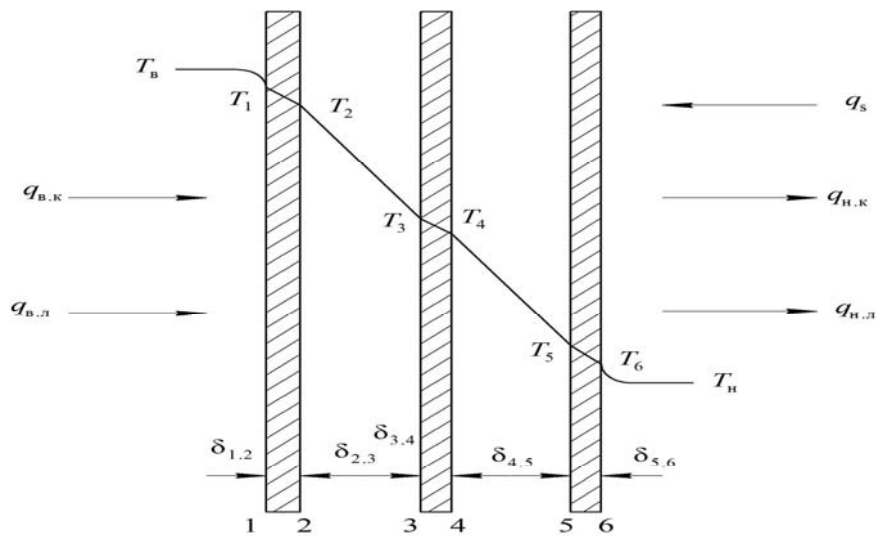


Рис. 1 в.

Поперечний переріз фрагменту склопакету і теплові характеристики, які діють на нього, показані на рисунку 1 в. Розміри: $\delta_{12} = \delta_{34} = \delta_{56} = 0,004$ м, $\delta_{23} = \delta_{45} = 0,010$ м. В точках 1 і 6 на відстані 0,2 м від поверхні скла по зовнішній, відносно склопакету, нормалі були встановлені датчики температури, які фіксують $T_B(t)$, $T_H(t)$.

Для вимірювання температури застосовувалися платинові (похибка вимірювання $0,1$ °C), і мідні (похибка вимірювання $0,2 - 0,3$ °C) термометри

опору з робочим діапазоном зміни температури $-40 \dots +100 \text{ }^\circ\text{C}$. Безперервні вимірювання густини теплового потоку проводилося з використання перетворювачів теплового потоку, розроблених в ІТТФ НАН України (декларована похибка вимірювання до 4%). Сигнали із заданим тимчасовим кроком вимірювання, в нашому випадку дорівнював 10 хвилинам, від датчиків записувалися переносним 96-ти канальним блоком реєстрації, розробленим в Інституті технічної теплофізики НАН України [9 - 10] в реальних умовах експлуатації будівлі з безперервним урахуванням зміни кліматичних факторів. Дослідження були проведені протягом 18 діб з 30.12.2014 по 16.01.2015, згідно з вимогами [11 – 12].

