

Jakub JURA (orcid id: 0000-0003-2538-0014)

Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa

POPRAWA PARAMETRÓW ENERGETYCZNYCH I EKOLOGICZNYCH BUDYNKU WIELORODZINNEGO W CELU SPEŁNIENIA WYMAGAŃ WT 2021

Przedstawiono wymagania dla budynków wg warunków technicznych obowiązujących obecnie oraz wchodzących w życie od 1 stycznia 2021 roku. Wykonano optymalizację konstrukcji przegród budowlanych, systemu ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku wielorodzinnego. W budynku wykorzystane zostały również nowoczesne technologie generujące ciepło oraz energię ze źródeł odnawialnych. Wykonano analizę kosztów realizacji zaproponowanych przedsięwzięć budowlanych dla usprawnień, spełniających wymagania WT 2017 oraz WT 2021, oraz czasu zwrotu poniesionych nakładów finansowych potrzebnych na ich sfinansowanie.

Słowa kluczowe: warunki techniczne, współczynnik przenikania ciepła, termomodernizacja, pompa ciepła, ogniwa fotowoltaiczne

WPROWADZENIE

Na początku działania termomodernizacyjne w Polsce wykorzystywane były nie jako metoda na oszczędzanie energii, lecz jako poprawy efektów wizualnych oraz technologicznych wad ścian w budynkach wznoszonych z wielkiej płyty. Przy wykonywaniu izolacji termicznej problemem był brak odpowiednich technologii wykonania oraz jakość stosowanych materiałów termoizolacyjnych. Poprawa nastąpiła w latach 90. XX w. z uwagi na zmiany polityczne i gospodarcze Polski. Wprowadzane zostały zmiany w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, które w dużym stopniu skupione były na zaostrzeniu wymagań dotyczących izolacyjności termicznej. Wpływ na poprawę jakości wykonywania izolacji termicznych miało także to, że na polskim rynku budowlanym pojawiło się wiele zachodnich firm oferujących nowe technologie dociepleń oraz materiały lepszej jakości. Celem wykonywania termomodernizacji stała się poprawa izolacyjności przegród zewnętrznych, a zarazem możliwość oszczędzania energii cieplnej [1, 2]. Wraz z rozwojem technologii oraz świadomości dotyczącej ochrony środowiska do problematyki oszczędzania energii zaczęto ujmować zagadnienia z obszaru ekologii oraz izolacyjności akustycznej, które były zawierane w kolejnych normach i aktach prawnych [3-6]. Wykonywanie termomodernizacji przestało dotyczyć jedynie dociepleń przegród

zewnątrznych budynków, a zaczęło polegać na przeprowadzaniu kompleksowych robót budowlanych, zmniejszających straty energii cieplnej. Do tych robót zaliczyć można wymianę stolarki okiennej, wykorzystywanie urządzeń grzewczych dostosowanych do wymagań budynku, a także stosowanie instalacji do ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej wykorzystujących energię ze źródeł odnawialnych. Obecnie ważnym elementem pozwalającym na odpowiednie wykonanie termomodernizacji budynku jest przeprowadzenie rzetelnego audytu energetycznego. Pozwala on na takie dobranie prac budowlanych oraz systemów, aby wykonane zostały tylko te dające duże oszczędności energii, jak również będące uwarunkowane aspektami ekonomicznymi. Wykonywanie prac, które mimo tego, że pozwalają na zaoszczędzenie energii, ale wymagałyby bardzo długiego okresu zwrotu poniesionych nakładów, nie jest racjonalne pod względem ekonomicznym. Dodatkowym atutem zmniejszenia zapotrzebowania na energię oraz stosowania nowoczesnych systemów grzewczych, a także przygotowania ciepłej wody użytkowej jest obniżenie ilości wytwarzanych gazów cieplarnianych, co obecnie w Polsce jest ważnym aspektem w kontekście problemów z nadmiernym smogiem. Dodatkową zachętą do wykonywania termomodernizacji jest również wiele działających programów, oferujących wsparcie finansowe kompleksowego wykonania robót, poprawiających charakterystykę energetyczną oraz ekologiczną budynku [7-10].

W artykule przedstawiono zagadnienie wykonania audytu energetycznego na przykładzie budynku wielorodzinnego dla zobrazowania różnych możliwości doboru prac termomodernizacyjnych oraz ich wpływu na charakterystykę energetyczną budynku. Przeprowadzono również porównanie wykonanych prac, ich kosztów oraz okresów zwrotu poniesionych nakładów finansowych w zależności od wymagań warunków technicznych, które miałyby spełniać przegrody oraz omawiany budynek.

