

15 Tera V. UASB Technology – expectation and reality [Electronic resource] / V. Tera, A. Nema // United Nation Asian and Pacific Centre for Agricultural Engineering and Machinery. – 2010. – Режим доступа: <http://www.sswm.info/library/336>.

© Л. Д. Пляцук,
Є. Ю. Черниш,
А. А. Горова

*Надійшла до редакції 15 квітня 2016 р.
Рецензія: докт. техн. наук, професора,
завідувача кафедри «Процеси та
обладнання хімічних та нафтопереробних
виробництв» Сумського державного
університету В. І. Склабінського*

*Рекомендував до друку
докт. техн. наук Л. І. Челядин*

УДК 697.1:699.865

*М. С. Мальований¹, А. Жичинська²
¹Національний університет
«Львівська політехніка»,
²Люблінська Політехніка, Польща*

МІНІМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОВИТРАТ НА ОПАЛЕННЯ БУДИНКІВ ШЛЯХОМ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСІВ)

У статті представлені результати аналізу зниження споживання тепла для опалення в результаті термомодернізації. На основі енергетичного аналізу трьох навчальних корпусів встановлена різниця між значеннями економії експлуатаційної енергії в порівнянні з прогнозованою економією енергії, оціненою за результатами енергоаудитів окремих будівель. Проаналізована величина інвестицій та встановлений термін окупності заходів термомодернізації.

Ключові слова: термомодернізація, енергоаудит, тепло, опалення, економія енергії, інвестиції, енергозбереження.

В статье представлены результаты анализа снижения потребления тепла для отопления в результате термомодернизации. На основании энергетического анализа трех учебных корпусов установлена разница между значениями экономии эксплуатационной энергии в сравнении с прогнозированной экономией энергии, оцененной по результатам энергоаудитов отдельных зданий. Проведен анализ размера инвестиций и установлен срок окупаемости мероприятий термомодернизации.

Ключевые слова: термомодернизация, энергоаудит, тепло, отопление, экономия энергии, инвестиции, энергосбережение.

The article compiles the results of the analysis of energy consumption reduction for central heating due to thermo modernization. The energy analysis that was conducted on three buildings gave the possibility to determine the difference between the operational energy savings compared to the predicted energy savings, which was calculated during energy audits of

individual buildings. The future investments were evaluated, as well as the payback period was estimated.

Key words: thermo modernization, energy audit, energy, heating, energy saving, investment.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. У багатьох країнах вже впродовж значного часу спрямовуються зусилля на проведення термомодернізації, ціллю якої є значне скорочення споживання енергії в існуючих будівлях [1–7]. У Польщі ця діяльність поширюється, в першу чергу, стосовно житлових будинків та будинків громадської діяльності, і для будівель такого типу ці заходи отримують фінансову підтримку з боку держави або Євросоюзу [8–10]. Все частіше з'являється також можливість часткового дофінансування проведення широкомасштабної термомодернізації і для промислових будівель. Незалежно від типу будівлі підтримуються заходи щодо комплексної термомодернізації, яку останнім часом часто називають "глибокою" і передбачають заходи з поліпшення теплоізоляції конструкцій будівлі, а також поліпшення ефективності систем опалення, гарячого водопостачання, охолодження та стаціонарно вбудованого освітлення. В аналізі таких комплексних заходів розглядається також можливість використання відновлювальних джерел енергії. Невід'ємним елементом оцінки досягнутих результатів термомодернізації поряд із очікуваним ступенем економії енергії є і аналіз інвестиційних затрат та очікуваного терміну окупності цих затрат, за рахунок яких проводиться термомодернізація [5–7]. З цією метою для кожного окремого будинку проводився енергоаудит. Результати енергоаудиту є обов'язковою складовою заявки для виділення інвестицій з ціллю проведення термомодернізації. Розрахунки, які є складовою енергоаудиту, і які пов'язані із енергоспоживанням будинку, проводяться у відповідності до чинних європейських стандартів та національного законодавства для так званих стандартних кліматичних умов і стандартного використання будівлі [11–13]. У багатьох випадках, з точки зору потреб тепла для опалення, порівняння отриманих енергетичних та фінансових ефектів, що містяться в аудитах, із реальними ефектами вказує на значні розбіжності [7, 14].

