

УДК 624.04 531/534

к.т.н., професор В. В. Чернявський,
О. Б. Борисенко, Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

У статті наведені результати аналізу житлового фонду України за складом та енергоефективністю, розглядаються можливі варіанти термомодернізації житлових будівель та проводиться економічний аналіз систем додаткового утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Ключові слова: енергозбереження, термомодернізація, житловий фонд.

Постановка проблеми. У зв'язку з високим рівнем енергозалежності України (потреби української економіки у природному газі становлять близько 70 млрд. куб. м. на рік), складною екологічною ситуацією (зумовлена шкідливими викидами в атмосферу традиційної енергетики), енергетичними проблемами у житлово-комунальному господарстві, а також підвищення вимог щодо теплозахисту зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків у порівнянні з попередніми, проблема енергоефективності та термомодернізації житлового фонду є актуальною для нашої країни.

Генеральним напрямком в області будівництва України є впровадження енерго-, ресурсозберігаючих технологій та термомодернізація існуючого житлового фонду, особливо це стосується будівель 60-70-х рр. забудови (так званих «хрущовок») [3]. Одним із шляхів реалізації даного напрямку є утеплення фасадів будівель із застосуванням сучасних теплоізоляційних матеріалів. Адже близько 68% тепловтрат будівель відбувається через огорожувальні конструкції. Підвищення теплозахисних якостей зовнішніх стін будинків полягає у збільшенні їх опору теплопередачі до нормативних значень, що діють на даний час [1].

Дана робота пов'язана з сучасними концептуальними засадами державної політики з питань енергоефективності, які визначені такими основними нормативно-правовими документами: Енергетична стратегія України на період до 2030 року; Галузева програма підвищення енергоефективності у будівництві на 2010-2014 роки; Галузева програма енергоефективності та енергозбереження у житлово-комунальному господарстві на 2010-2014 роки.

Аналіз останніх досліджень. Україна має розвинуту структуру будинків і споруд – тільки житловий фонд становить близько 10,1 мільйонів будинків загальною площею понад 1 млрд. кв. м. У нашій країні на опалення тільки

житлового фонду щороку витрачається понад 70 млн. т. у. п., тобто на одного мешканця припадає більше 1,5 т. у. п. Це вдвічі більше, ніж у розвинутих країнах, найбільше на ці потреби витрачається природного газу, понад 14 млрд. м³, майже 75% якого імпортується за різко зростаючими цінами.

Таким чином, основні резерви енергозбереження лежать у сфері удосконалення енерговитрат у будинках, що експлуатуються. Що ж до структури фонду, то в Україні нараховується 77 тис. житлових будинків, які мають 5 і більше поверхів, у тому числі понад 25,5 тис. житлових будинків, побудованих за проектами перших масових серій в період 1957-1970 років загальною площею понад 72 млн. кв. м. Їх проекти передбачали тільки жорстку економію будівельних матеріалів (металу, цементу, цегли тощо), і не передбачали мінімізацію енерговитрат в період їх експлуатації, тому термічний опір огорожувальних конструкцій цих будівель у 2,5-3 рази нижче діючих нормативів (рис. 1). Майже нічим не відрізняються від них і 9-16 поверхові будинки теж масових серій, що були збудовані до 1994 року. Подальша експлуатація цього житлового фонду без теплової модернізації призводить до понаднормової втрати теплової енергії щорічно.



Рис. 1. Тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції в панельному будинку.

У той же час, забудова 60-70 рр. після 40-50 років експлуатації втратила свої початкові фізичні властивості. Дослідження показують, що у незадовільному стані знаходиться близько 55% даного житлового фонду. Не менш гостро виявляють себе фактори морального старіння будинків (архітектурна невиразність, недосконале внутрішнє планування та інше) [8].

До категорії ветхих та аварійних будинків віднесено майже 53,6 тисяч будинків, загальною площею 4,8 мільйонів квадратних метрів, де постійно проживають понад 191 тисяч мешканців [7]. Найбільше ветхого та аварійного

житла в Дніпропетровській, Донецькій, Житомирській, Харківській, Одеській, Чернівецькій областях.

Частина фахівців притримується думки, що найбільш рентабельний захід по відношенню до застарілого житлового фонду – це його знесення [10]. Але бюджет нашої країни на даний період не має необхідних засобів для рішення настільки великої соціальної проблеми, як заміна застарілого житлового фонду.