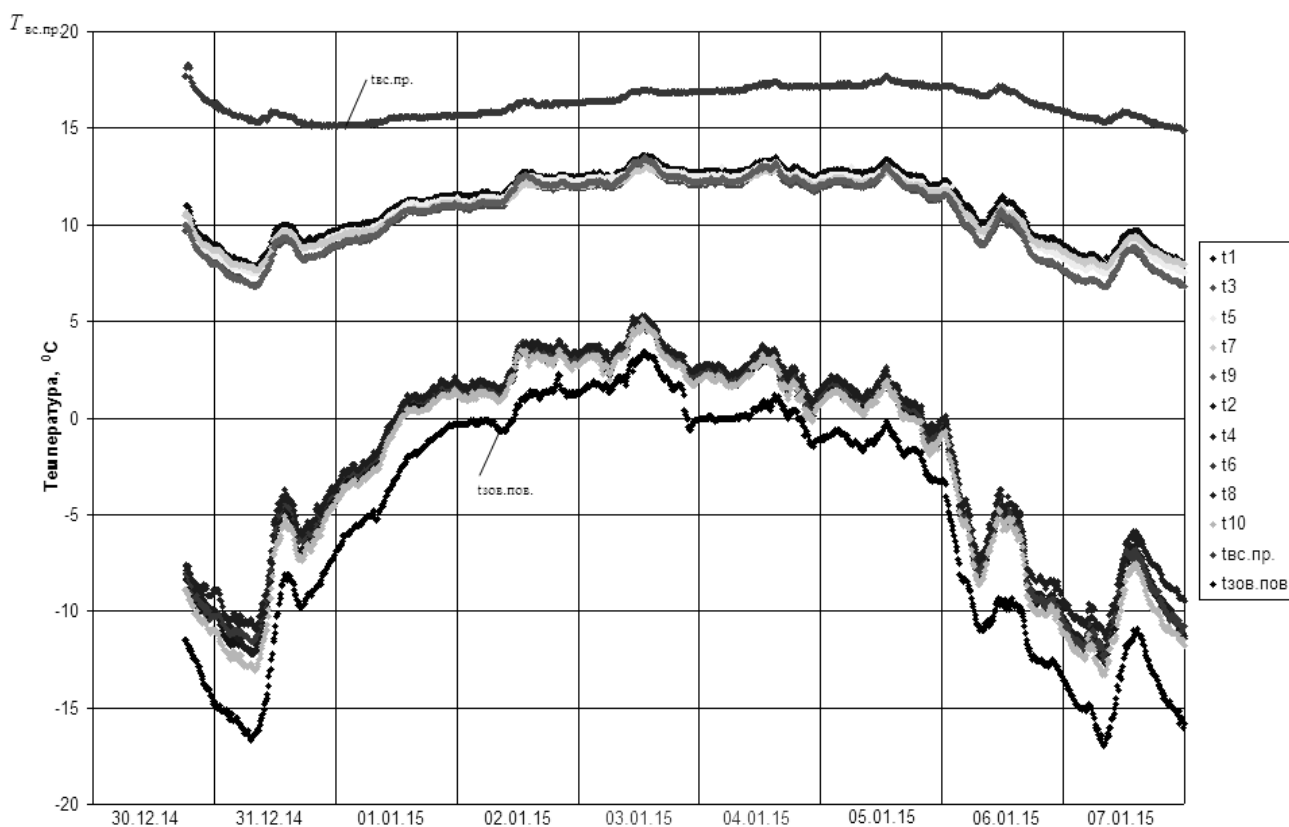


Рис. 2. Розподіл температури на внутрішній та зовнішній поверхнях двакамерного склопакету і значення температури зовнішнього повітря та температураури всередині приміщення.

Попередній аналіз дослідних даних та розробка математичної моделі.

Оскільки склопакети відносяться до комбінованих конструкцій, виготовлених з матеріалів з різними теплофізичними властивостями, то слід було б очікувати нерівномірність розподілу теплових потоків по поверхні склопакетів. Тому було проведено порівняння густин теплових потоків і температури в центральній та в чотирьох точках по краю склопакету. Порівнювалися значення густини теплових потоків на внутрішній поверхні вікна в точках a, b, c, d із значенням в центральній точці l : $q_{i,l}^{\circ} = q_i/q_l$, где $i = a, b, c, d$. Внаслідок чого, прийшли до висновку, що в якості характеризуючих значень величин для склопакета в цілому можна орієнтуватися на значення

величин в межах центральних точок склопакета, що і було реалізовано надалі. Результати експерименту вважалися достовірними, якщо густини теплових потоків $q(t)$ в центральних точках, підрахованих по експериментальних даних $T_1(t)$ і $T_6(t)$, корелюються з експериментальними даними $q_e(t)$ в цих точках.

Була розроблена система математичних рівнянь, які враховують всі природні кліматичні фактори: альbedo, час сходу і заходу сонця, швидкість вітру, добову густину енергії, коефіцієнт тепловіддачі, температурний коефіцієнт об'ємного розширення, коефіцієнти теплопровідності і кінематичної в'язкості, коефіцієнт температуропровідності і променевої тепловіддачі, а також всі отримані експериментальні дані в кожній точці вимірювання. На основі цих рівнянь і створений алгоритм обробки експериментальних даних.

