

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

*Національний університет «Львівська політехніка»*

В Україні обсяг робіт, спрямованих на зменшення споживання теплової енергії в житлово-комунальному секторі, залишається надзвичайно малим, що, в першу чергу, пояснюється потребою залучення значних інвестицій та великими термінами окупності цих заходів. Проте постійне зростання цін на енергоносії вимагає невідкладного вирішення цієї проблеми, а відсутність державного фінансування, обмежені фінансові можливості як місцевих територіальних громад так і населення вимагає особливо зваженого підходу до вибору як самих термореноваційних заходів, так і до об'єктів, на яких вони впроваджуються.

Безперечно, першим кроком при термореновації будь-якого об'єкту є приведення теплотехнічних показників зовнішніх конструкцій до сучасних нормативних значень. Це досягається шляхом додаткового утеплення зовнішніх огорожень будівлі та заміною існуючих вікон сучасними, тощо.

Термін окупності робіт з утеплення зовнішніх захищень (співвідношення капіталовкладень, спрямованих на реалізацію термореноваційного заходу до річної економії коштів, отриманої за рахунок цього термореноваційного заходу) залежить від типу теплоізоляційного матеріалу, його товщини та від термічного опору конструкції, яка утеплюється, а також від вартості спожитої теплової енергії [1].

Техніко-економічні розрахунки [1], проведені для двох груп споживачів – населення та споживачів, що фінансуються з бюджету будь-якого рівня, показують, що утеплення зовнішніх стін вже зараз є привабливим термореноваційним заходом для всіх бюджетних організацій. Для них термін окупності знаходиться в межах 3,6–8 років. Для загально-будівельних робіт нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень становить 0,12, що відповідає терміну окупності 8,3 роки. У житловому секторі термін окупності робіт з утеплення зовнішніх стін все ще залишається високим (9–23 роки). Найближчим до нормативного значення (8,3 роки) він буде лише для панельних будинків, утеплених пінопластом товщиною 12 см. Опір теплопередачі такої стіни становить  $2,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$ , що удвічі перевищує нормативну величину. Техніко-економічне порівняння проводилося на основі реальних економічних показників, які діяли у Львові на початку опалювального сезону 2010 року. Зокрема, тариф на теплову енергію по ЛМКП «Львівтеплоенерго» становив для населення 163,37 грн./Гкал, а для споживачів, що фінансуються з бюджету будь-якого рівня – 393,63 грн./Гкал. Середня вартість робіт з утеплення зовнішніх стін становить 142 грн./м<sup>2</sup>.

Проте навіть якісна термореновація будинку, проведена в повному обсязі, автоматично не спричиниться до економії теплової енергії, а лише до зміни теплового режиму будинку.

Метою досліджень було визначити техніко-економічні чинники при реконструкції різних варіантів систем опалення, зокрема варіант, який дозволить максимально заощадити теплову енергію.

Для досягнення економії енергоносіїв необхідно, щоб існуюча в будинку система опалення могла адекватно реагувати на зміну теплового режиму будинку, в іншому випадку єдиним результатом термореновації буде підвищення температури внутрішнього повітря і як наслідок перевитрата теплової енергії.

Побутує думка, що після проведення робіт з термореновації достатньо лише зменшити подачу теплоносія в будинок, прикривши запірну арматуру в тепловому пункті. Проте такий метод (кількісне регулювання – шляхом зміни кількості теплоносія при його незмінній температурі) є найменш прийнятним.

Це пов'язано з тим, що зміна витрати теплоносія призводить до порушення гідравлічного режиму системи опалення. Слід мати на увазі, що мова йде про системи, які знаходяться в експлуатації понад 30 років. За цей час вони зазнали цілого ряду несанкціонованих втручань при аварійних ремонтах, при усуненні дросельних шайб, при заміні або додатковому встановленні нагрівальних приладів. У більшості систем трубопроводи та опалювальні прилади забруднені мулом та окалиною.

Зменшення тепловтрат будинку на 40% при кількісному регулюванні вимагає такого ж зменшення витрати теплоносія, що неодмінно приведе до остаточного розбалансування гідравлічного режиму системи опалення.