Виділення не вирішених проблем. Вирішення проблеми енергозбереження існуючого комплексу будинків та споруд є першочерговим національним завданням. При цьому найбільшу економію можливо забезпечити за рахунок підвищення рівня теплоізоляції будинків. Одним з найбільш вдалих конструктивних принципів підвищення теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій є системи фасадного утеплення будинків. При використанні фасадних систем забезпечуються не тільки високі значення опору теплопередачі конструкції, а також нормальний вологісний режим при їх експлуатації [9].

У м. Полтава проводиться утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій, але це тільки поодинокі проекти і термомодернізація не носить системний характер (рис. 2).



Рис. 2. Утеплення будинків у м. Полтава.

Проведення термомодернізації елементів зовнішньої оболонки будівель під час капітального ремонту чи реконструкції, з метою приведення їх теплозахисту по нормативного рівня, вимагає зваженого підходу до вибору можливої системи додаткового утеплення.

Формулювання мети та задач досліджень. Метою дослідження є оцінка і впровадження ефективних енергозберігаючих фасадних систем при термомодернізації житлового фонду. Задачі дослідження:

1. Якісний аналіз житлового фонду України за складом та енергоефективністю.
2. Аналіз можливих варіантів термомодернізації житлових будівель:
 - теплотехнічним розрахунок визначити необхідну товщину додаткового утеплення за різних видів утеплення;
 - дослідити зміну температурно-вологісного режиму в огорожувальних конструкціях.
3. Економічний аналіз систем додаткового утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій.
4. Визначення ефективних систем додаткового утеплення та впровадження результатів дослідження.

Виклад основного матеріалу. Конструкція багат шарової зовнішньої стіни складається з несучої частини та фасадної системи, яка розміщується на зовнішній поверхні стіни та включає теплову ізоляцію, опоряджувальні шари і засоби їх кріплення на несучій частині. Забезпечення нормативних значень теплотехнічних показників стінових огорожувальних конструкцій здійснюється шляхом розміщення конструктивних шарів стіни за їх функціональним призначенням по формуванню належного температурно-вологісного стану в умовах експлуатації.

У залежності від конструктивного рішення застосовують збірні системи з опорядженням [2]: штукатурками або дрібноштучними елементами; цеглою або стіновими каменями; індустриальними елементами; прозорими елементами.

Науковими дослідженнями, нормативними документами, практикою будівництва і реконструкції в Україні і за кордоном доказано доцільність використання фасадних систем зовнішньої теплоізоляції з штукатурним шаром (рис. 3).

Розглянемо зовнішнє утеплення зовнішніх стін у м. Полтава. Для того, щоб проаналізувати та дослідити експлуатаційні якості зовнішніх огорожувальних конструкцій при їх термомодернізації, особливо це стосується оцінки температурно-вологісного режиму, потрібно знати товщини відповідних утеплювачів.

Дослідження систем додаткового утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій проводиться на прикладі серії будинку 1-438, площа стінових огорожень (непрозорих частин) становить 1234,6 м², товщина - 510 мм. (рис. 3). Для аналізу були прийняті наступні види утеплювача: пінополістирол

(URSA XPS N-III-PZ-I) та мінеральна вата (URSA FDP 2/V) з однаковим коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

