

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ ЧЕРЕЗ СУЧАСНІ ВІКОННІ КОНСТРУКЦІЇ В РЕАЛЬНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України,
Україна*

В статті описано експериментальний стенд з дослідження теплопереносу через різноваріантні термомодернізовані зовнішні огорожувальні конструкції будівлі в реальних умовах її експлуатації, що розроблений та впроваджений в Інституті технічної теплофізики НАН України. Представлено експериментальну установку по дослідженню тепловтрат через огорожувальні конструкції будівель. Наведені експериментальні дослідження основних параметрів тепловтрат через двокамерний склопакет (4М1-10-4М1-10-4М1).

Постановка проблеми. Підвищити енергоефективність будівель та споруд можливо шляхом зменшення їх тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції (ОК) та модернізації системи опалення й інженерних систем. Найбільші тепловтрати будівлі відбуваються через систему вентиляції та віконні конструкції в зв'язку з низьким значенням їх термічного опору теплопередачі. Тому важливим завданням при підвищенні енергозбереження будівель різного призначення є оптимальний вибір саме віконних конструкцій.

Аналіз основних досліджень. На теплоізоляційну спроможність віконних конструкцій впливає багато різних факторів. Серед основних слід відзначити: наявність в склопакеті скла з низькоемісійним покриттям чи енергозберігаючою плівкою; наповненість прошарку між склом газом (повітря, аргон, криптон, тощо); кількість камер в склопакеті та профілі рами; товщина скла та віконного прошарку між склом; повітропроникність; віконні відкоси зовнішніх стінових конструкцій; розміщення вікна в проїмі стіни; конструктивні елементи віконної конструкції, тощо. Дослідники приділяють цим факторам велику увагу. Так в [1-3] показано, що використання скла з найнижчою випромінювальною здатністю приводить до зменшення кількості теплової енергії, що втрачається за рахунок радіаційної складової теплового потоку, що проходить через склопакет. Дані в [2, 4] свідчать, що підвищення опору склопакету відбувається до певного значення товщини повітряного прошарку між склом, після якого значення термічного опору склопакету

практично не змінюється. Втрати теплоти через віконні конструкції можна розділити на трансмісійні та вентиляційні. Вентиляційні втрати можуть значно перевищувати трансмісійні, якщо вікна не достатньо ущільнені. В роботах, присвячених дослідженню повітропроникності вікон [5, 6], показано, що внаслідок фільтрації повітря суттєво змінюється температурне поле на поверхнях скла й в прошарку між склом. Встановленню впливу віконного відкосу й конструктивних елементів вікна (в тому числі з можливістю вентиляції внутрішнього прошарку між склом теплим повітрям) на теплопередачу через віконну конструкцію присвячені роботи [7-9].

Постановка задачі. З метою обґрунтування заходів зі зменшення теплоспоживання (за умов дотримання належних санітарно-гігієнічних норм та підвищення рівня теплового комфорту) в існуючих адміністративних будівлях, які передбачають зниження рівнів тепловтрат за рахунок впровадження оптимальних варіантів термомодернізації огорожувальних будівельних конструкцій, в Інституті технічної теплофізики НАН України була проведена часткова термомодернізація адміністративної будівлі корпусу №1 по вул. Булаховського 2 (м. Київ) [10, 11]. Об'єктом дослідження при цьому стала теплоізоляційна спроможність ОК досліджуваної будівлі, в якій була проведена заміна старих віконних конструкцій на сучасні енергоефективні з енергозберігаючими склопакетами, та було встановлено на зовнішніх поверхнях огорож різноваріантні теплоізоляційні покриття з системою утеплення з армованим штукатурним шаром (рис. 1).

Для запобігання впливу сонячної радіації на температурний режим приміщень, а також для виключення впливу даху без горища та підлоги без підвального приміщення, заходи з термомодернізації проводилися на північній стороні другого поверху будівлі, що розглядається.



Рис. 1. Частина експериментального стенду з дослідження тепло- та вологопереносу через різноваріантні термомодернізовані ОК будівлі.

