

УДК 697.12

Мороз М.В. аспірант, Басок Б.І. член-кореспондент НАН України
Інститут технічної теплофізики НАН України

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТАНУ ПРИМІЩЕННЯ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ТЕРМОІЗОЛЯЦІЙНИХ ФАСАДНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті представлені результати експериментальних досліджень температурного стану приміщення при різних варіантах утеплювачів стінових огорожувальних конструкцій в реальних умовах. Отримані експериментальні дані дозволяють визначити вплив різних факторів на температуру повітря в приміщенні та на поверхні стінової конструкції.

Ключові слова: температурний стан, термореновація, огорожувальні конструкції, теплоізоляційні покриття

The article presents the results of experimental studies of the temperature state of the room with various options for insulation of wall envelopes in real conditions.

The obtained experimental data allow us to determine the influence of various factors on the air temperature in the room and on the surface of the wall structure.

Keywords: temperature conditions, thermorenovation, building envelopes, thermal insulation coatings

Вступ

Збереження енергії та підвищення рівня теплового комфорту людини в будівлях є актуальною проблемою сучасного будівництва та являються одними з основних факторів забезпечення життєво необхідних санітарно-гігієнічних умов перебування людини у приміщенні. Вимоги до підвищення енергоефективності в будинках повинні забезпечуватися на всіх стадіях життєвого циклу будівлі, що знаходиться на стадії проектування, будівництва та обслуговування будівель.

Сьогодні зі стрімкою швидкістю розвиваються будівельні норми та правила, посилюються вимоги теплозахисту будинків і споруд. Як наслідок, житлові будівлі 1960-1980 рр. забудови перестали відповідати сучасним вимогам енергоефективності та теплозахисту. Відповідно до сучасних норм, а також з тим, що житлові будинки мають не тільки моральний, а й фізичний знос огорожувальних конструкцій і вузлів з'єднання їх між собою, все актуальнішими стають проблеми вивчення і поліпшення теплотехнічних показників цих елементів будівель. Тому технічні рішення щодо термомодернізації житлових будівель та споруд повинно ґрунтуватися на розумінні складних взаємопов'язаних теплофізичних процесів, які в них протікають. Одним з таких рішень є вибір теплофізичних покриттів з оптимальними теплотехнічними характеристиками, які будуть відповідати екологічним вимогам і вимогам соціального комфорту. Нині на вітчизняному ринку пропонується широка гамма теплоізоляційних матеріалів. У зв'язку з цим, необхідно мати перевірені дані про їх поведінку в реальних погодних умовах при довгостроковій експлуатації. Для розв'язання цього питання в Інституті технічної теплофізики НАН України була проведена поліваріантна термомодернізація зовнішніх огорожувальних конструкцій північної частини адміністративної будівлі ІТТФ НАНУ.

Мета та завдання

Метою даної роботи є експериментальні дослідження температурного стану приміщення при різних варіантах утеплювачів стінових огорожувальних конструкцій в реальних умовах тривалої експлуатації.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- проведення заходів термомодернізації;
- проведення довготривалих експериментальних досліджень у реальному часі з вимірюванням основних параметрів: температур поверхонь шарів ОК та повітря внутрішнього та зовнішнього середовища; значень густин теплового потоку через термомодернізовану стінову огорожувальну конструкцію (ОК);
- дослідження температурного стану приміщення при різних варіантах покриттів, визначення їх головних переваг і недоліків.

Об'єктом дослідження є теплоізолююча спроможність огорожувальних конструкцій будівлі корпусу №1 Інституту технічної теплофізики НАН України по вул. Булаховського, 2 (м. Київ), при встановленні на зовнішніх поверхнях огорож різноваріантних теплоізоляційних покриттів. Для виключення впливу даху без горища та підлоги без підвального приміщення, заходи проводилися на північній стороні другого поверху досліджуваної будівлі.

