

WPŁYW STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU NA EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNĄ I OPLACALNOŚĆ TERMOMODERNIZACJI NA PRZYKŁADZIE BUDYNKU JEDNORODZINNEGO

Krzysztof Wiśniewski, Andrzej Zalesiński

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. W artykule poruszono problematykę związaną z termomodernizacją budynków, a przede wszystkim jej opłacalności związanej ze stanem technicznym obiektu. Do oceny energetycznej budynku wykorzystano metodykę sporządzania świadectw energetycznych budynków oraz ich audytu energetycznego, natomiast stan techniczny budynku został ustalony na podstawie oględzin *in situ* i sporządzonej oceny stanu istniejącego.

Słowa kluczowe: remont, termomodernizacja, audyt, stan techniczny, charakterystyka energetyczna

WSTĘP

Nadmierne zużycie energii przyczynia się do zwiększania stężenia CO₂ w atmosferze, a także innych produktów gazowych powstających podczas spalania paliw, a tym samym wpływa niekorzystnie na środowisko naturalne. Unia Europejska za jedno ze swych kluczowych dążeń przedsięwzięła ochronę i poprawę jakości środowiska przyrodniczego, dążąc do tego poprzez szereg restrykcyjnych dyrektyw i norm wprowadzanych wśród krajów członkowskich. Istotny wpływ na zużycie energii cieplnej na ogrzewanie w okresie niskich wartości temperatury ma stan techniczny budynku, okres budowy, przyjęte materiały i rozwiązania techniczne związane z izolacyjnością cieplną zewnętrznych przegród budowlanych, użytych systemów centralnego ogrzewania (tab. 1). Uwzględniając w analizie okresy budowy i zastosowane w nim materiały budowlane oraz izolacje termiczne, można stwierdzić, że zapotrzebowanie energetyczne w budynkach charakteryzuje się następującymi wartościami [Linczowski i Stelmaszczyk 2004]:

Adres do korespondencji – Corresponding author: Krzysztof Wiśniewski, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Budowlanej, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail krzysztof_wisniewski@sggw.pl

- budynki powstałe przed 1985 r. – około $250\text{--}280 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$;
- budynki powstałe po 1985 r. – około $220 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$;
- budynki powstałe po 1995 r. – około $160 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$;
- budynki powstałe po 1999 r. – około $120\text{--}140 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$.

Tabela 1. Orientacyjne okresy trwałości budynków w zależności od sposobu realizacji [Klemm (red.) 2009]

Table 1. Approximate shelf lives of buildings depending on means of implementation [Klemm (ed.) 2009]

Rodzaj budynku Type of building	Trwałość – Stability [lata]
Budynki tradycyjne Type of the building	100–150
Budynki wielkopłytowe Large-plate buildings	80–150
Budynki z lekkich materiałów Buildings of light materials	80–100
Budynki o konstrukcji mieszanej Buildings about the structure mixt up	70–120
Budynki o konstrukcji drewnianej Buildings of wooden construction	40–50
Budynki prowizoryczne Provisional buildings	10–15

Z powyższych danych wynika, że istnieje duża potrzeba przeprowadzania termomodernizacji budynków istniejących, aby ograniczyć zużycie energii na cele ogrzewcze i dostosować budynek do aktualnych przepisów ochrony cieplnej.

Stan istniejących budynków może być także nieodpowiedni w wyniku zużycia moralnego, które polega na zmieniających się wraz z upływem czasu poglądach, gustach mieszkańców dotyczących funkcjonalności, wyglądu estetycznego, rozwiązań technicznych związanych z postępowaniem technicznym, ale także potrzebą oszczędzania energii.

W wyniku uszkodzeń elementów konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych budynków niezbędne są prace remontowe, natomiast w przypadku zużycia estetycznego, niezależnie od prac naprawczych, należy przeprowadzić modernizację obiektu w celu poprawy funkcjonalności i dostosowania do własnych wymagań.