Основна частина. Для вимірювання температурних характеристик та тепловтрат через стінові, світлопрозорі конструкції та інші ділянки поверхонь огорож розроблено переносний 96-ти каналний блок теплової реєстрації (БТР), зовнішній вигляд якого представлено на рис 2. Він

дозволяє в умовах реальної експлуатації будівлі досліджувати температурний стан будь-якої будівельної ОК. Головною особливістю БТР є комплектація шістьох восьмиканальних приладів вимірювання та контролю температури УКТ-38 для датчиків температури та шести восьмиканальних аналого-цифрових перетворювачів “Експерт” для датчиків теплових потоків та вологості. До цих приладів додавалась також відповідна кількість датчиків зі з’єднаннями та адаптерами передачі даних. За допомогою спеціального кейса всі ці прилади об’єднані в одній вимірювальній установці. Це дозволяє виконувати вимірювання теплотехнічних характеристик ОК в реальних умовах експлуатації будівлі на різних ділянках.



Рис. 2. Зовнішній вигляд переносного блока теплової реєстрації.

Для визначення теплоізоляційних властивостей віконних конструкцій при частковій термомодернізації будівлі, що вибрана об’єктом дослідження, було проведено заміну старих віконних конструкцій на 20 сучасних енергоефективних, що відрізняються за такими особливостями, як використання одно- та двокамерних склопакетів; застосування як енергоефективного низькоемісійного скла, так і звичайного скла без низькоемісійних покриттів; використання скла з енергозберігаючою плівкою та без неї. Віконні конструкції відрізнялися також за варіантами заповнення склопакетів газовим середовищем (застосовувалися як повітря, так і аргон); за варіантами товщини скла та повітряного прошарку; за варіантами застосування в склопакетах алюмінієвих та пластикових дистанційних рамок. Для віконних конструкцій передбачалося також застосування трьох, п’яти та шестикамерних ПВХ-профілів рам, в тому числі з потрійним контуром ущільнення.

Приведемо результати експериментальних досліджень теплопереносу через двокамерний склопакет (4М-10-4М1-10-4М1), який є найбільш поширеним в сучасному будівництві, внаслідок задовільного співвідношення ціни та якості. Теплові випробування ОК, що виконуються з метою оцінки їх теплоізоляційних показників, проводились згідно [12, 13]. Метод випробувань полягає у вимірюванні на протязі тривалого часу значень густин теплового потоку з внутрішньої та зовнішньої поверхонь ОК, їх температурних показників та температур внутрішнього та

зовнішнього середовища, визначенні середніх значень цих параметрів та обчисленні термічного опору і опору теплопередаванню вибраної однорідної ділянки ОК. Схема розміщення вимірювальних датчиків представлена на рис. 3.

Результати досліджень розподілу густин теплового потоку та температурних показників на зовнішній та внутрішній поверхнях двокамерного склопакету при вибраному квазістаціонарному режимі, що були отримані за допомогою експериментальної переносної установки БТР, представлені на рис. 4-5. Як видно з рис. 4б, характер зміни у часі густини теплового потоку на зовнішній поверхні склопакету більш нерівномірний, ніж на внутрішній (рис 4а). Це пов'язано з впливом зовнішніх кліматичних факторів (вітру, зміни зовнішньої температури повітря, вологості, тощо) на температурне поле зовнішньої поверхні віконної конструкції.

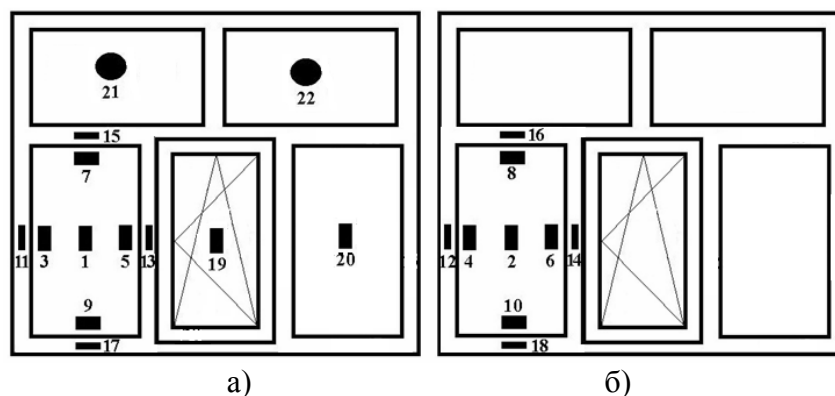


Рис. 3. Схема розміщення датчиків теплового потоку з вмонтованими платиновими датчиками температури на зовнішній (а) та внутрішній (б) поверхні вікна.