У зв'язку з цим єдиним прийнятним способом регулювання є регулювання шляхом зміни температури теплоносія при його постійній (розрахунковій) витраті (якісне регулювання). В залежності від місця, де здійснюється таке регулювання воно може бути центральним (на ТЕЦ або котельні), місцевим (в центральному або індивідуальному тепловому пункті). Кількісне регулювання є ефективним лише безпосередньо біля опалювального приладу (індивідуальне регулювання). Поєднання цих методів регулювання дозволяє також системі опалення ефективно реагувати на теплонадходження від сонячної радіації та від побутових джерел.

У зв'язку з цим доцільно з'ясувати, який з можливих варіантів реконструкції системи опалення буде ефективним не лише з точки зору обсягів заощадженої теплової енергії, але й за сукупними техніко-економічними показниками. Для цього проведено порівняльний аналіз на прикладі типового дев'ятиповерхового панельного будинку серії 84-044.85, який складається з п'яти секцій (під'їздів), по 36 квартир у кожному, з наступними характеристиками огороджуваних конструкцій (табл..1).

**Теплотехнічні характеристики п'ятисекційного  
дев'ятиповерхового панельного будинку серії 84-044.85**

Тип зовнішнього захищення	Загальна площа, F м <sup>2</sup>	Дійсний коефіцієнт теплопередачі, k Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Розрахункові тепловтрати, Q кВт	Частка від загальних тепловтрат, %
Зовнішня стіна	4770	1,5	279	38,6
Вікна та балконні двері	1925	2,8	210	29,0
Перекрыття над підвалом	1540	1,0	48	6,6
Перекрыття останнього поверху	1540	1,2	43	5,9
Сумарні трансмісійні тепловтрати, кВт	-	-	580	80
Витрата теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, кВт	-	-	142	19,6
Загальні розрахункові тепловтрати будинку, кВт	-	-	722	100

Розрахункова річна витрата теплової енергії  $Q_{рік}$ , на потреби опалення визначається за формулою [2]:

$$Q_{рік} = \beta_h \cdot [Q_k - (Q_{внн} + Q_s) \cdot \nu \cdot \zeta] \quad (1)$$

де  $Q_k$  – загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку будинку;  
 $Q_{внн}$  – побутові теплонадходження в будинок впродовж опалювального періоду, що визначаються за СНиП 2.04.05.

$Q_s$  – надходження тепла в будинок через вікна від сонячної радіації впродовж опалювального періоду;

$\beta_h$  – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловтратами через зарадіаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, що проходять через

неопалювані приміщення. Для багатосекційних та будинків великої довжини приймається  $\beta_h = 1,13$ , для будинків баштового типу –  $\beta_h = 1,11$ .

$\nu$  – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій приміщень будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі. При відсутності даних можна прийняти  $\nu = 0,8$ .

$\zeta$  – коефіцієнт авторегулювання подавання тепла в системи опалення.

Кількість теплоти, на яку можна зменшити річне споживання системою опалення можна представити у вигляді:

$$\Delta Q_{\text{річ}} = \beta_h \cdot [\Delta Q_{\text{ут}} - (Q_{\text{внн}} + Q_s) \cdot \nu \cdot \zeta] \quad (2)$$

де  $\Delta Q_{\text{ут}}$  – кількість теплоти, яка заощаджується протягом опалювального періоду за рахунок утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій. При утепленні одношарової керамзитобетонної панелі пінопластом товщиною 0,12м питома економія теплової енергії (віднесена до 1м<sup>2</sup> поверхні стіни) становить 0,099 Гкал/рік [1]. Тоді величина  $\Delta Q_{\text{ут}}$  для п'ятисекційного будинку буде становити 472200 кВт·год.

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду включають: теплонадходження від побутових електроприладів ( $Q_{\text{ел}}$ ), теплонадходження, що надходять при спалюванні природного газу ( $Q_{\text{пр}}$ ) та теплонадходження від людей ( $Q_{\text{л}}$ ).