W związku z tym, że znaczna liczba budynków użytkowanych wykazuje zły stan techniczny oraz że budynki budowane w poprzednich latach nie są przystosowane do współczesnych wymagań pod względem zużycia energii na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej, należy spodziewać się zwiększenia zapotrzebowania na prace modernizacyjne i remontowe [Linczowski i Stelmaszczyk 2004].

Ponieważ termomodernizacja jest zabiegiem złożonym, bowiem obejmuje prace ociepleniowe, wymianę stolarki okiennej i drzwiowej, ale także poprawę wentylacji, usprawnienie zasilania w ciepło i ciepłą wodę użytkową, warto więc przed podjęciem decyzji o zakresie prac wykonać ocenę opłacalności poszczególnych przedsięwzięć.

Celem pracy badawczej było przeprowadzenie analizy technicznej oraz ekonomicznej celowości wykonania prac remontowych, termomodernizacji, a także adaptacji do obowiązujących przepisów istniejącego budynku jednorodzinne.

Zakres przeprowadzonych prac badawczych dostosowany był ściśle do celu pracy i obejmował wykonanie oceny stanu technicznego budynku wraz z oceną charakterystyki energetycznej badanego obiektu. Na tej podstawie ustalono zakres prac remontowych i termomodernizacyjnych. Jako narzędzie do weryfikacji przyjętych wariantów zastosowano metodykę sporządzania audytu energetycznego, natomiast dla prac remontowych – analizę sporządzonych kosztorysów.

METODYKA

Do oceny opłacalności i wyboru ulepszeń termomodernizacyjnych przyjęto metodykę wykonania audytu energetycznego budynków opartą na wytycznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku. Natomiast do oszacowania kosztów wykonania zastosowano metodykę sporządzania kosztorysów budowlanych.

W celu wyznaczenie opłacalności i wyboru ulepszeń termomodernizacyjnych zewnętrznych przegród budowlanych budynku w pierwszym kroku wykonano ocenę energetyczną budynku. Na tej podstawie dokonano obliczeń usprawnień energetycznych dla poszczególnych rozwiązań przegród, stolarki okiennej i drzwiowej, instalacji CO i CWU.

Optymalne ulepszenie prowadzące do zmniejszenia strat przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku (ściany, stropy, podłogę na gruncie, dach), dla których prosty czas zwrotu nakładów (*SPBT*) przyjmuje wartość minimalną, obliczono według zależności:

$$SPBT = \frac{N_u}{\sum_n \Delta Q_{rU}} \text{ [lata]} \quad (1)$$

gdzie: N_u – planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat przenikania ciepła dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody [zł],

ΔQ_{rU} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego [zł×rok⁻¹].

Optymalne ulepszenie prowadzące do zmniejszenia strat przenikania ciepła przez stolarkę okienną i drzwiową, dla których prosty czas zwrotu nakładów (*SPBT*) przyjmuje wartość minimalną, obliczono według zależności:

$$SPBT = \frac{N_{Ok}}{\sum_n \Delta Q_{rOk}} \text{ [lata]} \quad (2)$$

gdzie: N_{Ok} – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi [zł],

ΔQ_{rOk} – roczna oszczędność kosztów energii, wynikająca z wymiany okien lub drzwi [zł×rok⁻¹].

Dla wyznaczenia opłacalności i wyboru ulepszeń termomodernizacyjnych systemu centralnego ogrzewania wyznaczono wartość rocznej oszczędności kosztów energii (ΔQ_{rco}) dla n -tego źródła według wzoru:

$$\Delta Q_{rco} = \left(\frac{x_0 \cdot w_{t0} \cdot w_{d0} \cdot Q_{0co} \cdot Q_{0z}}{\eta_0} - \frac{x_1 \cdot w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{1co} \cdot Q_{1z}}{\eta_1} \right) +$$

$$+ 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0co} \cdot Q_{0m} - y_1 \cdot q_{1co} \cdot Q_{1m}) + 12 \cdot (A_{b0} - A_{b1}) [\text{zł} \cdot \text{rok}^{-1}] \quad (3)$$

Dla pozostałych składników audytu wykorzystano wzory i algorytm sporządzania audytu energetycznego zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku.