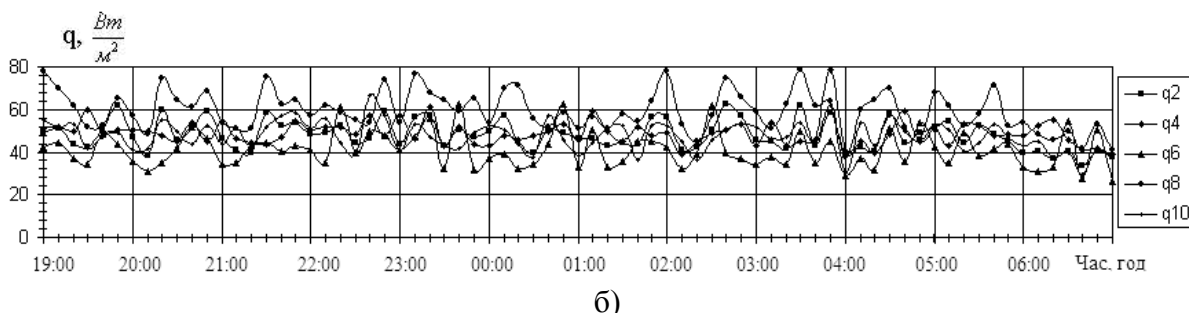
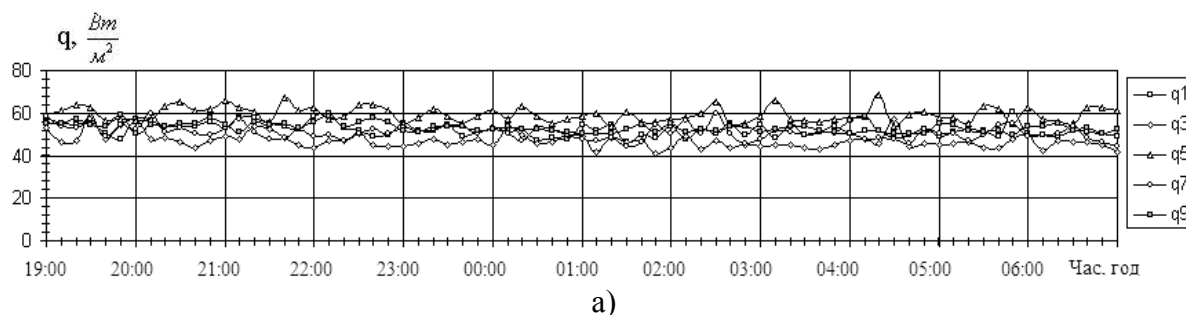


Рис. 4. Розподіл густин теплового потоку на внутрішній (а) та зовнішній (б) поверхнях двокамерного склопакету з 8 (19:00) по 9 (07:00) січня 2015 року (нічний час).