Мета статті. Ціллю аналізу, який приведений в цій статті, є визначити розмір розбіжностей між енергетичними та фінансовими ефектами, що містяться в аудитах та реальними ефектами, а також виявлення причин їх появи в ракурсі опалення будівлі. Індикатором, який найкращим чином характеризує потреби будівлі в енергії для обігріву, є індикатор потреби в кінцевій енергії, який враховує потребу на спожиту енергію та ефективність системи опалення. В експлуатаційних умовах його можна визначити на підставі показів лічильника тепла.

Виклад основного матеріалу. Для аналізу використано дані енергетичних аудитів трьох громадських будівель (навчальних) і вимірювання споживання тепла (дві будівлі) та природного газу (одна будівля) в умовах експлуатації. Для аналізу були обрані будівлі, в яких була проведена повна термомодернізація в ракурсі термоізоляції конструкцій будівель та модернізації систем обігріву. Характеристики будівель наведені в табл. 1.

Теплоізоляція будівельних перегородок та покращення ефективності системи опалення після термомодернізації були аналогічні у всіх будівлях. Енергетичні аудити, які проводились з ціллю отримання фінансування для виконання термомодернізації, були виконані відповідно до методологічних вимог в Польщі згідно діючих правил і на основі європейських стандартів. Дані, що містяться в результатах енергетичних аудитів, дозволили визначити розрахункову величину споживання, індикатор кінцевої енергії для опалення та прогнозовану економію енергії за рахунок термомодернізації, а також аналіз фактичного споживання тепла або газу, для експлуатаційних показників. Корекція результатів вимірювань проводилась шляхом приведення їх до стандартних умов введенням так званого індексу фактора опалювального сезону. Проведено аналіз

інвестицій та заощаджень експлуатаційних витрат і розраховано термін окупності за умови постійних цін на енергоносії.

Таблиця 1

Характеристика будинків

№ будинку	Вік будови	Об'єм, м ³	Технологія виконання	Джерело тепла	Спектр робіт термомодернізації	Коефіцієнт теплопередачі перегородок, В/м ² К
B1	роки 50-ті ХХ ст.	11600	традиційна	центральне опалення	- заміна установки обігріву, - модернізація підстанції,	- стіни – 0,25 - стелі – 0,22 – дах, стропи – 0,22 - двері – 1,9 - вікна – 1,8
B2	роки 50-ті ХХ ст.	9290	традиційна	центральне опалення	- утеплення стін - утеплення дахів і стель - заміна вікон і дверей	
B3	роки 60-ті і 70-ті ХХ ст.	13900	традиційна	газова котельня	- модернізація системи обігріву, - утеплення стін - утеплення дахів і стель - заміна дверей	

Для обрахунків використано залежності:

$$Q = Q_p \varphi; EO_i = \frac{Q}{V_H}; PO = \frac{I}{\Delta\Phi}, \quad (1)$$

де: Q – споживання тепла після термомодернізації, перераховане на так званий стандартний сезон, [GJ]; Q_p – реальне споживання тепла після термомодернізації, [GJ]; φ – поправочний коефіцієнт для опалювального сезону; EO_i – остаточний індикатор споживання енергії [КВт/м³ · рік]; V_H – об'єм обігріву [м³]; PO – період окупності [рік]; I – розмір інвестицій [злоті]; $\Delta\Phi$ – фінансові заощадження [злоті/рік].

У табл. 2 наведено енергетичний ефект, отриманий в результаті термомодернізації та порівняння його із даними, наведеними у енергоаудиті, а в таблиці 3 підсумовано економічні показники. На рис.1 показана планова та фактична вартість термомодернізації (після виділення фінансування) [4].