Результати порівняння розрахункових показників з експериментальними даними. Незважаючи на північну орієнтацію склопакета, чітко простежується дія радіації з 8 до 18 години. Це виражається у формі зниження значень густини теплового потоку q на цьому інтервалі. Узгодження розрахункових і дослідних даних по q , $T_{зov}$ і $T_{вс.пр.}$ задовільне. Наприклад, на графіку для 31.12.2014, це чітко відслідковується. Враховуючи залежності для конвективного теплообміну, які були використані в методиці, можна констатувати можливість використання їх для розрахунку теплопередачі на обох поверхнях склопакету і коректність розрахункового алгоритму. Розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними в середньому становить: для теплового потоку 1 – 1,5%, для температури 0,5 – 0,7%, що цілком задовільно.

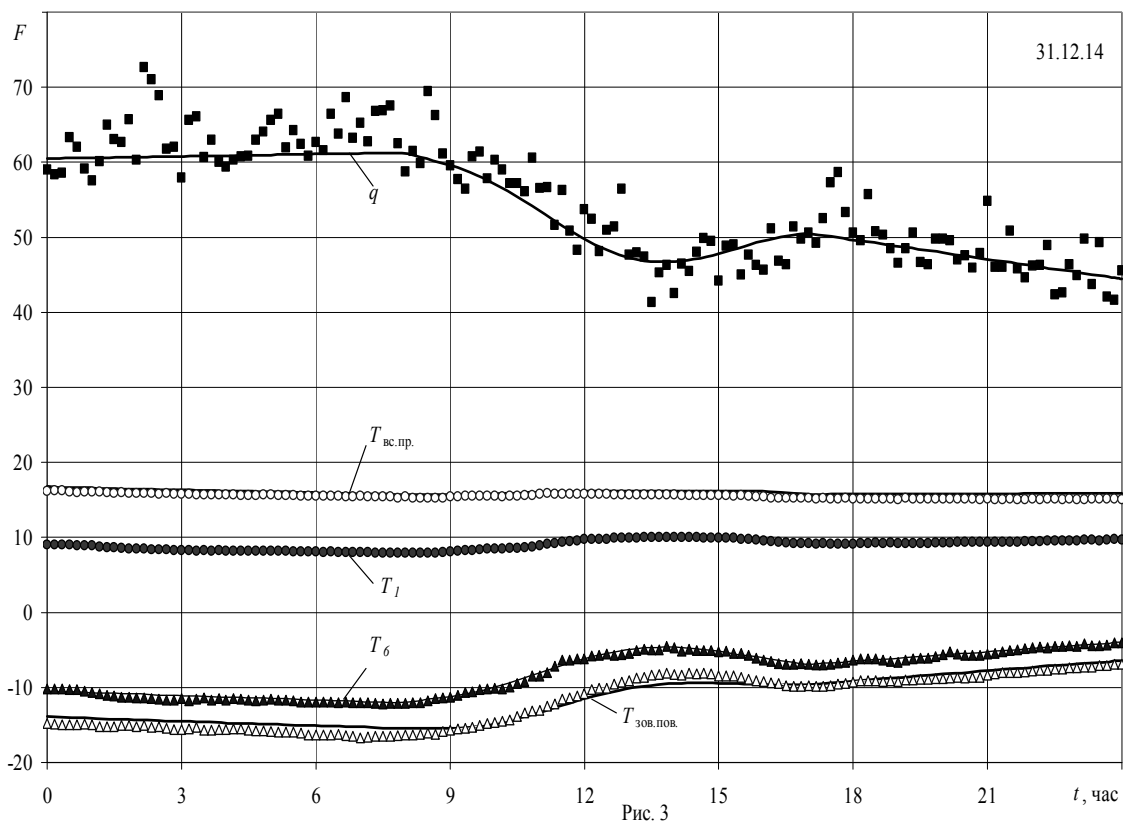


Рис. 3. Результати опрацювання даних по розробленій методиці. Суцільними лініями показано розрахункові дані.

Висновки. Результати вимірювань показали, що теплопередача склопакета в цілому характеризується параметрами в його центральній області. Запропонована методика обробки безперервно зафіксованих експериментальних даних по теплопередачі через склопакети з врахуванням впливу всієї сукупності кліматичних факторів дозволяє більш обґрунтовано визначити річні тепловтрати через склопакети.