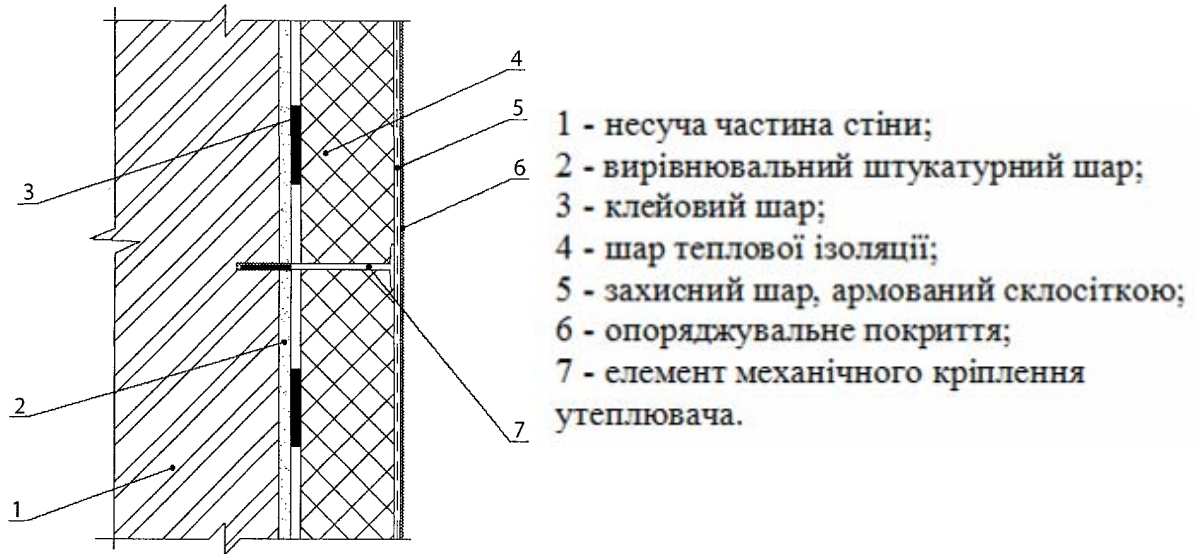


Рис.3 Конструктивна схема збірної системи з опорядженням штукатурками

Теплотехнічні розрахунки показали, що для стіни житлового будинку, розташованого у першій температурній зоні України, товщина додаткового утеплення складає 70 мм. Дана товщина утеплювача задовольняє норми [1]. Далі знаходимо точку роси і визначаємо зону конденсації в огорожувальній конструкції: утеплювач – мінеральна вата ($\mu=0,55 \text{ мг}/\text{м год Па}$), пінополістирол ($\mu=0,015 \text{ мг}/\text{м год Па}$).

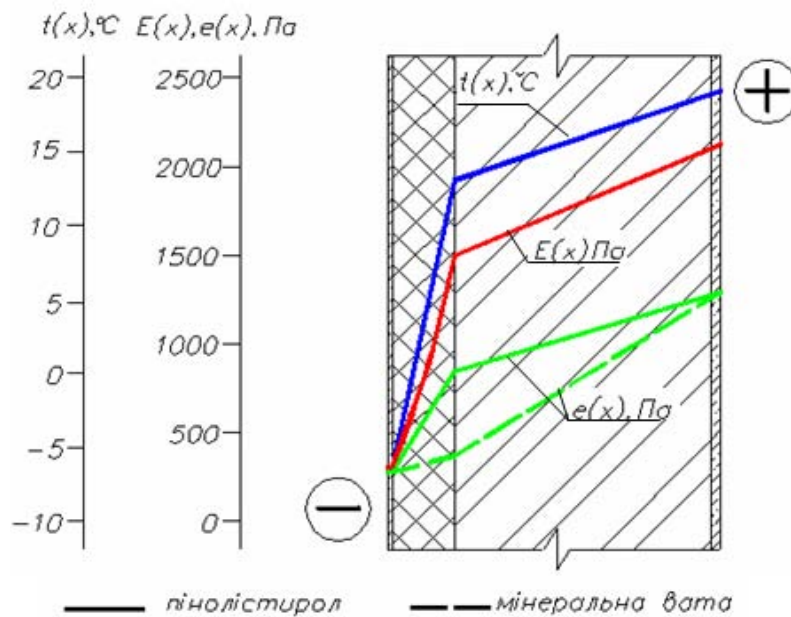


Рис. 4. Аналіз температурно-вологісного режиму стіни з фасадною теплоізоляцією ($t_b=20^\circ\text{C}$, $t_3=-6,9^\circ\text{C}$).

Зона конденсації визначається за характером розподілу тиску водяної пари $e(x)$ і насиченої водяної пари $E(x)$ у товщі шарів огорожувальної конструкції. На графіку (рис. 4) видно, що в конструкції волога конденсуватися не буде. Отже, обидва варіанти задовольняють умову $e(x) < E(x)$ норм [1].

Вологість матеріалу в значній мірі визначає його коефіцієнт теплопровідності. З підвищенням вологості матеріалу різко підвищується і його коефіцієнт теплопровідності. На рис. 5. зображена залежність коефіцієнта теплопровідності від вологості матеріалів утеплювачів графічно.

