

УДК 69:692.2:699.86

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧИХ ЖИТЛОВИХ
БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ДОДАТКОВОГО ФАСАДНОГО УТЕПЛЕННЯ**

**INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF EXISTING RESIDENTIAL
BUILDINGS BY ADDITIONAL FACADE INSULATION**

**Пашинський В.А., д.т.н., професор; Настоящий В.А., к.т.н. доцент;
Плотніков О.А., аспірант, Кіровоградський національний технічний
університет**

**V.Pashynskiy, Professor, Doctor of Technical Science; V.Nastoyshchy,
Associate Professor, Candidate of Technical Sciences; O. Plotnikov, graduate
student, (Kirovograd National Technical University)**

**За результатами аналізу температурних полів у вузлах цегляних стін
типових житлових будинків виявлені містки холоду та запропоновані
конструктивні рішення додаткового фасадного утеплення, які
забезпечують достатній рівень теплової надійності стін.**

**By results of the analysis of temperature fields in knots of brick walls of
typical residential houses are find bridges of cold and proposed constructive
solutions of additional facade insulation which provide sufficient level of
thermal reliability of walls.**

Постановка задачі. Забезпечення належного рівня теплової надійності огорожувальних конструкцій відіграє важливу роль у розв'язанні проблеми енергозбереження та забезпечення комфортності будівель різного призначення, у тому числі житлових будівель, де людина проводить значну частину свого життя і на опалення яких витрачається значна частка енергетичних ресурсів країни. Особливо важливим є вирішення цієї проблеми для цегляних стін старих будівель, зведених за нормами проектування 60-тих і 70-тих років минулого століття, які мають недостатній опір теплопередачі та потребують термомодернізації.

Аналіз останніх досліджень. Вимоги до показників теплової надійності огорожувальних конструкцій при термомодернізації будівель встановлені в ДБН [1]. З урахуванням змін [2] при термомодернізації житлових будинків, розташованих у першій температурній зоні України, необхідно забезпечити опір теплопередачі стін $R_0 \geq 2,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, а в другій температурній зоні – $R_0 \geq 2,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Додатковими вимогами до забезпечення теплової надійності, які встановлені [1], є недопустимість утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни (температура внутрішньої поверхні стіни не повинна бути нижчою за точку роси $\tau_c \geq \tau_p$) та комфортність перебування поблизу стін (різниця температур внутрішнього повітря та внутрішньої

поверхні стіни не повинна перевищувати нормативного значення для житлових будинків $\Delta t = t_B - t_C \leq 4^\circ\text{C}$).

Термомодернізація житлових будинків зазвичай виконується шляхом додаткового утеплення стін плитами з пінополістиролу чи мінеральної вати, встановленими із зовнішнього боку стіни та захищеними від атмосферних впливів штукатурно-оздоблювальним шаром. Товщина утеплювача обирається з урахуванням вказаних вище вимог до опору теплопередачі та як правило, приймається однаковою по усій поверхні стіни [4, 5, 6]. Така конструкція не гарантує виконання всіх згаданих вимог в зонах підвищеної теплопередачі, які можуть утворюватися у вузлах стін, а тому вимагає додаткового дослідження.

Мета дослідження полягає в аналізі критеріїв теплової надійності традиційних схем термомодернізації та в розробленні й обґрунтуванні поліпшених конструктивних рішень додаткової фасадної теплоізоляції стін житлових і громадських будівель.

Об'єктами досліджень є типові вузли стін цегляних будівель, які можуть бути містками холоду:

- 1) кутове сполучення зовнішніх стін;
- 2) сполучення зовнішньої та внутрішньої стін;
- 3) сполучення плити перекриття з зовнішньою стіною;
- 4) сполучення верхньої грані вікна з цегляною стіною;
- 5) сполучення бокової грані вікна з цегляною стіною;
- 6) сполучення залізобетонної балконної плити з стіною.

Схеми розглянутих вузлів наведені в таблиці 2. Згідно з конструкцією типових житлових будинків, розглянуті стіни товщиною 510мм з повнотілої керамічної цегли із внутрішньою штукатуркою з вапняно-піщаного розчину товщиною 20мм. З метою адекватного моделювання умов теплопередачі враховувалася приведена товщина збірних залізобетонних елементів та розміри типових конструктивних елементів, які використовувалися при зведенні житлових і громадських будівель у 60-ті – 70-ті роки минулого століття. Теплотехнічні характеристики використаних матеріалів, прийняті за ДБН [1] для нормального режиму експлуатації, вказані в таблиці 1.