Матеріали і результати досліджень

З метою визначення найбільш ефективних з теплотехнічної та економічної точок зору варіантів теплозахисних покриттів застосовуються різні типи матеріалів на окремих ділянках зовнішніх поверхонь огорож які відрізняються за коефіцієнтами теплопровідності та іншими теплофізичними властивостями (Рис.1).

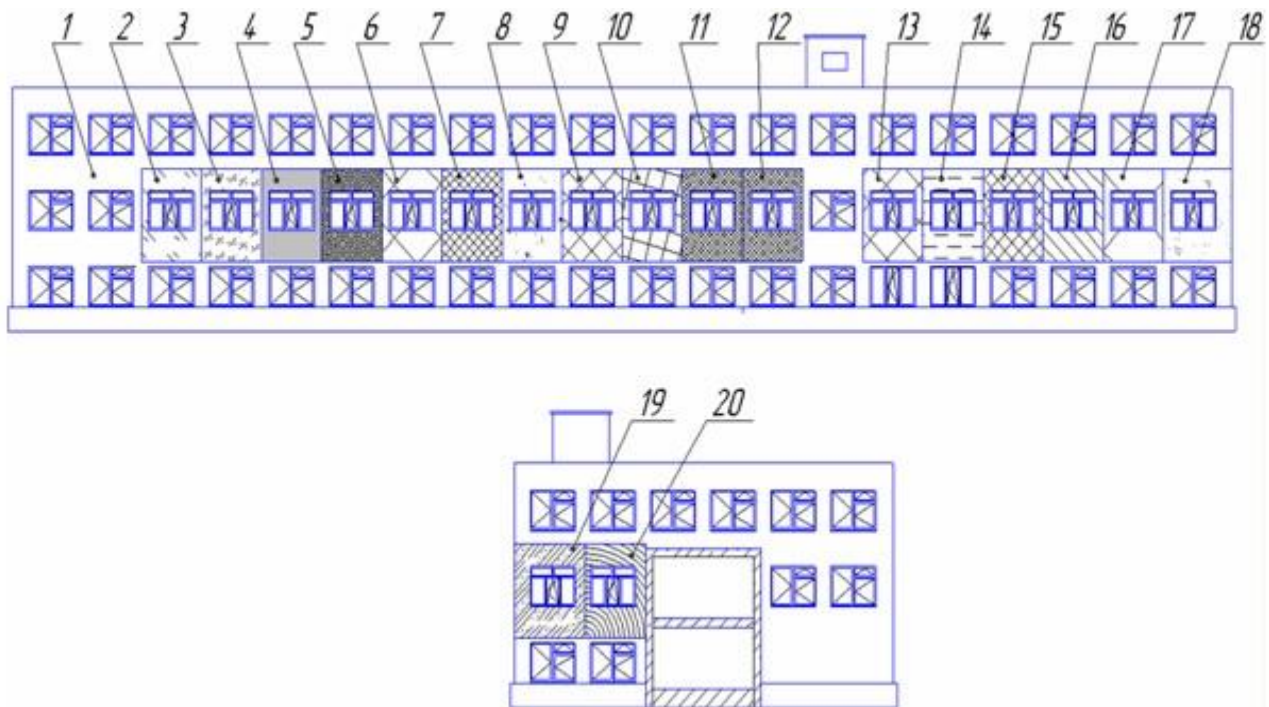


Рис. 1. Схема різноваріантної термомодернізації огорожувальних конструкцій частини поверху північного фасаду адміністративної будівлі: 1 – кімната 209; 2, 3 – кімната 208; 4 – кімната 207; 5 – кімната 206; 6, 7 – кімната 205; 8, 9 – кімнати 204, 204а; 10 – кімната 203; 11, 12 – кімнати загального користування; 13 – кімната 202; 14 – кімната 202а; 15 – кімната 201; 16, 17 – кімната 222; 18, 19, 20 – кімната 221.