WYNIKI BADAŃ

Poddany badaniom budynek mieszkalny usytuowany jest w miejscowości Nadarzyn przy ulicy Mszczonowskiej. Jest to budynek jednorodzinny, piętrowy, niepodpiwniczony z poddaszem użytkowym i przylegającym garażem (rys. 1). Budynek został zaprojektowany i wykonany w technologii tradycyjnej o konstrukcji murowanej w latach 70. XX wieku. Ściany nośne budynku są murowane, stropy stalowo-ceramiczne Kleina na belkach stalowych dwuteowych. Nad garażem wykonano także strop Kleina na belkach stalowych INP-20, płyta Kleina żeberkowa (ciężka) z cegły dziurawki wypełnia gruzem gazobetonowym. W żadnym z badanych stropów nie stwierdzono uszkodzeń i spękań. Więźba o konstrukcji drewnianej z krokwiami opartymi na dwóch ścianach stolcowych, dwuspadowa, drewno impregnowane. Dach kryty blachą stalową ocynkowaną. Przeprowadzając wizję lokalną budynku, stwierdzono nieszczelności w pokryciu dachowym. Na łączeniach blachy stalowej ocynkowanej, pokrywającej dach z kominami, widać wyraźnie miejsca przecieków, a także stwierdzono brak izolacji przeciwwodnej w pokryciu dachu (rys. 2).

Budynek jest posadowiony na żelbetowych ławach fundamentowych. Ławy fundamentowe zostały posadowione poniżej granicy przemarzania, 1,30 m poniżej poziomu gruntu. Ściany fundamentowe zostały wykonane z betonu gr. 38 cm, izolowane do poziomu terenu lepikiem i warstwą gliny 20–30 cm, bez ocieplenia oraz widocznych śladów zawilgocenia. Ściany zewnętrzne parteru i wyższych kondygnacji zostały wykonane z gazobetonu gr. 24 cm, obmurowanego cegłą pełną budowlaną ceramiczną gr. 12 cm na zaprawie cementowo-wapiennej, bez izolacji termicznej, i znajdują się w dobrym stanie technicznym, bez widocznych uszkodzeń i zawilgoceń. Ściany wewnętrzne konstrukcyjne i kominowe z cegły pełnej budowlanej ceramicznej na zaprawie cementowo-wapiennej w dobrym stanie technicznym. Ściany działowe na parterze z cegły pełnej budowlanej ceramicznej, na piętrze z cegły dziurawki na zaprawie cementowej w dobrym stanie technicznym, bez uszkodzeń i pęknięć. Schody zewnętrzne i wewnętrzne o konstrukcji żelbetowej w dobrym stanie technicznym, bez pęknięć i widocznych uszkodzeń. Stolarka okienna i drzwiowa w badanym obiekcie nie spełnia obecnych wymagań ochrony cieplnej budynków ze względu na duże wartości współczynnika przenikania ciepła (U) oraz zauważalną deformację i nieszczelności. Dla poszczególnych elementów stolarki drzwiowej i okiennej określono współczynniki przenikania ciepła (tab. 2).



Rys. 1. Widok badanego obiektu
Fig. 1. View of the test object



Rys. 2. Widoczny zły stan techniczny pokrycia dachowego
Fig. 2. Visible poor technical condition of the roofing

Tabela 2. Zestawienie współczynników przenikania ciepła (U) dla stolarki okiennej i drzwiowej [Zalesiński 2013]

Table 2. Summary of heat-transfer coefficients for windows and doors [Zalesiński 2013]

Nazwa elementu Name of the element	Współczynnik przenikania ciepła (U) Thermal transmittance factor (U) [W×(m ² ×K) ⁻¹]
Drzwi wejściowe Entrance doors	3,00
Drzwi tarasowe Terrace doors	5,10
Okna Windows	5,10