1. WYMAGANIA TERMICZNE DLA BUDYNKÓW

W polskim ustawodawstwie głównymi wymaganiami, które muszą spełniać budynki pod względem parametrów energetycznych, są: „warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” [9], precyzujące wymagania dotyczące współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych U , U_c oraz wskaźników zapotrzebowania na energię pierwotną EP. Rozporządzenie wprowadza wymagania cieplne dla budynków nowo wznoszonych oraz modernizowanych, które obowiązują od 2014, 2017 oraz 2021 roku. Obecnie obowiązują wartości, które weszły w życie z dniem 1 stycznia 2017 roku, natomiast od 2021 roku obowiązywać będą jeszcze bardziej rygorystyczne wymagania dotyczące współczynników przenikania ciepła. W tabeli 1 przedstawiono wymagane współczynniki przenikania ciepła m.in. dla budynków mieszkalnych.

Rozporządzenie dotyczące warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, określa także maksymalne wartości współczynnika

zapotrzebowania na energię pierwotną na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej EP_{H+W} (tab. 2).

Tabela 1. Współczynniki przenikania ciepła obowiązujące obecnie oraz od 2021 r. [11]

Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m ² ·K)]	
	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r.
Ściany zewnętrzne	0,23	0,20
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,18	0,15
Podłogi na gruncie	0,30	0,30
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	0,25	0,25
Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne	1,1	0,9
Okna połaciowe	1,3	1,1
Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,5	1,3

Tabela 2. Maksymalne współczynniki EP_{H+W} obowiązujące obecnie oraz od 2021 r. [11]

Rodzaj budynku	Współczynnik EP_{H+W} [kWh/(m ² ·rok)]	
	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r.
Budynek mieszkalny:		
– jednorodzinny	95	70
– wielorodzinny	85	65
Budynek zamieszkania zbiorowego	85	75
Budynek użyteczności publicznej:		
– opieki zdrowotnej	290	190
– pozostałe	60	45
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	90	70

2. POPRAWA PARAMETRÓW ENERGETYCZNYCH BUDYNKU

Obiektem wybranym do poprawy charakterystyki energetycznej i ekologicznej oraz doprowadzenia go do spełnienia wymagań WT 2017 oraz 2021 jest 5-kondygnacyjny budynek wielorodzinny o powierzchni 5600 m² znajdujący się w IV strefie klimatycznej. Do obliczeń wykorzystano program komputerowy ArCADia TERMO,

pozwalający na wykonanie audytu energetycznego oraz obliczenie efektu ekologicznego i ekonomicznego zgodnie z metodologią zawartą w rozporządzeniu [12]. Ściany zewnętrzne budynku to przegrody jednowarstwowe wykonane z bloczków z betonu komórkowego, natomiast stropy międzykondygnacyjne oraz nad piwnicą z płyt prefabrykowanych. Konstrukcja dachu drewniana ocieplona jest 8 cm wełny mineralnej. Stolarka wbudowana w analizowany obiekt to okna plastikowe o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ oraz drzwi zewnętrzne o współczynniku $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Obiekt ogrzewany jest przez system centralnego ogrzewania zasilanego w ciepło z miejskiej kotłowni miałowej. Przewody rozprowadzające w przestrzeni nieogrzewanej są częściowo zaizolowane, natomiast przewody pionowe całkowicie bez izolacji. Grzejniki żeliwne oraz stalowe mają zawory termostacyjne. Ciepła woda użytkowa jest dostarczana i podgrzewana również przez system centralnego ogrzewania. Ponieważ budynek nie jest obiektem nowym oraz nie były wykonywane w nim żadne prace termomodernizacyjne, jest on budynkiem posiadającym niskie parametry energetyczne oraz znacznie odbiega swoją charakterystyką energetyczną od wymagań przedstawionych w Warunkach Technicznych.