В таблиці наведено теплоізоляційні матеріали, які використовувалися при термомодернізації, та їх теплофізичні властивості [1-3]:

№ кімнати	Варіант теплоізоляційного шару	Щільність, кг/м ³	Теплопровідність $\lambda_{\text{пост}}$, Вт/(м·К)
201	Пінополістирольні екструзійні плити Техноплекс («Техноніколь»)	26-35 кг	0,032 (при 25±5 °С)
202	Напилений пінополіуретан системи «Еластопор Н»	35	0,022 (при 25±5 °С)
202а	Пінополістирольні плити (ППС-35)	35	0,037 (при +25 °С)
203	Теплоізоляційні сендвіч-панелі зі скловатою (2 мм алюмінієва пластина - 100 мм шар скловати - 2 мм алюмінієва пластина)	130	0,35 (при 25±5 °С)
204	Скловата	130	0,35 (при 25±5 °С)
204а	Базальтова вата	131-159	0,038 (при +25 °С)
205	Базальтові плити (ліва сторона кімнати) та мати (права сторона) виробництва Чернівецького заводу теплоізоляційних матеріалів «РОТІС»	130	0,040 (при +25 °С)
206	Базальтова вата товщиною 100 мм	131-159	0,038 (при +25 °С)
207	Плити піноскла завтовшки 100 мм	110-150	0,045-0,052 (при +20 °С)
208	Полікарбонатний лист з щепленням всередині повітряним прошарком (ліва сторона) та скловата товщиною 100 мм (права сторона).	130	0,35 (при 25±5 °С)
209	Без теплоізоляційного покриття	-	-
221	Піноскло (північний фасад), вермікуліт-перлітова штукатурка «Тепловер» (ліва сторона торцевої стіни) та енергозберігаюча фарба «Ізоллат» (права сторона торцевої стіни).	110-150 350	0,045-0,052 (при +20 °С) 0,090 (при +20 °С)
222	Базальтова вата	зліва – 145 справа – 90	0,038 (при +25 °С)
МЗК	Пінополістирольні плити (ППС-15)	15	0,042 (при +25 °С)
МЗК	Пінополістирольні плити (ППС-25)	25	0,039 (при +25 °С)

Шляхом порівняльного аналізу літературних даних про теплотехнічні характеристики теплоізоляційних покриттів найбільш оптимальними з точки зору мінімізації тепловтрат можна утеплювачі з піноскла та базальтової вати з високою щільністю для варіанту утеплення скріпленої теплоізоляції, або базальтова вата низькою щільністю Чернівецького заводу теплоізоляційних матеріалів «РОТІС» використана для вентиляованого фасаду. Вказані матеріали характеризуються найбільш високими показниками з екологічної та пожежної безпеки, хоча за теплоізоляційною здатністю дещо поступаються органічним матеріалам, таким, як пінополістирол та пінополіуретан.

Для експериментального визначення залежності від погодних умов температурного стану будівельних конструкцій з шаром утеплювача застосовується вимірювальний комплекс, який включає в себе датчики, вторинні пристрої, конвектор та персональний комп'ютер, облаштований спеціальним програмним забезпеченням для подальшої обробки даних[4].

Кількісна оцінка тепловтрат стінових огорожувальних конструкцій визначається шляхом встановлення перетворювачів теплових потоків з вмонтованим платиновим термометром опору (ПТП-ПТО) та мідних термометрів опору ТСМ-205, які використовувалися для фіксації температурних показників. Дані датчики встановлені між

стіною та утеплювачем і на зовнішній поверхні утеплювача. Вони розташовувались практично на одній осі, перпендикулярній поверхні стіни таким чином, щоб уникнути впливу джерел теплоти та вологовиділення, а також припливних та витяжних отворів у центрі характерної термічно однорідної ділянки (Рис.2).