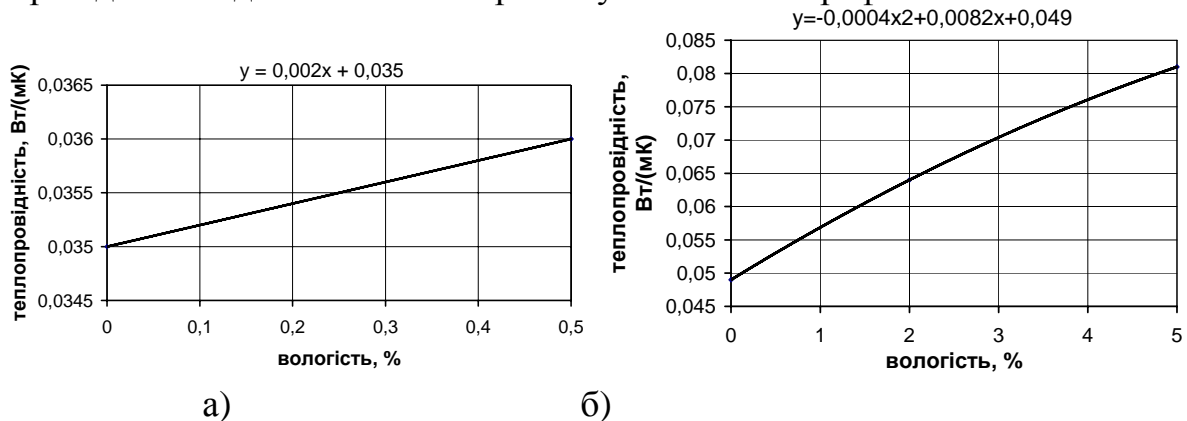


Рис. 5. Залежність коефіцієнта теплопровідності матеріалів від їхньої вологості: а) для пінополістиролу, б) для мінеральної вати.

За допомогою програми WLAGA кафедри “Архітектури та міського будівництва” ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка методом пошарового зволоження розраховано зміну вологості в матеріалах утеплювачів при нестационарному режимі теплопередачі (рис. 6).

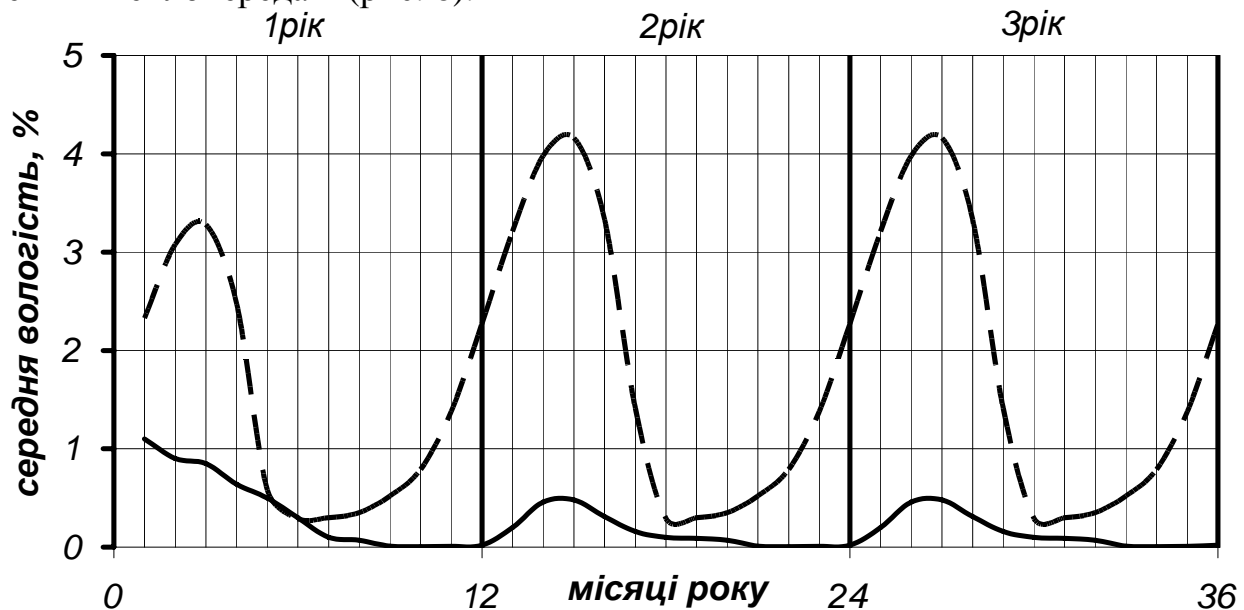


Рис. 6. Зміна середньої вологості утеплювача протягом трьох перших років експлуатації (--- мінвата, — пінополістирол).