Таблиця 1

Теплотехнічні характеристики стінових матеріалів

Матеріал	Густина, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності
Цегляна кладка	1800	0,81
Вапняно-піщана штукатурка	1800	0,93
Залізобетон	2500	2,04
Деревина сосни (віконний блок)	500	0,18
Скло віконне	2500	0,76
Плити пінополістирольні екструзійні	40	0,037
Зовнішній оздоблювальний шар	1600	0,81

Методика досліджень базується на побудові двомірних теплових полів у перелічених вище вузлах цегляних стін з наступним аналізом відповідності мінімальних температур внутрішніх поверхонь стін до нормативних вимог щодо забезпечення теплової надійності: $\tau_c \geq \tau_p$, $\Delta_t = \tau_B - \tau_c \leq 4^\circ\text{C}$. Побудова теплових полів здійснена з використанням програмного комплексу THERM, розробленого в Каліфорнійському університеті США. Він реалізує моделювання процесів теплопередачі в огорожувальних конструкціях складної конфігурації методом скінчених елементів, що дозволяє виявити проблемні зони і локальні температури в окремих точках конструкції.

При аналізі теплових полів враховувалася описана вище конструкція стін, теплотехнічні характеристики матеріалів з таблиці 1 та наступні вихідні дані:

- температура зовнішнього повітря -26°C , рівна температурі найхолоднішої доби в м. Кіровоград із забезпеченістю 0,92 за таблицею 2 ДСТУ [3];
- температура внутрішнього повітря $+20^\circ\text{C}$ за додатком Г ДБН [1];
- вологість повітря в приміщенні $55 \pm 5\%$ за додатком Г ДБН [1].

Згідно з таблицею [7], при температурі повітря в приміщенні $+20^\circ\text{C}$ та відносній вологості $50\% - 60\%$ температура точки роси τ_p коливається в межах від $+9,3^\circ\text{C}$ до $+12,0^\circ\text{C}$. Відповідно до викладених вище вимог до теплової надійності, станом теплової відмови за критерієм утворення конденсату будемо вважати падіння локальної температури внутрішньої поверхні стіни нижче $+12,0^\circ\text{C}$, а за критерієм комфортності – нижче $+16^\circ\text{C}$.

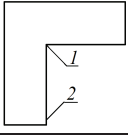
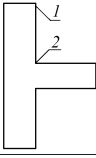
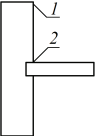
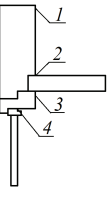
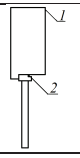
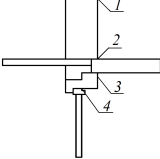
Результати аналізу теплових полів та критеріїв теплової надійності шести обраних вузлів узагальнені в таблиці 2, де наведені їх схеми та вказані температури характерних точок внутрішньої поверхні стіни. Одна з цих точок розміщена на площинній ділянці стіни досить далеко від вузла, а інші відповідають найнижчим температурам у зоні вузла. Порівнюючи наведені температури із вказаними вище обмеженнями $\tau_c \geq +12,0^\circ\text{C}$ (утворення конденсату) та $\tau_c \geq +16^\circ\text{C}$ (умова комфортності), можна зробити висновок щодо забезпечення чи порушення умов теплової надійності.

Стіни без додаткового утеплення (510 мм цегляної кладки та 20 мм внутрішньої штукатурки) мають опір теплопередачі $0,82 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, тобто в три рази менший від нормативних вимог [1, 2]. Температура на внутрішній поверхні площинної ділянки стіни становить $+13,5^\circ\text{C}$. Це не призводить до утворення конденсату, але порушує вимогу щодо комфортності перебування поблизу стіни $\tau_c \geq 16^\circ\text{C}$. Таким чином, навіть площинні ділянки цегляної стіни, віддалені від зон підвищеної теплопередачі, без додаткового утеплення не відповідають вимогам [1, 2] до теплової надійності огорожень.

В якості прикладів на рисунку 1 наведені результати побудови теплових полів у двох вузлах стін: 1 – кутове сполучення зовнішніх стін; 6 – сполучення залізобетонної балконної плити з стіною. З рисунка 1 видно, що температура окремих точок внутрішньої поверхні стіни може падати до значень, нижчих за точку роси.