Рис. 2. Установка датчиків ПТП ПТО та ТСМ

Так як система працює в режимі постійної фіксації значень густин теплового потоку через термомодернізовану огорожувальну конструкцію, температур поверхонь шарів ОК та повітря внутрішнього та зовнішнього середовища, аналіз одержаної таким чином інформації за весь період дає можливість визначити ефективність різних теплоізоляційних матеріалів в плані зменшення тепловтрат через огорожі будинку та поліпшення температурних режимів кожного з приміщень. Значення температури та теплового потоку фіксувались та записувались через кожні 10 хвилин.

Результати експериментальних досліджень температурних характеристик стінових конструкцій, що утеплені різними теплоізоляційними матеріалами наведено на рис. 3-10. Експериментальні дані відносяться до періоду з 13 по 17 січня протягом 2015-2018рр.

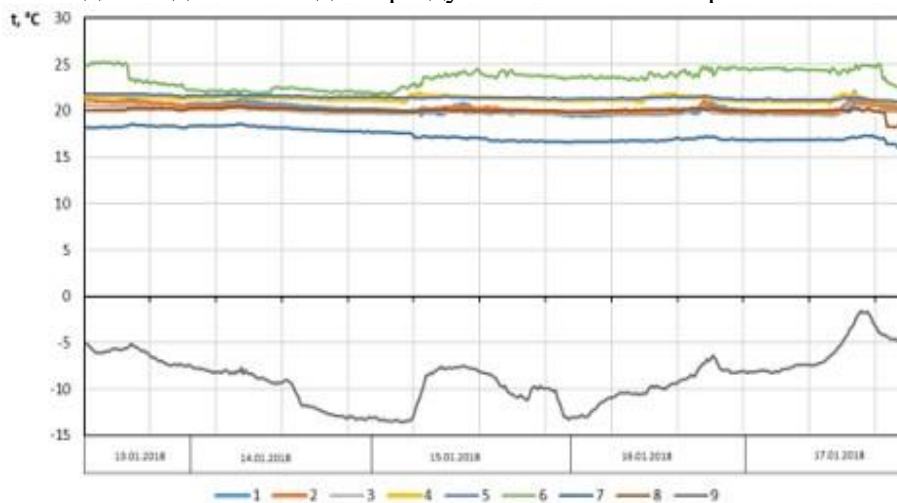


Рис. 3. Залежність від часу температури повітря всередині приміщень: 1 – кабінет (утеплювач – вермікуліт-перлітова штукатурка та піноскло); 2 – лабораторія (базальтова вата); 3 – кабінет (пінополістирольні плити щільністю 35 кг/м³); 4 – кабінет (пінополістирольні плити щільністю 25 кг/м³); 5 – кабінет (пінополістирольні екструзійні плити); 6 – місця загального користування; 7,8 – санітарно-побутові приміщення (пінополістирольні плити щільністю 15 кг/м³ та пінополіуретан); 9 – температура зовнішнього повітря

На рис. 3 представлено залежність від часу температури повітря всередині приміщень. Температура повітря всередині приміщення достатньо стабільна при зміні температури зовнішнього повітря в межах $-0,2 \dots -13,9$ °C. Як видно з графіку, при однаковій температурі зовнішнього повітря (крива 9) температури повітря в приміщеннях відрізняються. Для кабінетів та лабораторних приміщень змінюється у межах $+19,4 \dots +22,2$ °C, для соціально-побутових приміщень – $+16,0 \dots +20,4$ °C. Це пояснюється в першу чергу особливостями приміщення; відносною вологістю повітря та його швидкістю руху; кількістю теплових втрат; типу радіаторів та їх місткості. На температурний режим у приміщеннях також впливає

використання будівельних матеріалів із теплоізоляційними властивостями під час проведення реконструкцій, ремонтів та проведення заходів із збереження тепла (скління та утеплення вікон, дверей, ліквідація щілин). Згідно наведено графіку, найбільша температура повітря в приміщенні прослідковується в кабінетах, де в ролі утеплювачів застосовуються пінополістирольніекструзійні плити (крива 5) та ППС-25 (крива 4). Ці матеріали характеризуються високою міцністю і жорсткістю, низьким водопоглинанням і довговічністю.