При використанні систем зовнішньої теплоізоляції з штукатурним шаром спостерігається збільшення середньої вологості з вересня по березень.

Одержані результати показують, що поступове накопичення вологи в матеріалі утеплювача відбувається в напрямку від зовнішньої до внутрішньої поверхні. На рис. 7. наведені графіки розподілу вологості по товщі утеплювача у місяць року, коли спостерігається максимальна середня вологість утеплювача.

Як видно з графіків середня вологість мінераловатних плит перевищує нормативну величину в місяці опалювального періоду. Нормативне значення забезпечується тільки в пінополістиролі.

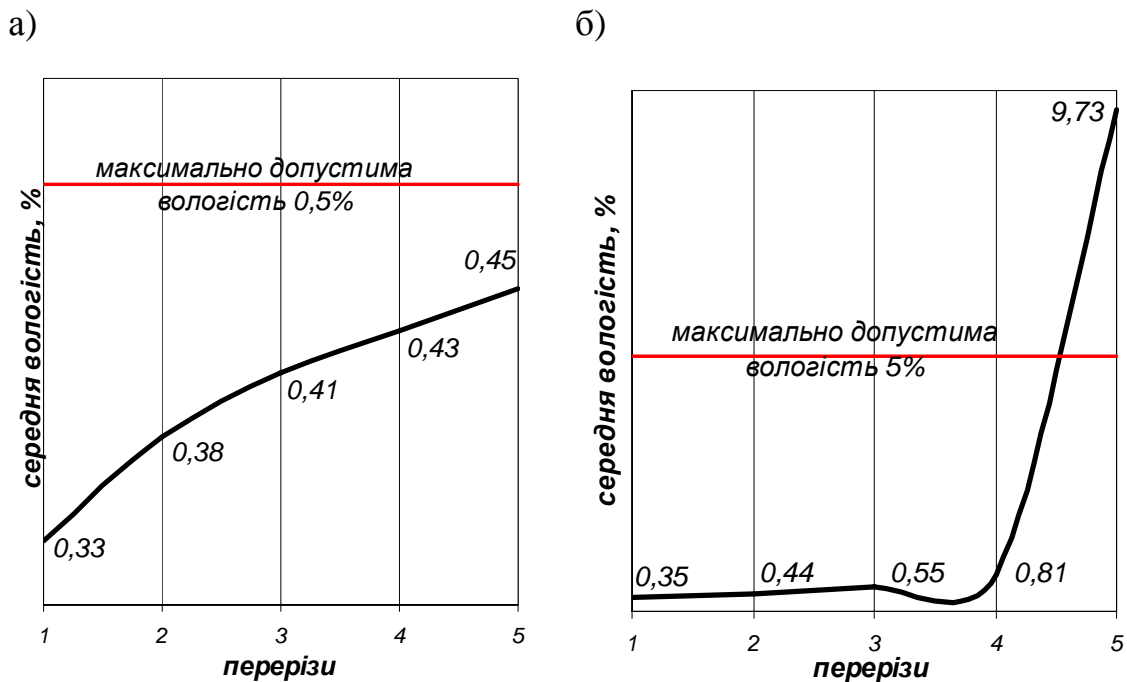


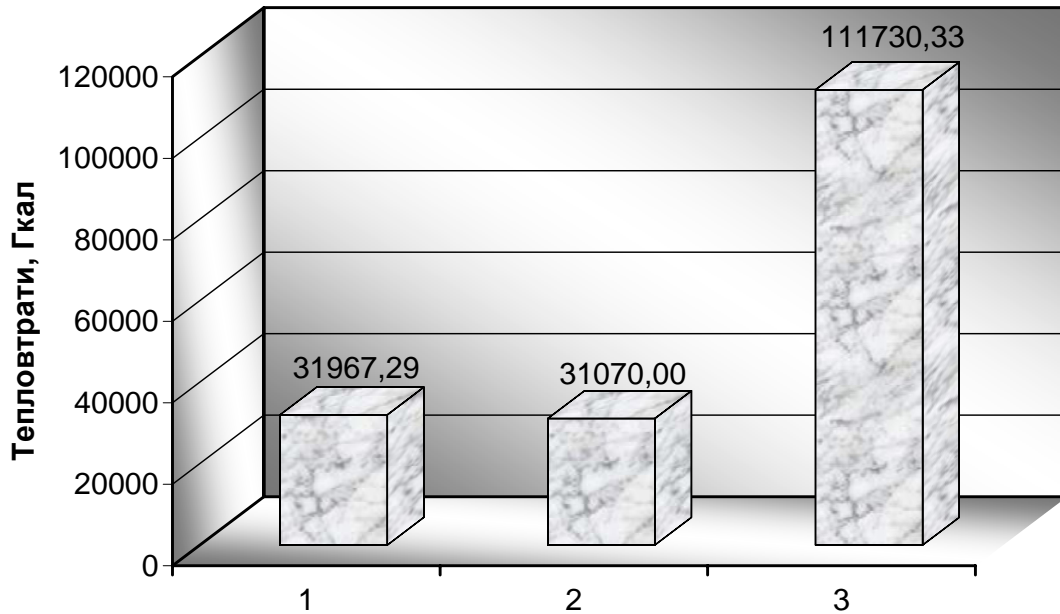
Рис. 7. Розподіл вологості по товщині утеплювачів:
а) пінополістирол, б) мінеральна вата.