Таблиця 2

Енергетичні ефекти, досягнуті термомодернізацією

Номер будинку	Споживання тепла, GJ/рік			Економія енергії, GJ/рік		Економія енергії, %		Різниця, %
	перед аудитом	після аудиту	вимірювання	аудит	вимірювання	аудит	вимірювання	
B1	2509,1	1060,0	1008,4	1449,1	1500,7	57,8	59,2	+2,0
B2	1727,8	851,9	804,1	875,9	923,7	50,7	53,5	+2,8
B3	2331,5	1155,8	1310,2	1175,7	1021,3	50,4	43,8	-6,6

На підставі споживання тепла, як показано в табл. 2, визначався остаточний індикатор споживання енергії для нагріву одиниці об'єму (EO_i). Він міститься в інтервалі від 24,0 до 26,2 кВт-год/м³.

Дані, наведені на рис. 1 свідчать, що у кожному проаналізованому випадку планований розмір інвестицій із супроводжуючими роботами вищі від фактичних витрат, різниця досить значна і складає від 16% до 36% в залежності від будинку.

Представлені у табл. 3 дані свідчать, що збільшення реальної вартості комплексної термомодернізації за рахунок супроводжуючих робіт, яка для окремих будівель відрізняється в широкому діапазоні і складає відповідно для В3 – біля 5% для В1 – приблизно 9%, а для В2 – біля 35%. Такі великі розбіжності виникають за рахунок різного технічного стану будівель. Відмінності між фактичними та розрахунковими інвестиційними коштами мають вирішальний вплив на величину терміну окупності, і очевидно, що будь-яка додаткова робота призводить до їх збільшення. У випадку врахування тільки вартості термомодернізації для кожного із аналізованих випадків значення терміну окупності досить високе.

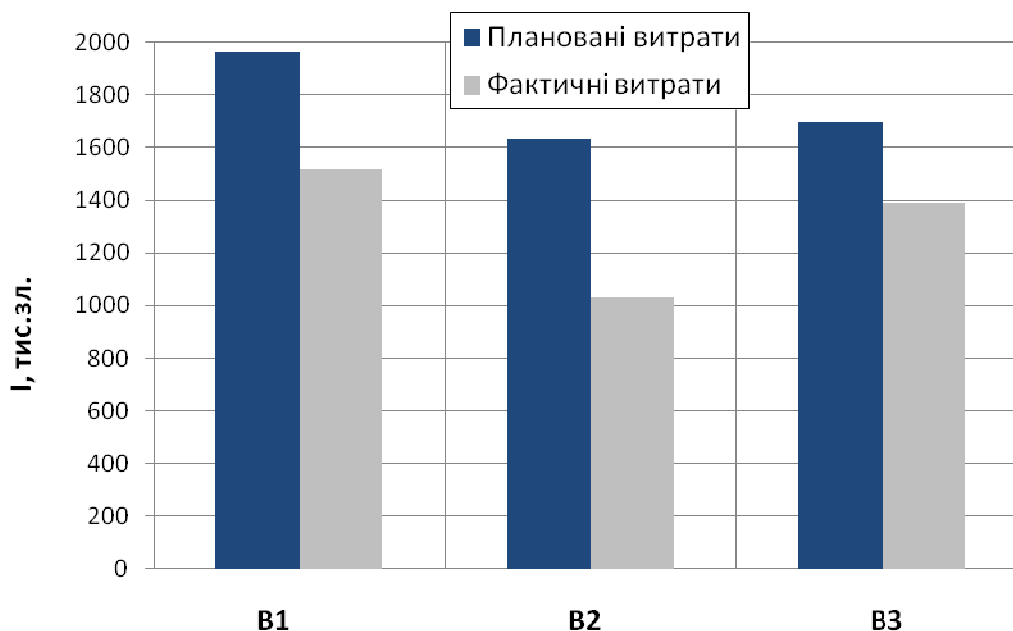


Рис. 1. Плановані та фактичні витрати термомодернізації із супроводжуючими роботами.