На рис. 4-9 представлено залежності від часу температурних характеристик приміщення та стінової конструкції, а саме: 1 – температури повітря всередині приміщення; 2 – температури на внутрішній поверхні зовнішньоїстіни; 3 – температури зовнішньої поверхні під утеплювачем; 4 – температури зовнішньої поверхні утеплювача; 5 – температури зовнішнього повітряного середовища.

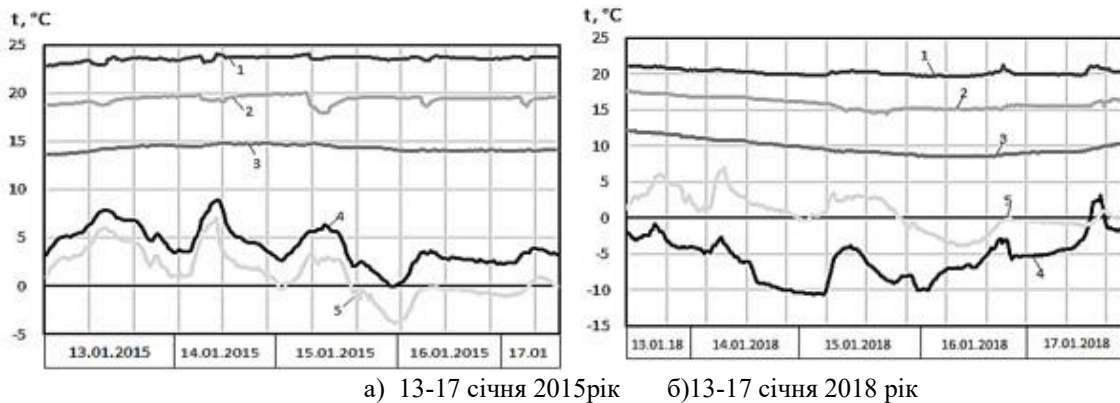


Рис. 4. Залежність від часу температурних характеристик приміщення і стінової конструкції при використанні вермікуліт-перлітової штукатурки в якості теплоізолюючого матеріалу

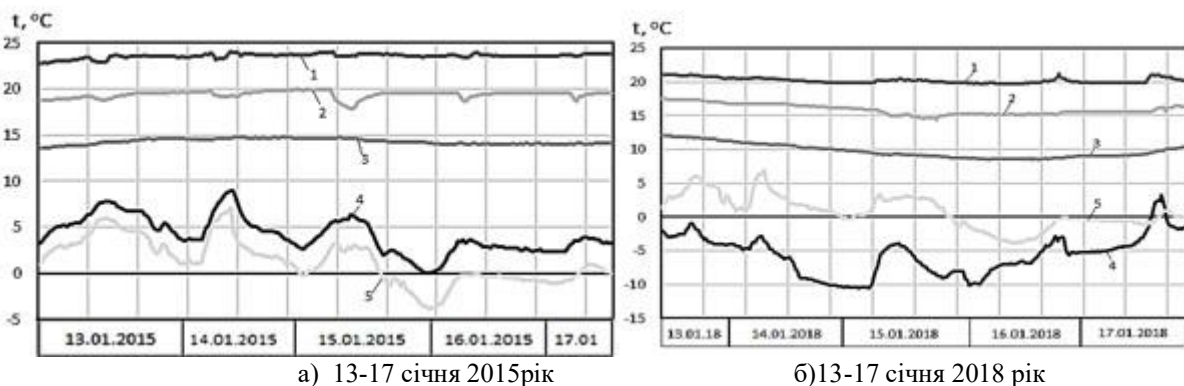


Рис. 5. Залежність від часу температурних характеристик приміщення і стінової конструкції при використанні піногазоскла в якості теплоізолюючого матеріалу