Виконано аналіз експлуатаційних характеристик опоряджувального шару фасадних систем з штукатурним шаром, а також вплив кліматичних факторів на дану систему термомодернізації. Дані дослідження наведені в літературі [4, 5].

За розрахунком, тепловтрати будинку через огорожувальні конструкції, які утеплені пінополістиролом, становлять $Q_k = 0,927$ (Гкал). Вартість 1 Гкал теплової енергії станом на 21.01.2011 – 184,41 грн. Таким чином, вартість компенсації тепловтрат через зовнішні стіни з утепленням за один опалювальний період (187діб) на всю будівлю – 31967,29 грн.

Для зовнішніх стін, які утеплені мінераловатними плитами, тепловтрати становлять $Q_k=0,901$ (Гкал), вартість компенсації тепловтрат – 31070 грн. Для будівлі без додаткового утеплення тепловтрати будуть $Q_k=3,24$ (Гкал), вартість компенсації тепловтрат – 111730,33 грн. (рис. 8).

Вартість штукатурної багат шарової фасадної системи залежить від типу і товщини застосовуваного теплоізоляційного матеріалу, типу декоративного оздоблення, трудомісткості виконання робіт. За паропроникності і пожежобезпеки мінераловатна плита є, безумовно, виграшним матеріалом.



1 – будинок утеплений пінополістиролом; 2 – будинок утеплений мінеральною ватою; 3 – не утеплений будинок.

Рис. 8. Витрати на опалення за один опалювальний період.

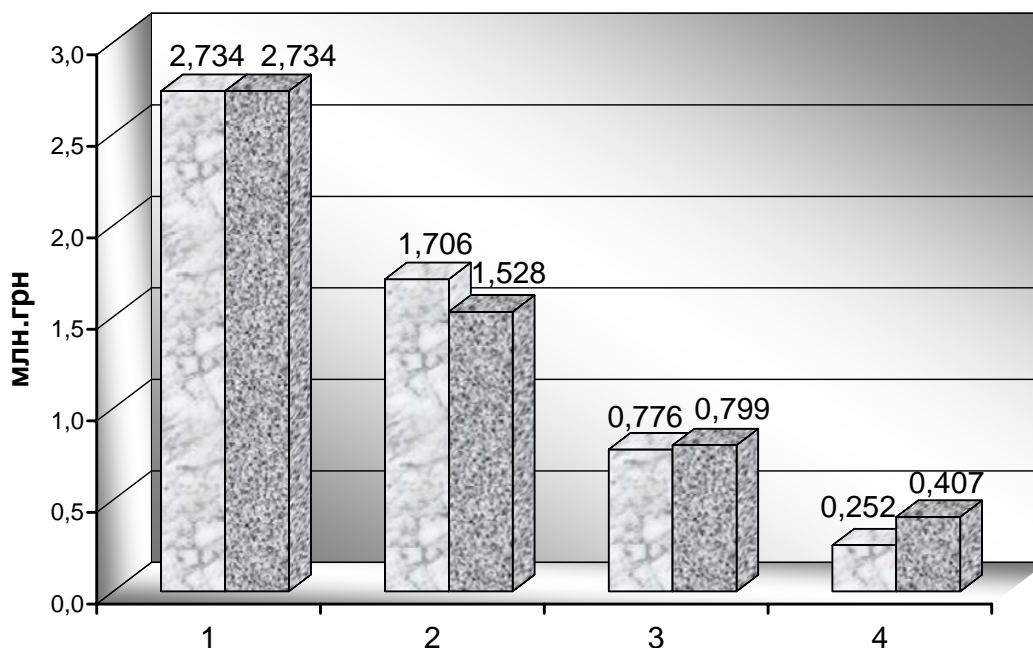
Відчутна економія при зведенні систем досягається за рахунок зниження кількості дюбелів, необхідних для кріплення пінополістиролу. Кількість дюбелів, яка потрібна для кріплення пінополістиролу значно менша чим при використанні мінераловатних утеплювачів. Невелика різниця в ціні на клейові маси Ceresit СТ85 і Ceresit СТ190 при значних площах утеплюваної пінополістиролом фасадів дають також істотну економію. Але пінополістирол має і негативні характеристики, які потрібно враховувати при утепленні будинків, це пожежо- і екологічна небезпечність.