Література

1. Семенова Е. В. Воздухопроницаемость окон жилых и общественных зданий / Е. В. Семенова // Государственный комитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, Центральный научно-исследовательский и проектный институт типового и экспериментального проектирования жилища (ЦНИИЭП жилища). – М.: СТРОЙИЗДАТ, 1969. – 81 с.
2. Савин В. К. Исследование воздухопроницаемости окон / В. К. Савин // Исследование теплоизоляции зданий: Сб.тр. / НИИ строит. Физики. – М., 1985. – С. 93 – 98.
3. Умнякова Н. П. Исследование теплопередачи через конструкции оконных откосов в натуральных условиях. / Н. П. Умнякова. – М., 1986. – 24 с. – (Экспрес-информ). – (Сер. 10. Строительная архитектура; 4).
4. Низовцев М. И. Тепло- и массоперенос в энергоеффективных ограждающих конструкциях и климатическом оборудовании зданий: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 01.04.14 «Теплофизика и теретическая теплотехника» / Низовцев Михаил Иванович. – Новосибирск, 2011. – 39 с.
5. Диомидов М. В. Тепловые характеристики вентилируемых оконных проемов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.08 «Теплоснабжение, вентиляция кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» / Диомидов Михаил Витальевич. – Новосибирск, 2003. – 163 с.
6. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2006.
7. Богословский В. Н. Отопление: Учебник для вузов. / В. Н. Богословский, А. Н. Сканапи. – Москва. Стройиздат, 1991.
8. Ильинский В. М. Строительная теплофизика. – Москва : Высшая школа, 1974.
9. Давиденко Б. В. Експериментальні дослідження теплопереносу через сучасні віконні конструкції в реальних умовах експлуатації / Б. В. Давиденко, С. М. Гончарук, М. П. Новіцька, Л. М. Кужель, Д. О. Красота // Энергоеффективность у будівництві та архітектурі, 2015, №7, ст. 65 – 71.
10. Басок Б. І. Експериментальні дослідження теплопереносу через сучасні віконні конструкції в реальних умовах експлуатації [Електронний ресурс] / Б. І. Басок, Б. В. Давиденко, С. М. Гончарук, Л. М. Кужель / Режим доступу: http://wt.com.ua/wt_60_2015_online/flippingbook.swf

11. ДСТУ Б В.2.6 – 101: 2010 Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. Чинний з 20.01.2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 84 с.

12. МВВ № 081/24-0778-11 Метрологія. Опір теплопередаванню крізь огорожувальні конструкції будівель і споруд різного призначення. Методика виконання вимірювань комбінованим тепловізійно-пірометричним методом. ІТТФ НАНУ. – 2011.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ
ЧЕРЕЗ СТЕКЛОПАКЕТЫ С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

*Басок Б. И., Накорчевский А. И., Кузель Л. М.,
Гончарук, С. М., М.П. Новицкая*

В статье приведены результаты экспериментальных исследований и методика обработки результатов, которая была разработана на основании теплофизического моделирования. Данный алгоритм учитывает все природные факторы: альbedo, время восхода и захода солнца, скорость ветра, суточную плотность энергии, коэффициент теплоотдачи, температурный коэффициент объемного расширения, коэффициенты теплопроводности и кинематической вязкости, коэффициент температуропроводности и лучевой теплоотдачи, а также все полученные экспериментальные данные в каждой точке измерения.

**EXPERIMENTAL STUDY HEAT TRANSFER THROUGH GLASS
WITH INCLUDING EXTERNAL CLIMATIC FACTORS.
METHOD OF DATA PROCESSING**

B. Basok, A. Nakorchevskiy, L. Kuzhel, S. Goncharuk, M. Novitska

The results of experimental studies and the results of the processing technique, which was developed on the basis of thermophysical modeling. This algorithm takes into account all environmental factors: albedo, sunrise and sunset times, wind speed, daily energy density, heat transfer coefficient, the temperature coefficient of volume expansion, thermal conductivity and kinematic viscosity, thermal diffusivity, and radiation heat transfer, as well as all the experimental data obtained in each measuring point.