W trakcie oględzin budynku, a także na podstawie dostępnej dokumentacji technicznej oraz przeprowadzonych obliczeń charakterystyki energetycznej budynku stwierdzono, że podłoga na gruncie jest w złym stanie technicznym. Brak jest jakiegokolwiek warstwy izolacji termicznej, przez co podłoga ta nie spełnia obecnych wymogów izolacyjności energetycznej. Brak jest także warstwy izolacji przeciwwodnej, przez co po odsłonięciu płyt OSB stwierdzono ich zawilgocenie. Niezbędny jest niezwłoczny remont lub wymiana warstw podłogi. Również w przypadku podłóg na piętrze wymagana jest modernizacja, bowiem stwierdzono brak jakiegokolwiek izolacji termiczno-akustycznej. Tynki wewnętrzne wapienne, bez widocznych śladów zawilgocenia, jednak w niektórych miejscach zauważalne są lokalne odparzenia, co kwalifikuje je do naprawy. Brak tynków zewnętrznych.

Budynek ogrzewany jest z lokalnej kotłowni umieszczonej w pomieszczeniu gospodarczym, wewnątrz budynku, na parterze. Główne źródło ciepła – kocioł gazowy

niskotemperaturowy (wymieniony w 2003 r.). Instalacja grzewcza wykazuje ślady zużycia i powinna być wymieniona na nową, o lepszych parametrach sprawności. Zaopatrzenie w wodę z wodociągu miejskiego, wewnętrzna instalacja z rur stalowych nieizolowanych, źródło ciepłej wody użytkowej – elektryczny podgrzewacz akumulacyjny (wymieniony w latach 90. XX wieku).

W trakcie przeprowadzonej oceny stanu technicznego budynku stwierdzono, że w obecnej chwili nie spełnia on przede wszystkim wymagań prawidłowej izolacyjności termicznej, spowodowanej głównie przez nieszczelną stolarkę okienną, przegrody zewnętrzne o wysokim współczynniku przenikania ciepła: $U = 0,807 \text{ W} \times (\text{m}^2 \times \text{K})^{-1}$. Potwierdzeniem tej opinii jest charakterystyka energetyczna budynku wykonana według wymagań podanych w „Warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” z 2008 roku [Rozporządzenie... 2008]. Według tego rozporządzenia wartość jednostkowej ilości nieodnawialnej energii pierwotnej (*EP*), niezbędnej do zaspokojenia potrzeb energetycznych budynku w zakresie ogrzewania, chłodzenia, wentylacji i ciepłej wody użytkowej (efektywność całkowita) w badanym obiekcie wyniosła $651,103 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$, natomiast wymagana wartość referencyjna dla tego budynku według Rozporządzenia... [2008] wynosi $127,985 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$. Podobnie wyznaczone zapotrzebowanie na energię końcową (*EK*) wyniosło $584,708 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$. Uzyskane wyniki charakterystyki energetycznej zupełnie dyskwalifikują budynek pod względem ochrony cieplnej. Jedynym sposobem poprawy istniejącego stanu technicznego oraz charakterystyki energetycznej budynku jest wykonanie kompleksowego remontu kapitalnego połączonego z termomodernizacją.

W badanym budynku przyjęto, że jedynym właściwym rozwiązaniem jest:

- wykonanie izolacji termicznej wszystkich zewnętrznych przegród budowlanych, a także tych, które posiadają kontakt z powietrzem o obniżonej temperaturze,
- wymiana stolarki okiennej i drzwiowej,
- ewentualne zastosowanie kolektorów słonecznych do wspomagania systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej,
- wykonanie izolacji termicznych i akustyczne stropów międzypiętrowych według kryteriów WT 2013,
- ocieplenie konstrukcji tarasu nad garażem,
- wykonanie nowych izolacji przeciwwodnych, odtworzenie warstwy spadkowej i posadzkowej na tarasie nad garażem,
- modernizacja instalacji zaopatrzenia w ciepło i ciepłą wodę użytkową poprzez wymianę istniejącego kotła na gazowy dwufunkcyjny, współpracujący z kolektorem słonecznym,
- wymiana instalacji elektrycznej z uwagi na przestarzałe rozwiązania.