W celu poprawy charakterystyki energetycznej i ekologicznej analizowanego budynku zaproponowano szereg usprawnień, przedstawionych w tabeli 3, które pozwolą na obniżenie zapotrzebowania budynku na energię oraz zmniejszenie emisji. Korzystając z programu ArCADia TERMO, jako pierwsze działanie termomodernizacyjne zaproponowano wykonanie docieplenia stropu nad piwnicą za pomocą 7 cm pianki poliuretanowej od strony piwnicy o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,024 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, co pozwoliło uzyskać wartości $U < 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ i spełnić wymagania Warunków Technicznych 2017 oraz 2021. Dla poprawy parametrów energetycznych przegród zewnętrznych zdecydowano się na wykonanie termoizolacji ścian zewnętrznych styropianem EPS o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ do uzyskania współczynnika $U < 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla roku 2017 oraz $U < 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla roku 2021. W celu spełnienia tych wartości konieczne jest zastosowanie warstwy termoizolacyjnej o grubości odpowiednio 14 i 16 cm. Kolejnym działaniem, mającym zmniejszyć straty przez przenikanie, jest wymiana warstwy termoizolacji dachu, czyli usunięcie starej termoizolacji i wykonanie nowej z wełny mineralnej o $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Konieczne byłoby zastosowanie warstwy termoizolacyjnej o grubości 18 cm (dla WT 2017) lub 22 cm (WT 2021). Jako działania poprawiające parametry energetyczne oraz sprawność systemu instalacji CO zastosowano indywidualny kocioł kondensacyjny gazowy z automatyką pogodową i systemem zarządzania budynkiem BMS (Building Management System), w celu efektywnego sterowania instalacją w obiekcie i dostosowując pracę do zmieniających się warunków otoczenia. Zastosowanie takiego rozwiązania powoduje minimalizację kosztów eksploatacji budynku przy jednoczesnym zwiększeniu jego funkcjonalności i bezpieczeństwa oraz zapewnieniu optymalnego komfortu jego użytkownikom. Zaproponowana została także wymiana izolacji termicznej na nową na istniejących przewodach poziomych rozprowadzających oraz wymiana grzejników klatek schodowych na nowe z zaworami termostacyjnymi z funkcjami adaptacyjną i optymalizującą. Dla zmodernizowania instalacji

CWU zastosowana została nowoczesna i wysokosprawna pompa ciepła powietrze-woda o sprawności wytwarzania 2,6 oraz zastosowanie dodatkowego efektywnego źródła energii dla pompy, tj. paneli fotowoltaicznych, pozwalających w bilansie rocznym pokryć zapotrzebowanie na energię dla pompy. Wykorzystanie tego systemu do przygotowania ciepłej wody użytkowej podnosi sprawność całkowitą instalacji z 0,3 na 1,57.

Tabela 3. Zestawienie usprawnień w analizowanym budynku

Przegroda	Stan istniejący	Po modernizacji dla WT 2017	Po modernizacji dla WT 2021
Strop nad piwnicą	$U = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Ściana zewnętrzna	$U = 0,63 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Okna	$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Dach	$U = 0,63 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,147 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
System grzewczy	miejська kotłownia miałowa	kocioł kondensacyjny gazowy z automatyką pogodową i systemem BMS	kocioł kondensacyjny gazowy z automatyką pogodową i systemem BMS
System przygotowania ciepłej wody użytkowej	miejська kotłownia miałowa	pompa ciepła powietrze-woda zasilana przez panele fotowoltaiczne	pompa ciepła powietrze-woda zasilana przez panele fotowoltaiczne

Wykonane prace pozwoliły na uzyskanie pozytywnych wyników dotyczących parametrów energetycznych dla WT 2021. Prace termoizolacyjne zmniejszyły roczne zapotrzebowanie na ciepło na CO i CWU z poziomu wyjściowego 1784 GJ/rok o 110 GJ przez modernizację stropu nad piwnicą, o prawie 200 GJ ścian zewnętrznych, 100 GJ dachu, 150 GJ wymiany systemu ogrzewania i prawie 600 GJ instalacji ciepłej wody użytkowej.

Wykonana została również analiza kosztów pozwalających na realizację proponowanych modernizacji (tab. 4). Najwyższy nakład finansowy pochłonęły termoizolacja ścian zewnętrznych, stropu nad piwnicą, jak również konstrukcji dachu. Duże koszty poniesione zostałyby także na wymianę systemów ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Całkowity koszt modernizacji oscylowałby w okolicach 660 tys. zł dla budynku spełniającego WT 2017 oraz ok. 700 tys. złotych dla WT 2021. Z przeprowadzonych obliczeń wynika jednak, że nawet tak wysokie poniesione nakłady pozwoliłyby na roczne oszczędności w granicach odpowiednio 65 i 70 tys. zł, co stanowi ponad 60% całkowitych kosztów użytkowania budynku i zwrot kosztów inwestycji w obu przypadkach nastąpiłby po około 10 latach. Zastosowanie przedstawionych modernizacji może uprawniać także do uzyskania premii termomodernizacyjnych w kwocie ponad 100 tys. zł.

Tabela 4. Zestawienie kosztów proponowanych usprawnień oraz SPBT

Przegroda	Po modernizacji dla WT 2017		Po modernizacji dla WT 2021	
	Koszt [tys. zł]	Prosty czas zwrotu nakładów SPBT [lata]	Koszt [tys. zł]	Prosty czas zwrotu nakładów SPBT [lata]
Strop nad piwnicą	93	45	93	45
Ściana zewnętrzna	186	30	192	32
Dach	113	15	145	16
System grzewczy	140	13	140	13
System przygotowania ciepłej wody użytkowej	124	3	124	3
Wszystkie zaproponowane modernizacje	656	10	694	10