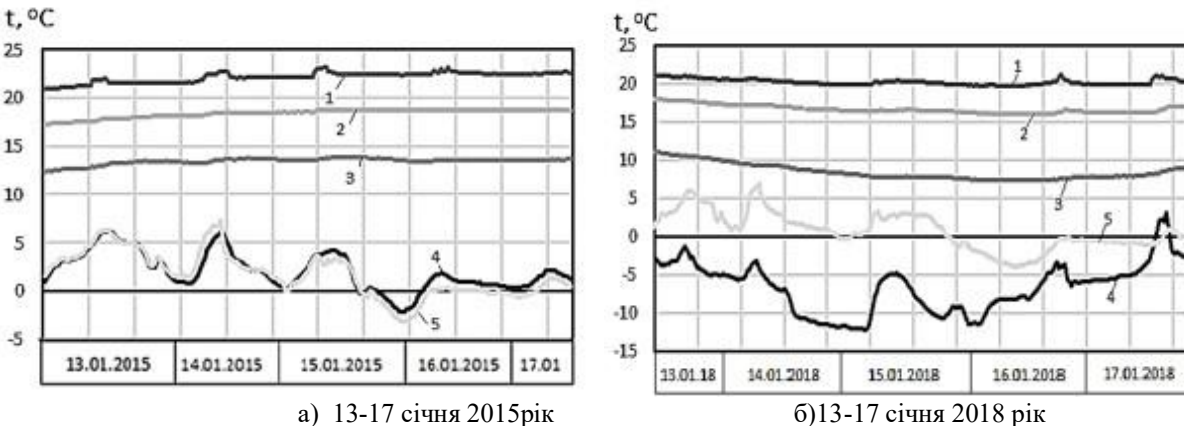


Рис. 6. Залежність від часу температурних характеристик приміщення і стінової конструкції при використанні базальтової вати в якості теплоізолюючого матеріалу

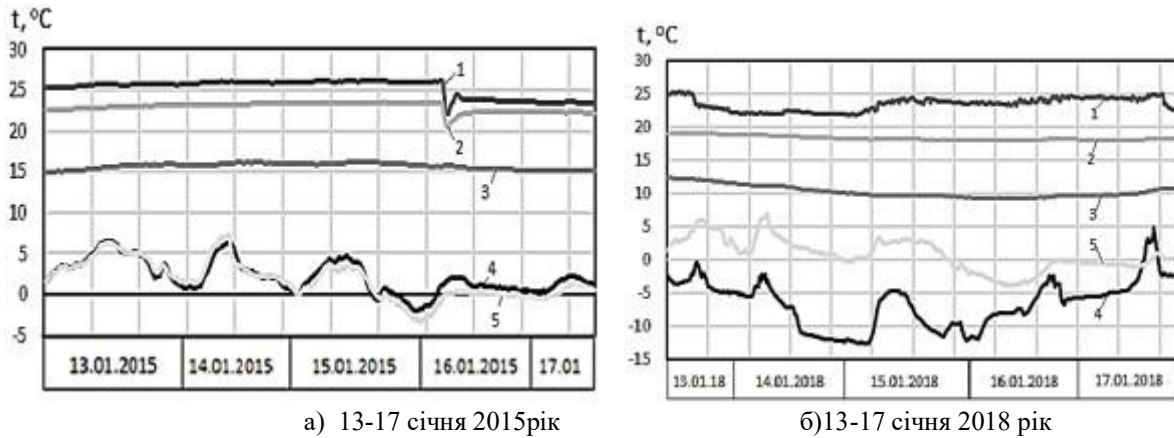


Рис. 7. Залежність від часу температурних характеристик приміщення і стінової конструкції при використанні пінополістирольніекструзійні плити в якості теплоізолюючого матеріалу