Таблиця 2

Значення температур t_c , °C у вузлах цегляних стін

Номер вузла	Схема вузла	Номер точки	Без утеплення	Рівномірне утеплення	Поліпшене утеплення
1		1	7,5	14,8	16,0
		2	13,5	17,9	18,1
2		1	13,5	18,0	-
		2	12,5	17,7	-
3		1	13,5	18,1	-
		2	13,5	18,1	-
4		1	13,4	17,9	18,0
		2	13,8	17,1	18,0
		3	12,4	15,6	17,3
		4	3,4	8,5	13,5
5		1	13,4	17,7	17,9
		2	6,5	11,0	13,6
6		1	13,3	17,7	17,8
		2	12,5	15,3	16,5
		3	11,8	14,3	16,2
		4	3,2	7,5	12,2

Зведені до таблиці 2 результати розрахунків усіх шести розглянутих вузлів показують, що в усіх шести вузлах наявні зони з температурами $t_c < 16^\circ\text{C}$, а в чотирьох вузлах № 1, № 4, № 5 і № 6 температура може опускатися нижче $+12^\circ\text{C}$ і таким чином призводити до утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни.

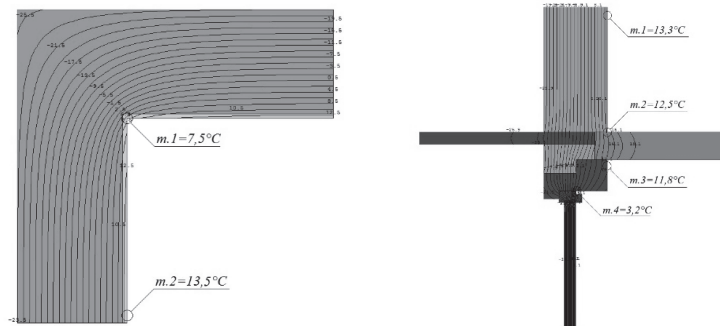


Рис. 1 Розподіли температур у вузлах № 1 і № 6 стін без утеплення

Отже, всі розглянуті вузли та навіть площинні ділянки стін без додаткового утеплення не відповідають сучасним вимогам до теплової надійності огорожувальних конструкцій.

Стіни з рівномірним утепленням (70 мм пінополістиролу та 10 мм зовнішньої штукатурки) мають опір теплопередачі $2,70 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, що відповідає вимогам [1, 2] до житлових і громадських будівель при термомодернізації. З рисунка 2 й таблиці 2 видно, що площинні ділянки стін відповідають вимогам [1, 2], оскільки їх температура не опускається нижче $+16^\circ\text{C}$. Вузли № 1, № 4, № 5 і № 6 мають зони з $\tau_c < 16^\circ\text{C}$, що не відповідає вимогам комфортності, а в окремих точках вузлів № 4 (сполучення верхньої грані вікна з цегляною стіною), № 5 (сполучення бічної грані вікна з цегляною стіною) і № 6 (сполучення залізобетонної балконної плити з стіною) може утворюватися конденсат. Отже, традиційна схема рівномірного утеплення істотно поліпшує теплотехнічні характеристики стіни в цілому, але не ліквідує містки холоду в окремих вузлах.

Стіни з поліпшеним утепленням відрізняються збільшенням товщини пінополістиролу в зонах підвищеної теплопередачі, а також додатковим утепленням відкосів і балконних плит. Удосконалення конструкції додаткового утеплення вимагають вузли № 1, № 4, № 5 і № 6, які у випадку рівномірного утеплення не відповідають чинним вимогам [1, 2].

У вузлі № 1 (кутове сполучення зовнішніх стін) на ширині 1250 мм від зовнішнього кута стіни товщина пінополістиролу локально збільшена з 70 мм до 110 мм, що й показано на рисунку 3. Загалом варіантні розрахунки показали, що оптимальна ширина додаткового утеплення кута (за критерієм мінімальних витрат утеплювача при умові забезпечення нормативних вимог) дорівнює 2–2,5 товщини стіни. З рисунка 3 й таблиці 2 видно, що таке рішення забезпечує повне виконання вимог до теплової надійності.

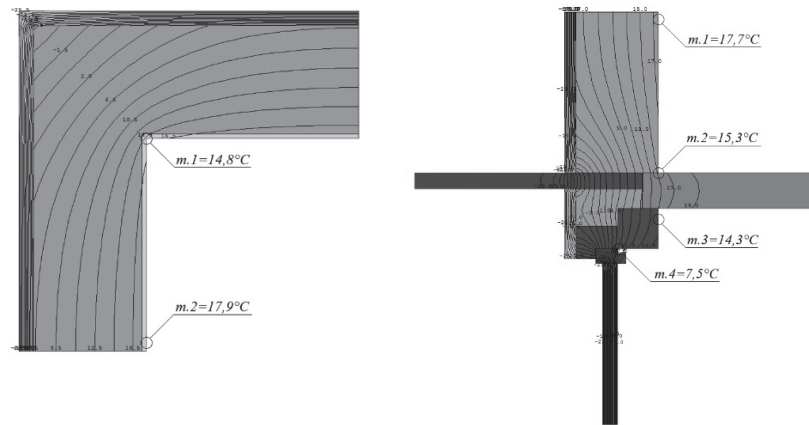


Рис. 2 Розподіли температур у вузлах № 1 і № 6 стін з рівномірним утепленням

У вузлах № 4 і № 5 (сполучення верхньої та бічної грані вікна з цегляною стіною) додатково утеплено зовнішні відкоси вікна пінополістиролом товщиною 30 мм. З таблиці 2 видно, що таке рішення дозволяє уникнути утворення конденсату, але не забезпечує умов комфортності в точці 4 вузла № 4 і в точці 2 вузла № 5. Збільшення товщини утеплювача понад 30 мм неможливе з конструктивних умов, оскільки товщина утеплювача обмежується шириною виступаючої частини віконної коробки.