Obliczenia oceny opłacalności prac termomodernizacyjnych, zaproponowanych w badanym budynku jednorodzinnym, przeprowadzono zgodnie z algorytmem zawartym w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. Korzystając z dostępnych faktur za energię elektryczną (z okresu 22.02.2013 r. – 05.07.2013 r.) i gaz ziemny (z okresu 01.08.2012 r. – 31.07.2013 r.), ustalono wartości taryf i opłat za energię obowiązujących w czasie sporządzania obliczeń i oceny opłacalności zaproponowanych rozwiązań termomodernizacyjnych, niezbędne do obliczeń (tab. 3).

Tabela 3. Wartości taryf i opłat za energię obowiązujących w czasie sporządzania obliczeń i oceny opłacalności [Zalesiński 2013]

Table 3. Values of tariffs and charges for energy in force at the time the calculation and assessment of cost-effectiveness [Zalesiński 2013]

Energia elektryczna taryfa G11 (na podstawie faktur z okresu 22.02.2013 r. – 05.07.2013 r.) Electric energy G11 rate (based on invoices from the period 22.02.2013 – 05.07.2013)				
Oplata Payment	Dane z faktury Data from the invoice		Dane do obliczeń według Rozporządzenia [2009] Given up to calculations according to regulations	
Oplata za energię czynną Fee for active energy	0,2825	zł×kWh ⁻¹	78,47	zł/GJ
Składnik jakościowy Qualitative component	0,0084	zł×kWh ⁻¹	2,33	zł/GJ
Oplata sieciowa Network payment	0,2177	zł×kWh ⁻¹	60,47	zł/GJ
Oplata przejściowa Transitional payment	1,1300	zł×kW ⁻¹ ×miesiąc ⁻¹	1130,00	zł×MW ⁻¹ ×miesiąc ⁻¹
Oplata stała za przesył Fixed charges behind the transfer	4,4100	zł×kW ⁻¹ ×miesiąc ⁻¹	4410,00	zł×MW ⁻¹ ×miesiąc ⁻¹
Oplata abonamentowa Standing charge	0,9500	zł×miesiąc ⁻¹	0,95	zł×miesiąc ⁻¹
Gaz ziemny taryfa W-3.6 (na podstawie faktur z okresu 1.08.2012 r. – 31.07.2013 r.) Natural gas tariff W-3.6 (based on invoices from the period 1.08.2012 r. – 31.07.2013 r.)				
Oplata Payment	Dane z faktury Data from the invoice		Dane do obliczeń według Rozporządzenia [2009] Given up to calculations according to regulations	
Paliwo gazowe Gas fuel	1,1115	zł×m ⁻³	32,69	zł×GJ ⁻¹
Oplata zmienna Variable fee	0,3049	zł×m ⁻³	8,97	zł×GJ ⁻¹
Oplata stała Fixed fee	48,02	zł×miesiąc ⁻¹	5000,00	zł×MW ⁻¹ ×miesiąc ⁻¹
Oplata abonamentowa Subscription fee	6,97	zł×miesiąc ⁻¹	6,97	zł×miesiąc ⁻¹

Na podstawie metodyki sporządzania audytu energetycznego budynków wykonano obliczenia potrzebne do wyboru ulepszenia termomodernizacyjnego i opłacalności tego przedsięwzięcia w przypadku przegród dachowych, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 4.