Вважаємо, що теплонадходження від побутових електроприладів становлять 50-70% від кількості спожитої електроенергії. [3] Споживання електроенергії приймалося на підставі усереднених статистичних даних для трьох дев'ятоповерхових панельних будинків серії 84-044.85 впродовж опалювального періоду. На підставі цих даних визначено, що для 5-ти секційного будинку на 180 квартир кількість електроенергії, спожитої впродовж опалювального періоду становить 121000 кВт·год, що відповідає величині теплонадходжень  $Q_{\text{ел}} = 60500 \text{ кВт}$ .

На підставі фактичних даних про споживання природного газу цими ж трьома будинками впродовж опалювального періоду визначено кількість газу, яку використали мешканці 5-ти секційного будинку:  $G_2 = 12260 \text{ м}^3$ , що відповідає теплонадходженням  $Q_2 = 57300 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ .

Теплонадходження від людей визначалися за методикою [3], при цьому кількість мешканців прийнято  $N=550 \text{ осіб}$ , що відповідає теплонадходженням  $Q_{\text{л}} = 48200 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ . Таким чином, сумарні побутові теплонадходження протягом опалювального періоду становлять  $Q_{\text{внн}} = 166000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ .

Теплонадходження через вікна від сонячної радіації визначалися для чотирьох фасадів будинку за методикою [2] з врахуванням даних, приведених у [3,4]. Для 5-ти секційного будинку, при орієнтації фасаду з найбільшим коефіцієнтом засклення на південь теплонадходження від сонячної радіації при розрахунковій географічній широті 48° пн.ш. будуть становити впродовж опалювального періоду  $Q_s = 119700 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ .

Для наведених вище даних визначимо термін окупності заходів з енергоощадності, які включають утеплення зовнішніх стін будинку

пінопластом товщиною 0,12 м та кількох найбільш поширених способів регулювання подавання теплової енергії в системах опалення:

- однотрубна система опалення з термостатами та з пофасадним авторегулюванням в індивідуальному тепловому пункті ( $\zeta=1,0$ );
- однотрубна система опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням в ІТП ( $\zeta=0,9$ );
- однотрубна система опалення з термостатами і без авторегулювання в ІТП ( $\zeta=0,85$ );
- система опалення без термостатів та з центральним авторегулюванням в ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря ( $\zeta=0,7$ );
- система опалення без термостатів та без авторегулювання в ІТП ( $\zeta=0,5$ ).

Кошторисна вартість реконструкції системи опалення для кожного варіанту приймалася на підставі усереднених даних комерційної пропозиції кількох львівських спеціалізованих підприємств, а вартість утеплення фасаду будинку – з розрахунку 142 грн./м<sup>2</sup>. [1] (табл.2).

Таблиця 2.

### Техніко-економічні показники порівняльних варіантів реконструкції систем опалення

№ п/п	Тип системи опалення	Кошторисна вартість реконструкції системи опалення та утеплення зовнішніх стін, тис. грн.	Річна економія теплової енергії кВт·год (Гкал/рік)	Річна економія коштів, тис.грн./рік	Простий термін окупності, роки
1.	Однотрубна система опалення з термостатами та з пофасадним авторегулюванням в індивідуальному тепловому пункті ( $\zeta=1$ )	3032,3	791,8 (682,5)	111,515	27,2
2.	Однотрубна система з термостатами та центральним авторегулюванням в ІТП ( $\zeta=0,9$ )	2982,3	766,0 (660,4)	107,880	27,6
3.	Однотрубна система з термостатами і без авторегулювання в ІТП ( $\zeta=0,85$ )	2732,3	753,1 (649,2)	106,060	25,8
4.	Система без термостатів з центральним авторегулюванням у ІТП з корегуванням за температурою внутрішнього повітря ( $\zeta=0,7$ )	967,3	714,4 (615,8)	100,610	9,6
5.	В системі без термостатів та без авторегулювання в ІТП ( $\zeta=0,5$ )	667,3	622,7 (539,8)	87700	7,6