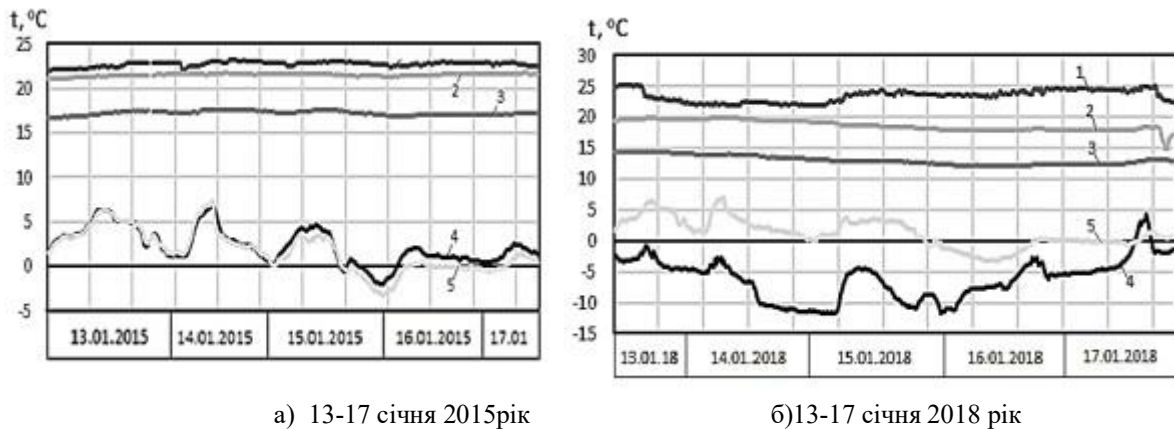


Рис. 8. Залежність від часу температурних характеристик приміщення і стінової конструкції при використанні пінополістирольні плити в якості теплоізолюючого матеріалу

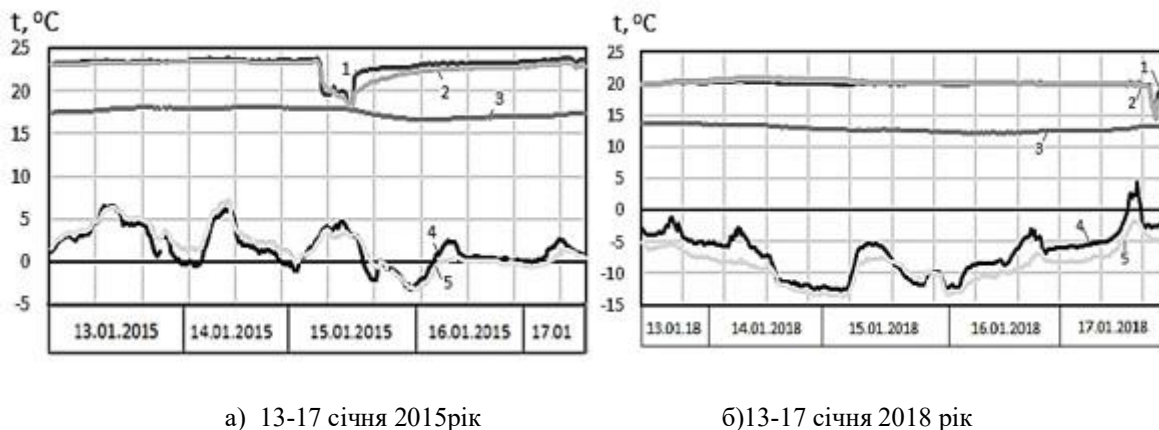


Рис. 9. Залежність від часу температурних характеристик приміщення і стінової конструкції при використанні пінополіуретану в якості теплоізолюючого матеріалу

Згідно з наведеними графіками температура на зовнішній поверхні утеплювача змінюється майже синхронно з температурою зовнішнього повітря. Різниця між цими значеннями температури змінюється в межах $\Delta t = -1,5^{\circ}\text{C} \dots +2,2^{\circ}\text{C}$ (на період 2015 року) та $\Delta t = -11,7^{\circ}\text{C} \dots +6,4^{\circ}\text{C}$ (на період 2018 року). Температура поверхні утеплювача у цілому вища, ніж температура зовнішнього повітря. Якщо порівняти графіки, можна зробити висновок, що при інтенсивному зростанні температури зовнішнього повітря температура поверхні

утеплювача, внаслідок теплової інерції стіни з утеплювачем, виявилася нижчою, ніж температура повітря.