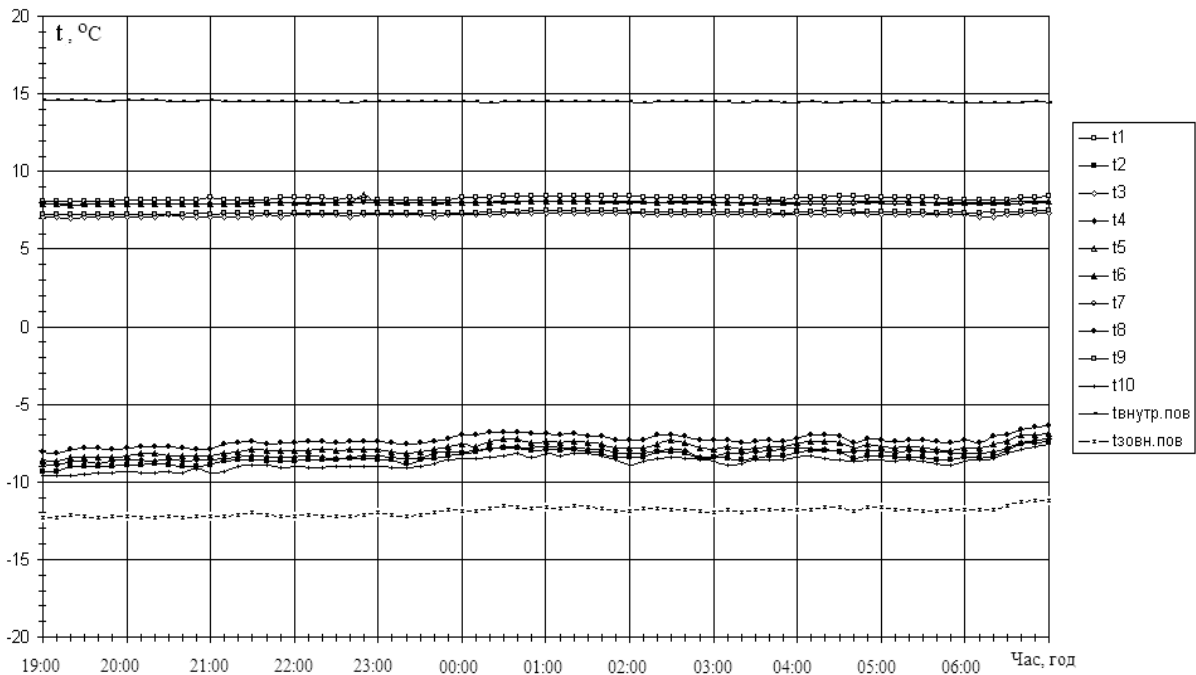


Рис. 5. Розподіл температури на внутрішній та зовнішній поверхнях двокамерного склопакету, температури зовнішнього й внутрішнього довілля з 8 (19:00) по 9 (07:00) січня 2015 року (нічний час).

Використовуючи рекомендації [12, 13] та отримані експериментальні дані (рис. 3-4), було визначено розрахунково-експериментальне значення опору теплопередачі для двокамерного віконного склопакета, яке дорівнювало $0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

В [14] представлені чисельні дослідження теплопереносу через одно- (4М1-24-4М1) та двокамерний (4М1-10-4М1-10-4М1) склопакети, а також експериментальні дослідження двокамерного склопакету (4М1-10-4М1-10-4М1), що встановлений на іншій ділянці ОК досліджуваної будівлі. Як експериментально, так і теоретично визначена величина термічного опору двокамерного склопакету склала $0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Повний збіг експериментально та теоретично розрахованого значення опору теплопередачі для даного варіанту двокамерного склопакету дає можливість стверджувати про адекватність прийнятих граничних умов при числовому моделюванні. Значення опору теплопередачі даного віконного склопакета, згідно з [15], складає $0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. З використанням розробленої теплофізичної моделі для дослідження теплопереносу через двокамерний склопакет (4М1-10-4М1-10-4М1) визначено співвідношення між радіаційними та конвективними складовими теплового потоку, що проходять через склопакет. Теоретично встановлено, що радіаційний тепловий потік складає до 70% в однокамерному та до 65% в двокамерному склопакеті. З цього випливає, що дієвим засобом збільшення термічного опору склопакетів є нанесення на їх внутрішні поверхні низькоемісійних покриттів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. В результаті експериментальних досліджень було проаналізовано розподіл теплових потоків та температур на зовнішній і внутрішній поверхнях двокамерного склопакета. Встановлено розраунково-експериментальне значення термічного опору теплопередачі, що склало $0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Створено експериментальний стенд з дослідження теплоізоляційних характеристик термомодернізованих ОК будівлі. Описано схему досліджень на експериментальній установці БТР по визначенню тепловтрат через термомодернізовані ділянки ОК. Отримані експериментальні дані по теплотехнічним характеристикам термомодернізованих ОК адміністративної будівлі при її довготривалій експлуатації дозволять оцінити динаміку зміни у часі цих теплотехнічних характеристик.