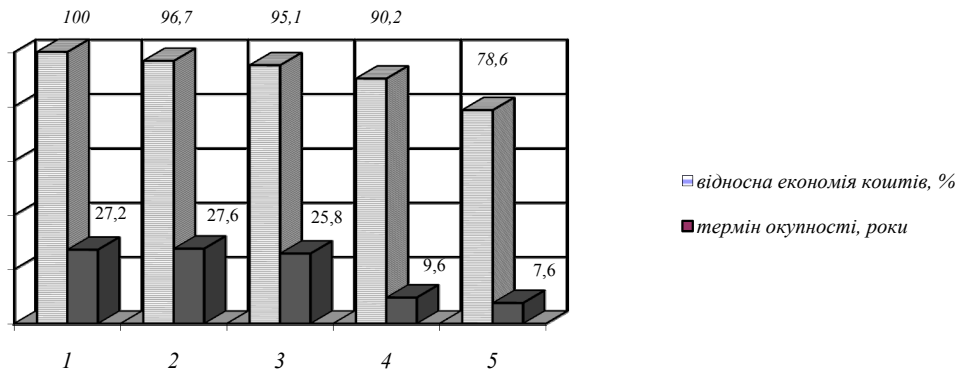


Рис.2. Значення відносної економії коштів та терміни окупності при реконструкції різних систем опалення.

1 - однотрубна система опалення з термостатами та з пофасадним авторегулюванням в індивідуальному тепловому пункті ( $\zeta=1,0$ ); 2 - однотрубна система опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням в ІТП ( $\zeta=0,9$ ); 3 - однотрубна система опалення з термостатами і без авторегулювання в ІТП ( $\zeta=0,85$ ); 4 - система опалення без термостатів та з центральним авторегулюванням в ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря ( $\zeta=0,7$ ); 5 - система опалення без термостатів та без авторегулювання в ІТП ( $\zeta=0,5$ ).

### Висновки.

1. Як видно з наведених даних, найбільш ефективними з точки зору економії теплової енергії є два перші варіанти, які передбачають індивідуальне регулювання з допомогою термостатів, що дозволяє забезпечувати оптимальний температурний режим в приміщенні при зміні зовнішніх факторів (температури зовнішнього повітря, інтенсивності сонячного опромінення, тощо). Проте вони є і найменш економічно привабливими (термін окупності відповідно 27,2 та 27,6 роки), що пояснюється дуже високою вартістю реконструкції існуючої системи опалення.

2. Найнижче значення має коефіцієнт авторегулювання при центральному регулюванні на ЦТП або котельні, проте цей метод вимагає мінімальних додаткових витрат. Він може бути використаний за умови, коли термореновації зазнали усі будинки, які обслуговує дана котельня чи ЦТП. В цьому випадку достатньо перевести роботу котельні на скорегований температурний графік.

3. Система без термостатів з центральним авторегулюванням у ІТП з корегуванням за температурою внутрішнього повітря хоч і має термін окупності, який перевищує нормативний (9,6 роки), теж є привабливою, оскільки при відносно невисоких капітальних затратах забезпечує значну економію теплової енергії (90,2% від максимального значення).

4. Наведені дані дають також підставу стверджувати, що при виборі об'єктів для проведення робіт з термореновації перевагу слід надавати групі

панельних будинків, тепла енергія до яких подається від однієї котельні або ЦТП, які повинні працювати за скорегованим температурним графіком.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Юркевич Ю.С., Савченко О.О., Омельчук О.В., Дейнека О.В. Аналіз техніко-економічних чинників утеплення зовнішніх захищень. // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва» . – 2011. 2. ДБН В.2.6-31: 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Київ: МБАЖКГУ. – 2006. – 70с. 3. Вентилювання приміщень / С. С. Жуковський, О.Т. Возняк, О.М. Довбуш, З.С. Люльчак. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007.- 476 с. 4. Н.В.Харченко. Индивидуальные солнечные установки. – Изд-во: Энергоатомиздат, - 1991. – 208 с. 5. Крістоф Тімме, Тєро Люкінг, Гайно Меєссен, Ярослав Чопик. Теплоощадний потенціал у житловому господарстві. // Ринок інсталяційний. – 1998. - №9.