У вузлі № 6 (сполучення залізобетонної балконної плити з стіною додатково до рівномірного утеплення усієї стіни товщиною 70 мм передбачене утеплення верхньої та нижньої площини балконної плити товщиною 10 мм, а також утеплення зовнішнього відкосу вікна товщиною 30 мм. При улаштуванні підлоги з керамічних плиток екструзійний пінополістирол, використаний для утеплення верхньої площини балконної плити, має достатню міцність для сприйняття навантажень від людей і меблів на балконі. З рисунка 3 і таблиці 2 видно, що таке рішення вузла гарантує від утворення конденсату, але не забезпечує умов комфортності в точці 4.

Загалом запропонована конструкція додаткового локального утеплення окремих вузлів стін гарантує виконання вимог до теплової надійності за винятком умови комфортності в точках примикання віконної коробки до стіни у вузлах № 4, № 5 і № 6. Це обумовлено недостатньою теплоізоляційною здатністю дерев'яної віконної коробки. Оскільки утворення конденсату в цих зонах неможливе, а порушення умов комфортності в незначній за площею зоні не є критичним явищем, запропоновані конструкції додаткового локального утеплення вузлів цегляних стін можна вважати практично прийнятними.

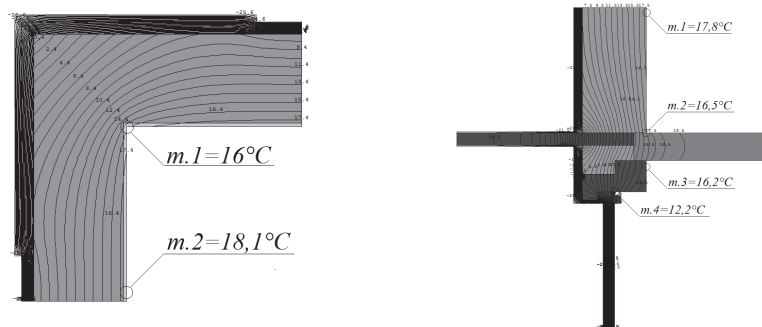


Рис. 3 Розподіли температур у вузлах № 1 і № 6 стін з поліпшеним утепленням

Для повного виконання усіх вимог до теплової надійності необхідно здійснити більш радикальні заходи. Ефективним рішенням може стати повна заміна існуючих дерев'яних віконних блоків на сучасні металопластикові зі склопакетами, елементи яких мають значно вищий опір теплопередачі.

Висновки за результатами досліджень:

1. Цегляні стіни житлових і громадських будівель, споруджених у 60-х та 70-х роках минулого століття, не відповідають сучасним вимогам до теплової надійності як у вузлах сполучення, так і на площинних ділянках.
2. Традиційна схема рівномірного утеплення фасаду істотно поліпшує теплотехнічні характеристики стіни в цілому, але не ліквідує містки холоду в окремих вузлах.
3. Запропонована конструкція додаткового локального утеплення окремих вузлів гарантує виконання вимог до теплової надійності за винятком умови комфортності в точках примикання віконної коробки до стіни.
4. Для повного виконання усіх вимог до теплової надійності необхідна заміна існуючих дерев'яних віконних блоків на сучасні конструкції з вищим опором теплопередачі.
5. Розроблена методика досліджень дозволяє оптимізувати конструкцію фасадного утеплення при проектуванні термомодернізації будівель.

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 66 с. 2. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зміна № 1.– К., 2013. – 11 с. 3. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2010. – 101 с. 4. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с. 5. Тришарові стіни з теплоізоляцією. Зовнішні стіни [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://a-bud.com.ua/ua/produkcija/izoljacija_tehnonikol/zovnishni_stini1.html. 6. Роботи по утепленню фасадів, нанесення декоративних штукатурок. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ternopol.ter.slando.ua/obyavlenie/roboti-po-uteplennyu-fasadv-nanesennya-dekorativnih-shtukaturok-ID6FnHp.html> 7. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. 5-е изд., пересмотренное. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.