W analogiczny sposób dokonano wyboru wariantu ulepszeń termomodernizacyjnych i oceny opłacalności dla pozostałych elementów podlegających przedsięwzięciu modernizacyjnemu, a zestawienie skróconego czasu zwrotu inwestycji (*SPBT*) wraz z kosztami i rocznymi oszczędnościami kosztów energii przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 4. Wybór ulepszenia termomodernizacyjnego i ocena opłacalności – dach [Zalesiński 2013]

Table 4. Choice of the thermomodernization improvement and the evaluation of the profitability – roof [Zalesiński 2013]

Wielkość Size	Stan aktualny Current state	Wariant 1 Variant 1	Wariant 2 Variant 2	Wariant 3 Variant 3	Wariant 4 Variant 4	Wariant 5 Variant 5
Grubość Thickness, d [m]	X	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
Przyrost oporu cieplnego Increase ΔR [(m ² ×K)×W ⁻¹]	X	2,857	3,429	4,000	4,571	5,143
Opór cieplny przegrody Increase in the thermal resistance R [(m ² ×K)×W ⁻¹]	0,183	3,040	3,612	4,183	4,754	5,326
Współczynnik przenikania ciepła (U) Rate of the permeation of the warmth at U [W×(m ² ×K) ⁻¹]	5,466	0,329	0,277	0,239	0,210	0,188
Zapotrzebowanie na ciepło (Q) Demand for the central heating [GJ×rok ⁻¹]	38,49	2,32	1,95	1,69	1,49	1,33
Zapotrzebowanie na moc cieplną (q) Demand for the thermal power [MW]	0,01608	0,00097	0,00081	0,00070	0,00062	0,00055
Koszt ocieplenia Cost of the warmer weather [zł×m ⁻²]	X	102,00	106,00	110,00	114,00	118,00
Roczna oszczędność kosztów energii z zastosowania ulepszenia Annual frugality of costs of energy from applying the improvement ΔQ [zł×rok ⁻¹]	X	2968,65	2998,91	3020,44	3036,93	3050,03
Planowane koszty robót Planned costs of work N [zł]	X	11 541,30	11 993,90	12 446,50	12 899,10	13 351,70
Prosty czas zwrotu ($SPBT$) Straight time of the $SPBT$ return [lata]	X	3,89	4,00	4,12	4,25	4,38

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy techniczno-ekonomicznej zabiegów termomodernizacyjnych stwierdzono, że wszystkie proponowane prace termomodernizacyjne mają relatywnie krótki czas zwrotu, zmniejszając przy tym znacznie energochłonność budynku. Pracami o najszybszym czasie zwrotu okazało się ocieplenie dachu ($SPBT$ =

Tabela 5. Zestawienie kosztów, roczne oszczędności oraz czas zwrotu przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Table 5. Putting costs together, annual savings and the time of the return of thermomodernization undertakings

Wyszczególnienie Detailed list	Koszt Cost [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii Annual frugality of costs of energy [zł×rok ⁻¹]	SPBT [lata]
Ocieplenie dachu Insulating the roof	12 446,50	3020,44	4,12
Ocieplenie ścian zewnętrznych Insulating outer walls	25 815,30	1902,89	13,57
Ocieplenie ścian pomiędzy częścią ogrzewaną a nieogrzewanym garażem i pomieszczeniami gospodarczymi Insulating walls between the warmed part, but the unheated garage and utility rooms	3 542,88	329,69	10,75
Ocieplenie stropu nad pomieszczeniami nieogrzewanymi Insulating the ceiling above unheated rooms	3 008,40	574,60	5,24
Ocieplenie stropu nad piętrem (pod nieogrzewanym strychem) Insulating the ceiling above the floor (beneath the unheated attic)	14 795,00	1288,93	11,48
Ocieplenie podłogi na gruncie Warming flooring on land	12 480,00	1869,57	6,68
Wymiana stolarki okiennej Replacement of window frames	17 572,50	2494,25	7,05
Wymiana stolarki drzwiowej Replacement of the door woodwork	7 250,00	780,87	9,28
Wymiana instalacji cwu + zastosowanie kolektorów słonecznych Exchange of the installation cwu + applying solar manifolds	16 000,00	3734,57	4,28