Розрахуємо термін окупності фасадної системи з штукатурним шаром. Враховуємо, що вартість теплової енергії залишається не змінною, експлуатаційний термін служби фасадної системи складає 25 років. Також для безвідмовної роботи системи необхідно проводити оновлення декоративно-штукатурного шару, а раз на рік проводити повторне його фарбування.

З розрахунку загальні витрати за час експлуатації фасадної системи склали 1,528 млн. грн., витрати на опалення не утепленого будинку 2,734 млн. грн., витрати на опалення утепленого будинку пінополістиролом 0,799 млн. грн. Як видно з розрахунку, економія коштів при термомодернізації будівлі склала 0,407 млн. грн.

Загальні витрати за час експлуатації фасадної системи склали 1,706 млн. грн. Витрати на опалення не утепленого будинку 2,734 млн. грн. Витрати на опалення утепленого будинку за допомогою мінеральної вати 0,776 млн. грн. Економія коштів при термомодернізації будівлі склала 0,252 млн. грн. (рис. 9).

Якщо врахувати кількість будинків серії 1-438 на території України, то економія коштів буде значною.



1 – витрати на опалення не утепленого будинку за час експлуатації фасадної системи (25 років); 2 – вартість монтажу, матеріалів та планових ремонтів фасадної системи; 3 – витрати на опалення утепленого будинку; 4 – економія коштів при термомодернізації.

Рис. 9. Економічний аналіз варіантів конструктивного вирішення систем термомодернізації.

Одним із заходів енергозбереження у нашій країні є розробка енергетичного паспорту, де вводиться поняття енергоефективності будинку та класифікація будинків за показником енергоефективності [1]. Це дозволяє на якісно новому рівні проводити комплексну оцінку енергетичних показників будинку.

Впровадження результатів дослідження проведено при проектуванні енергозберігаючих конструктивних рішень другої черги будівництва житлового будинку по вул. Новомістенська 1/2 в м. Суми; термомодернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій громадського будинку ГПУ “Полтавагазвидобування” за адресою м. Полтава, вул.Фрунзе, 173, що дозволило знизити тепловтрати огорожувальних конструкцій.

Для практичного застосування одержаних результатів потрібні кошти для впровадження проектів щодо термомодернізації та енергозбереження

житлового фонду нашої країни. Розглянемо можливі варіанти енергозбереження на прикладі зарубіжних країн.

В Японії будівельні компанії, що дотримують державні норми і закони енергозбереження, стимулюються вигіднішими умовами кредитування. Організації, що не докладали зусилля в цьому напрямі, піддаються штрафам. У Німеччині впровадження енергозбереження фінансують банки і корпорації, а не держава.

У Норвегії створюються програми інвестиційної підтримки відносно найкращих демонстраційних і дослідних проектів. В Австрії є ціла структура організацій, що здійснюють допомогу в питаннях енергозбереження і енергоефективності. Не залишились осторонь і міністерства, інші владні структури, надаючи різні послуги або ж фінансуючи роботи по енергозбереженню. Крім того, держава через спеціальний банк фінансування комунальних екологічних інвестицій і консалтингових проектів виділяє федеральні субсидії. Ці засоби розподіляються по декількох напрямках: підприємствам на охорону довкілля і енергозбереження (25%), інвестиції для устаткування ТЕЦ (від 10 до 20%), гранти на поліпшення теплових характеристик старих будинків (25-30%).