Zastosowanie przedstawionych rozwiązań termomodernizacyjnych poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło i bardziej ekologicznych systemów oraz wykorzystanie energii odnawialnej wpłynie także w znaczący sposób na oddziaływanie budynku na środowisko naturalne. Za pomocą programu ArCADia TERMO wyliczono, że przedstawione modernizacje pozwolą na zmniejszenie wskaźników EK i EP o ok. 50%, emisji CO₂ o ponad 70% oraz ograniczenie pyłów PM 2,5 i PM 10 o ponad 99%. Udział energii odnawialnej w budynku wynosiłby ok. 30%.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone analizy z zastosowaniem programu komputerowego mające na celu poprawę parametrów energetycznych budynku oraz zastosowanie nowoczesnych systemów wykorzystujących energię odnawialną pozwoliły na znaczne zmniejszenie strat ciepła w budynku oraz ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Przedstawione modernizacje pokazują, jak ważnym elementem termomodernizacji budynku jest dobór odpowiednich rozwiązań. W obu zaprezentowanych przypadkach wykorzystane rozwiązania pozwoliły na osiągnięcie współczynników spełniających założone wymagania, tj. WT 2017 i WT 2021. Przedstawiony przykład pozwolił również na zademonstrowanie, jak poniesienie niewiele większych nakładów finansowych może pozwolić na osiągnięcie znacznie wyższych oszczędności. W obu analizowanych przykładach termomodernizacji prosty czas zwrotu wyniósł około 10 lat. Po tym okresie inwestor, decydując się na droższe rozwiązanie modernizacyjne, będzie co roku oszczędzał ok. 5 tys. zł więcej niż w przypadku modernizacji wymagających mniejszych nakładów finansowych. Argumentem przemawiającym za wybraniem wariantu dostosowania rozwiązań modernizacyjnych do spełniania wymagań WT 2021 jest również to, że rozpoczęcie obecnie

wszystkich niezbędnych działań administracyjnych dotyczących remontu budynku oraz jego wykonanie może skutkować zakończeniem prac niedługo przed rokiem 2021. Dodatkowym atutem przemawiającym za tym wariantem są także możliwe systemy dopłat dla tego typu budynków. W większości pojawiających się na rynku konkursów pozwalających na uzyskanie dopłat znajdują się zapisy kwalifikujące do nich wyłącznie budynki, które swoimi usprawnieniami będą odpowiadały wymaganiom Warunków Technicznych z roku 2021 oraz wykorzystujące odnawialne źródła energii. Dzięki wykonaniu rzetelnego audytu energetycznego dla budynku możliwe jest porównanie rozwiązań termomodernizacyjnych, ich skutków energetycznych dla budynku i kosztów oraz wybranie optymalnego wariantu, nie zwracając uwagi tylko i wyłącznie na cenę inwestycji.

LITERATURA

- [1] Lis A., Lis P., Efektywność energetyczna budynków edukacyjnych - zarys problemu, *Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym* 2015, 2(16), 45-50.
- [2] Śpiewak A., Szczelność powietrzna obiektów budowlanych, a metody badania i uszczelniania przegród budowlanych, *Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym* 2015, 2(16), 106-113.
- [3] PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.
- [4] PN-EN ISO 13788:2003 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni kondensacji. Metody obliczania.
- [5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 30 kwietnia 1999 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, a także wzorów kart audytu energetycznego, Dz.U. 1999, Nr 46, poz. 459.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej, Dz.U. 2008, Nr 200, poz. 1240.
- [7] Finansowanie poprawy efektywności energetycznej budynków w Polsce, BPIE, Warszawa 2016, www.mg.gov.pl
- [8] Firląg S., Rynek termomodernizacji w Polsce, Rynek Instalacyjny 2016, 7-8.
- [9] Steidl T., Docieplanie budynków, *Inżynier Budownictwa - Dodatek specjalny*, 2012, styczeń, 34-40.
- [10] Świącicki A., Sadowska B., Sarosiek W., Kompleksowa termomodernizacja budynku WBiŚ. Cz. 2. Plan inwestycji z analizą potencjału efektów termomodernizacji, *Rynek Instalacyjny* 2014, 11, 21-24.
- [11] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2015, poz. 1422.
- [12] 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. 2009, Nr 43, poz. 346.

IMPROVEMENT OF ENERGY AND ECOLOGICAL PARAMETERS OF MULTI-FAMILY BUILDING TO COMPLY WT 2021 REQUIREMENTS

The article presents the requirements for buildings according to the current technical regulations and coming into force as of January 1, 2021. The optimization of the building partitions, the heating system and the preparation of hot water for the multi-family building. Modern building technologies generate heat and energy from renewable sources. The costs of proposed improvements and the time spent to reimburse the financial resources needed to finance them have been analyzed.

Keywords: technical conditions, heat transfer coefficient, thermo-modernization, heat pump, photovoltaic cells