Література

1. *Басок Б.И.* Влияние толщины газовой прослойки на термическое сопротивление однокамерного стеклопакета / Б.И. Басок, Б.В. Давыденко, М.П. Новицкая и др. // Промышленная теплотехника. – 2012. – Т. 34, №1. – С. 100-107.

2. *Грищенко Т.Г.* Современные разработки ИТТФ НАН Украины в области теплофизического приборостроения / Т.Г. Грищенко, Л.В. Декуша, Л.И. Воробьев // Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ». 30 ноября – 2 декабря 2010 г.: Сборник трудов конференции. – СПб.; СПбГУНИПТ, 2010. – 626 с. (– С. 23-43.)

3. *Петров Е.В.* Влияние различных факторов на тепловые характеристики оконных заполнений: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» / Петров Евгений Владимирович. – Томск, 2000. – 20 с.

4. *Корепанов Е.В.* Численное моделирование процесса теплопередачи через стеклопакеты с газовым наполнением / Е.В. Корепанов // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2004, №3. – С. 29-32.

5. *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.

6. *Савин В.К.* Исследование воздухопроницаемости окон / В.К. Савин // Исследование теплоизоляции зданий: Сб. тр. / НИИ строит. физики. – М., 1985. – С. 93-98.

7. Умнякова Н.П. Исследование теплопередачи через конструкции оконных откосов в натуральных условиях. / Н.П. Умнякова. – М., 1986. – 24 с. – (Экспрес-информ). – (Сер. 10. Строительство и архитектура; 4).

8. Низовцев М.И. Тепло- и массоперенос в энергоэффективных ограждающих конструкциях и климатическом оборудовании зданий: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук : спец. 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» / Низовцев Михаил Иванович. – Новосибирск, 2011. – 39 с.

9. 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» / Низовцев Михаил Иванович. – Новосибирск, 2003. – 39 с.

10. Басок Б.І. Різноваріантна термореновація огорожувальних конструкцій частини поверху існуючої адміністративної будівлі та моніторинг тепловтрат при її тривалій експлуатації. / Б.І. Басок, Б.В. Давиденко, С.М. Гончарук // Наука та інновації. – 2013. – Т. 9, №2. – С. 18-21.

11. Басок Б.І. Дослідження тепловтрат через зовнішню стінову конструкцію з додатковим шаром утеплення / Б.І. Басок, Б.В. Давиденко, С.М. Гончарук, М.П. Новіцька // Промышленная теплотехника. – 2013. – Т. 35, №7. – С. 260-268.

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

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

14. Гончарук С.М. Особливості теплопереносу в адміністративній будівлі з конверторною системою опалення : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика» / Гончарук Світлана Михайлівна. – Київ, 2014. – 27 с.

15. ДБН В 2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Чинний з 01.04.2007. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 68 с.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕНОСА
ЧЕРЕЗ СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В
РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Б. В. Давыденко, С. М. Гончарук, М. П. Новицкая,
Л. М. Кузьмел, Д. О. Красота*

В статье описан экспериментальный стенд по исследованию теплоперевода через разновариантные термомодернизированные внешние ограждающие конструкции зданий в реальных условиях их эксплуатации, который разработан и внедрен в Институте технической теплофизики НАН Украины. Представлена экспериментальная установка для исследования теплопотерь через ограждающие конструкции зданий. Приведены экспериментальные исследования основных параметров теплопотерь через двухкамерный стеклопакет (4M1-10-4M1-10-4M1).

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF HEAT TRANSMISSION
THROUGH MODERN WINDOWS DESIGNS IN THE REAL
CONDITIONS OF ITS OPERATION**

*B. Davydenko, S. Goncharuk, M. Novitska,
L. Kuzhel, D. Krasota*

This article describes an experimental research's installation of heat transfer of different thermo-modernization of external envelope of building in the real conditions of its operation. Installation is designed, created and implemented by the Institute of Technical Thermal Physics, NAS of Ukraine. The experimental installation for study of heat losses through the building envelope constructions presented. Experimental study of the basic parameters of heat loss through the bicameral glazing also showed in the article. (4M1-10-4M1-10-4M1).