Таблиця 3

Економічна характеристика термомодернізації

Номер будинку	Фінансові заощадження	Інвестиції		Період окупності	
	$\Delta\Phi$, злоті/рік	I_1 , злоті	I_2 , злоті	$ПО_1$, роки	$ПО_2$, роки
В1	75 870	1 392 399	1 514 868	18,4	20,0
В2	41 805	765 675	1 030 125	18,3	24,6
В3	68 398	1 333 031	1 391 948	19,5	20,4

Індекс 1 – для фактичної вартості термомодернізації без супроводжуючих робіт;
Індекс 2 – для фактичної вартості термомодернізації із супроводжуючими роботами.

Висновки. Заходи, комплексної термомодернізації сприяли значному скороченню споживання тепла для опалення в аналізованих навчальних будинках. Зниження потреби на тепло за умови дотримання зовнішніх та внутрішніх стандартних умов в порівнянні з цією величиною до проведення термомодернізації коливалася від границь 44–59%.

Отримані енергетичні ефекти близькі до очікуваних ефектів, отриманих в енергоаудитах, і для двох будинків вище в розмірах біля 2%, а для одного будинку нижче приблизно на 6%. Це означає, що цільовий стан, який описаний в енергоаудитах був досягнутим. Будівлі характеризуються значно нижчими потребами в теплі для опалення, ніж до термомодернізації. Цей показник після термомодернізації для всіх будівель близький і знаходиться в діапазоні від 24,0 до 26,2 кВт-год/м³.

Однак, слід зазначити, що отриманий рівеньощадності, віднесений до так званих стандартних умов, не означає, що наступить задеклароване реальне зменшення споживання тепла, оскільки перед термомодернізацією в будинках не були дотримані вимоги нормативів. Досягнення поставленої мети можливе лише за умови коли експлуатація будинків буде проводитись правильно, а потреба в теплі і споживання енергії будуть раціональними. Нездатність контролювати і аналізувати споживання енергії в будівлі, а також проведення біжучих експлуатаційних заходів щодо підвищення ефективності опалювальної системи може призвести до значних розбіжностей між прогнозованим та реальним ефектами.

Окреме важливе питання при проведенні інвестиційної термомодернізації є планування та аналіз витрат, понесених в ході реалізації інвестицій. При розрахунку капітальних витрат слід також включати вартість супроводжуючих робіт, які не приносять економії енергії, але є обов'язковими для виконання із технічних причин. У нинішніх умовах конкуренції на будівельному ринку, витрачені інвестиційні фактичні кошти є нижчими від планованих. У деяких випадках настає значне збільшення інвестиційних витрат через необхідність проведення супроводжуючих робіт, що викликає відповідно збільшення терміну окупності. Слід зауважити, що інвестиції комплексної термомодернізації, яка проводилась для аналізованих будинків, не належать до проектів, які характеризуються хорошими економічними показниками. Проте, необхідно підкреслити, що економічні аспекти не є найважливішим критерієм для оцінки термомодернізації. Термомодернізація цих будівель окрім значного зниження споживання тепла, що дозволяє значно скоротити викиди забруднюючих речовин в атмосферу, сприяла серед інших речей покращенню теплового комфорту в приміщеннях, дозволила довести конструкцію будівлі та опалювальної системи до сучасних обов'язкових вимог згідно технічно – будівельних норм, дозволила усунути багато несправностей в процесі проведення ремонтних робіт, сприяла значним естетичним ефектам в будинках та поліпшенню використання та експлуатації будівель.