Також, з графіків видно, що при незначній зміні температури зовнішнього повітря, температура повітря в приміщенні (крива 1) не суттєво відрізняється від температури повітря на внутрішній стіні (крива 2). Температура внутрішньої поверхні утеплювача (крива 3) вища, ніж температура зовнішньої поверхні утеплювача (крива 4) і змінюється в меншому інтервалі ніж температура на поверхні утеплювача. Як видно з наведених експериментальних результатів, при тривалій експлуатації теплоізоляційного шару, поведінка температурних показників змінюється при однаковій температурі зовнішнього повітря. При температурі зовнішнього повітря $t=+1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.7) різниця температур в приміщенні складає $3,4^{\circ}\text{C}$, а різниця повітря під утеплювачем – $5,1^{\circ}\text{C}$. Також прослідковується зменшення різниці між температурою зовнішнього повітря (5) та температурою під утеплювачем (3). Це пояснюється вологісним режимом всередині теплоізоляційного матеріалу та його паропроникністю. Волога потрапляє всередину матеріалів з приміщення через процеси дифузії водяної пари та через процеси атмосферного зволоження. Збільшення вологи, у свою чергу, приводить до зміни теплопровідності а зменшення строку експлуатації матеріалу.

Для запобігання накопичення вологи в стіні з полімерним утеплювачем необхідно виключити конденсацію пари на межі стіни та утеплювача. Для цього необхідно забезпечити виконання умови, що опір теплопередачі шару утеплювача буде помітно більше, ніж у стіни.

Надалі, за отриманими даними вимірювань густин теплових потоків та температур будуть визначатись тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції на кожній ділянці огорож з окремим утеплювачем та визначення коефіцієнту теплопровідності теплоізоляційного шару конструкції, а також відповідне значення термічного опору. Порівняння цих показників дасть змогу визначити експериментальним шляхом найбільш оптимальні з теплотехнічної та економічної точок зору варіанти утеплення.

Висновки

Теплоізоляція фасадів будівель – важлива частина сучасної енергетики, тому її вибір і застосування – важлива проблема, яка потребує вирішення. Особливе місце у розв'язанні проблеми енергозбереження відводиться зовнішнім стінам будівель, теплотехнічні характеристики яких не відповідають необхідному рівню теплозахисту. Комплекс заходів з утеплення будівлі дозволяє взимку не лише економити енергію, але й підвищує комфорт шляхом підвищення температури повітря й стін, уникнення потоків повітря із зовні.

З результатів експериментальних досліджень випливає, що додатковий шар утеплювача на зовнішній поверхні опорної стінової конструкції сприяє як підвищенню температури цієї поверхні, так і зменшенню діапазону її коливань при суттєвій зміні температури навколишнього середовища.

Також при тривалій експлуатації, теплоізоляційні матеріали постійно піддаються сезонним температурним циклічним впливам та перебувають в деякому зволоженому стані. Це призводить до погіршення теплофізичних характеристик цих матеріалів, особливо коефіцієнта теплопровідності. Цей вплив для різних теплоізоляційних матеріалів та різних густин виробів може сильно відрізнятися. Тому дані впливи потрібно враховувати при використанні теплоізоляційного матеріалу.

Бібліографічний список:

1. «Теплоізоляція поліуретановими пінами для наплення «Еластопор Н» – [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.elastogran.com.
2. Альбом технічних рішень теплоізоляції огорожувальних конструкцій житлових, громадських та промислових будинків на основі виробів з піноскла виробництва ТОВ «НПП Технологія» / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» ТОВ «НПП Технологія». – Київ, 2011 – 122с.

3.[Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://tehnonikol.com.ua/>.

4. Різноваріантнатормореновація 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. — укр.