= 4,12 lat), wymiana instalacji ciepłej wody użytkowej wraz ze wspomagającymi ją kolektorami słonecznymi (*SPBT* = 4,55 lat) oraz ocieplenie stropu nad pomieszczeniami nieogrzewanymi (*SPBT* = 5,24 lat). Natomiast prace o najdłuższym okresie zwrotu, ale dające przy tym największe korzyści techniczne, to ocieplenie ścian zewnętrznych metodą lekką-mokrą (BSO inna nazwa skrótowa ETICS) o czasie zwrotu *SPBT* = 13,57 lat i ocieplenie stropu nad piętrem (*SPBT* = 11,48 lat). Pozostałe zabiegi termomodernizacyjne to: ocieplenie podłogi na gruncie (*SPBT* = 6,68 lat), wymiana instalacji centralnego ogrzewania (*SPBT* = 6,85 lat), wymiana stolarki okiennej (*SPBT* = 7,05 lat), wymiana stolarki drzwiowej (*SPBT* = 9,28 lat) i ocieplenie ścian pomiędzy częścią ogrzewaną a nieogrzewanymi pomieszczeniami (*SPBT* = 10,75 lat). Całość samych prac termomodernizacyjnych oszacowano na około 150 000,00 zł. Z uwagi na wysoki koszt prac termomodernizacyjnych inwestor może wprowadzić etapowość prowadzonych prac i rozpocząć od tych, które zapewnią szybki efekt ograniczenia kosztów ogrzewania

w sezonie grzewczym, a jednocześnie poprawią trwałość i estetykę budynku. Zaproponowane prace modernizacyjne pozwoliłyby około 5-krotnie zmniejszyć wskaźnik zapotrzebowania budynku na energię pierwotną w stosunku do stanu przed modernizacją. Wskaźnik ten po przeprowadzeniu termomodernizacji będzie wynosił $EP_{\text{obliczony}} = 132,143 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$, przy dopuszczalnym $EP_{\text{dop}} = 146,517 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$, $EP_{1.01.2014} = 138,000 \text{ kWh} \times (\text{m}^2 \times \text{rok})^{-1}$ (EP dopuszczalne 15% powiększone jak dla budynku podawanego przebudowie).

WNIOSKI

1. Przeprowadzona analiza techniczno-ekonomiczna opłacalności termomodernizacji istniejącego budynku jednorodzinnego pozwala stwierdzić, że decydującą o tym cechą jest stan techniczny budynku.

2. Zaproponowane prace modernizacyjne pozwoliłyby około 5-krotnie zmniejszyć wskaźnik zapotrzebowania budynku na energię pierwotną w stosunku do stanu przed modernizacją.

3. Ze względu na wysoki koszt prac termomodernizacyjnych zalecić należy wprowadzenie etapowości prowadzonych prac i rozpocząć od tych, które zapewnią szybki efekt zwrotu poniesionych kosztów, a jednocześnie przyczynią się do poprawy estetyki budynku.

PIŚMIENNICTWO

- Klemm P. (red.), 2009. Budownictwo ogólne. Tom 2: Fizyka budowli. Arkady, Warszawa.
- Linczowski Cz., Stelmasczyk G., 2004. Zabezpieczenie eksploatacyjne, remonty i modernizacje obiektów budowlanych. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. z 2003 r. nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. z 2008 r. nr 201, poz. 1238.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. Dz.U. z 2008 r. nr 223, poz. 1459.
- Zalesiński A., 2013. Analiza techniczno-ekonomiczna remontu, termomodernizacji i adaptacji do obowiązujących przepisów wybranego domu mieszkalnego. Praca magisterska. Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Budowlanej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa.

THE INFLUENCE OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE BUILDING ON THE ENERGY EFFICIENCY AND THE PROFITABILITY THERMOMODERNIZATION ON THE EXAMPLE OF SINGLE FAMILY HOUSE

Abstract. The article treats about the problems connected with thermomodernization of buildings, especially its cost effectiveness associated with the technical condition of the object. For the technical evaluation it was used methodology in the preparation of energy certification of buildings and energy audits of buildings.

Key words: repair, thermomodernization, audit, technical condition, the characteristics of energy

Accepted for print – Zaakceptowano do druku: 19.12.2014