Література

- 1 Droutsa K.G. Mapping the energy performance of hellenic residential buildings from EPC (energy performance certificate)/ K.G.Droutsa, S.Kontoyiannidis, E. G.Dascalaki, C. A. Balaras// Energy, Volume 98, №1, 2016. – P. 284-295.
- 2 Jermyn D. A process for developing deep energy retrofit strategies for single-family housing typologies: Three Toronto case studies/ D.Jermyn, R.Richman// Energy and Buildings, Volume 116, №15, 2016. – P. 522-534.
- 3 Kalinowska H. Wieloaspektowe efekty termomodernizacji wielkopłytowych budynków mieszkalnych/ H.Kalinowska, B.Więcek//Izolacje, №1/2011. – P.34-39.
- 4 Rocha P. Energy-efficient building retrofits: An assessment of regulatory proposals under uncertainty/ P.Rocha, M.Kaut, A.S.Siddiqui//Energy, V. 101, №15, 2016. – P. 278-287.
- 5 Życzyńska A. Oszczędności energetyczne i ekonomiczne w budynkach po termomodernizacji/A.Życzyńska//Międzynarodowa konferencja Naukowo-Szkoleniowa „Przyjazny Dom; Dom Energooszczędny”; Krynica Zdrój 3-5 czerwca 2009 r. Materiały konferencyjne, 2009. – P.205-216.
- 6 Życzyńska A. The heat consumption and heating costs after the insulation of building partitions of building complex supplied by the local oil boiler room/A.Życzyńska//Maintenance and Reliability, V.16, №2, 2014. – P.294-299.

7 Życzyńska A. Rzeczywiste oszczędności ciepła i kosztów ogrzewania po termomodernizacji budynków wielolokalowych/A.Życzyńska G.Dyś.//XXIV Spotkania Producentów, Dystrybutorów i Odbiorców Ciepła Puławy 29-31 stycznia 2008 r. Materiały konferencyjne, 2008. – P.73-80.

8 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 marca 2009 r. (z póź. zmianami) w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. nr 43/2009 r. poz. 346);

9 Ustawa o wspieraniu termomodernizacji i remontów z dnia 21.11.2008 (tekst jednolity Dz.U. z 30.05.2014 r., poz. 712);

10 Życzyńska A. Wykorzystanie audytu oraz świadectwa energetycznego budynku przy zarządzaniu nieruchomością/ A.Życzyńska // Budownictwo i Architektura, №12(4), 2013. – P.107-116.

11 Barbetta G. P. The impact of energy audits on energy efficiency investment of public owners. Evidence from Italy/G.P.Barbetta, P.Canino, S.Cima// Energy, V.93, P.1, №15. – P.1199-1209.

12 Murphy L. The influence of energy audits on the energy efficiency investments of private owner-occupied households in the Netherlands/L.Murphy//Energy Policy, V.65, №2, 2014. – P.398-407.

13 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 18.03.2015 r., poz. 376);

14 Balaras C.A. Empirical assessment of calculated and actual heating energy use in Hellenic residential buildings/C.A.Balaras, E.G.Dascalaki, K.G.Droutsa, S.Kontoyiannidis // Applied Energy, V.164, №2, 2016. – P.115-132.

© М. С. Мальований,
А. Жичинська

Надійшла до редакції 11 липня 2016 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. М. Семчук

УДК (574+502):55

*О. Р. Манюк, Н. В. Боднар, М. Ю. Голембйовська
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЗА РАХУНОК ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГОРЮЧИХ КОМПОНЕНТІВ

В роботі, на основі проведених досліджень, науково обґрунтовано виділення і використання із гетерогенної суміші твердих побутових відходів горючих компонентів з високою теплотвірною здатністю. Використання яких, як паливо на Бурштинській ТЕС, дозволить зекономити природні ресурси (газ, вугілля), суттєво зменшити об'єми міграції забруднюючих речовин в довкілля, зменшити потребу в земельних ресурсах під нові полігони ТПВ.

Ключові слова: тверді побутові відходи, горючі компоненти, біогаз, довкілля, енергетичний потенціал.