У Швеції проводиться звільнення строком на 5 років від енергетичного податку, субсидії держави для реконструкції старих будівель (утеплення будівель і т. д.). У Білорусії основними завданнями Комітету з енергоефективності при Раді Міністрів Республіки Білорусь є проведення державної політики у сфері енергозбереження і здійснення державного нагляду за раціональним використанням палива, електричної і теплової енергії, максимальне зниження енерговитрат в житлово-комунальному господарстві шляхом впровадження регульованих систем опалювання, вентиляції, гарячого водопостачання, освітлення, використання енергоефективних будівельних матеріалів, конструкцій.

Висновки

Виконано аналіз сучасного стану та виявлено найбільш вагому проблему житлового фонду – недосконала теплоізоляція зовнішніх огорожувальних конструкцій. Проаналізовано недоліки будівель перших масових серій та запропоновано варіанти їх термомодернізації та реконструкції. Виконано аналіз варіантів додаткового утеплення будинків ПМС та обрано найбільш вдалий варіант термомодернізації – фасадна система з штукатурним шаром.

Досліджено температурно-вологісний стан огорожувальних конструкцій з фасадною системою теплоізоляції. Виявлено, що в розглянутих утеплювачах волога накопичуватися не буде.

Розраховано тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції при різних видах утеплювачів. Найбільш енергоефективним є будинок, що утеплений мінераловатними плитами, з тепловтратами 0,901 Гкал, за опалювальний період – це є 31070 грн.

Розраховано термін окупності фасадної системи з штукатурним шаром, експлуатаційний термін служби теплоізоляції 25 років. Як видно з розрахунку економія коштів за рахунок утеплення будівлі пінополістиролом склала 0,407 млн. грн., що в 2 рази економніше за утеплення мінераловатними плитами.

У результаті проведеного дослідження, враховуючи економічні і експлуатаційні показники, виявлено, що найкращим варіантом систем термомодернізації для кліматичних умов Полтави є фасадна система з личкуванням штукатуркою.

Впровадження енергопаспортизації будівель, класифікація будинків за показником енергоефективності, дозволить державі запровадити вартість теплової енергії залежно від енергоефективності будинків. Проведенням конкурсів на максимальне зменшення споживання теплової та електричної енергії, державне стимулювання енергозбереження, залучення державного кредитування для термомодернізації зовнішніх огорожувальних конструкцій житлового фонду країни, наданням грантів для проведення конкретних наукових досліджень щодо поліпшення теплових характеристик старих будинків, наслідуючи приклад зарубіжних країн ми зробимо Україну енергоощадною.

Література

1. ДБН В.2.6-31: 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. –К.: Мінбудархітектури України, 2006. – 71с.
2. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 24 с.
3. Франівський, А. Реконструкція "хрущовок" / А. Франківський // Будмайстер. – 2002. – №5. – С. 30–31.
4. Чернявський, В. В., Кліматичні фактори впливу на теплоізоляційні фасадні системи з тонким штукатурним шаром / В. В. Чернявський, О. Б. Борисенко // Містобудування та територіальне планування. Вип. 37. Київ: КНУБА, 2010. – С. 559–564.
5. Чернявський, В. В. Аналіз розкриття тріщин декоративно-штукатурного шару фасадної системи в залежності від температури та вологості зовнішнього повітря / В. В. Чернявський, О. Б. Борисенко //

Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – Вип. 2 (27). – С. 147–152.

6. Програма реконструкції житлових будинків перших масових серій: затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 14 травня 1999 р. N 820.

7. Рекомендації з вибору прогресивних архітектурно-технічних рішень для реконструкції житлових будинків різних конструктивних систем. – Київ: Нора-прінт, 2001 – 262с.

8. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. – К.: Мінбудархітектури України, 2005. – 36 с.

9. Чернявський, В. В. Теплоізоляційно-опоряджувальні фасадні системи як засіб термомодернізації житлового фонду України / В. В. Чернявський, О. І. Юрін, Г. Г. Фаренюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Випуск 17. – Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2008. – С.365–372.

10. Пырков, В.В. Термомодернизация зданий. Европейский опыт / В. В. Пырков // Реконструкция жилья. – 2007 . – С.275 – 283.

Аннотация

В статье приведены результаты анализа жилого фонда Украины за составом и энергоэффективностью, рассматриваются возможные варианты термомодернизации жилых зданий и проводится экономический анализ систем дополнительного утепления внешних ограждающих конструкций.

Annotation

The article present the result of analysis of housing fund of Ukraine are after structure and energy effectiveness, the possible variants of thermal modernization of housing buildings are examined and the economic analysis of the systems of the additional warming of external wall constructions is conducted.