

Kamil RÓŻYCKI

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny, Energetyki i Lotnictwa

TERMOMODERNIZACJA PRZYKŁADOWEGO BUDYNKU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ W POLSKICH WARUNKACH KLIMATYCZNYCH

W niniejszej pracy podjęto próbę doprowadzenia przykładowego obiektu użyteczności publicznej, zlokalizowanego w polskich warunkach klimatycznych, do aktualnych krajowych standardów. Aby osiągnąć nakreślone cele, należało określić stan techniczny budynku pod względem izolacyjności cieplnej przegród, stan wewnętrznych instalacji ogrzewczych wraz ze źródłem ciepła. Następnie zaproponowano rozwiązania termomodernizacyjne, które pozwolą zmniejszyć zapotrzebowanie obiektu na energię. Spośród nich wybrano optymalne przedsięwzięcie termomodernizacyjne. Rozważono ocieplenie ścian zewnętrznych, wymianę okien i drzwi, modernizację instalacji ogrzewania oraz instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej. Dodatkowo przeanalizowano dobór kolektorów słonecznych. Wyniki potwierdzają, że wybór odpowiednich zabiegów modernizacyjnych może zmniejszyć obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na energię nawet o 73% w stosunku do stanu istniejącego. Budynek został zamodelowany w programie Audytor OZC 6.5 Pro. Część obliczeń przeprowadzono również przy użyciu programów RETScreen 4 oraz Microsoft Office Excel 2007. Otrzymane wyniki zostały zaprezentowane w artykule.

Słowa kluczowe: termomodernizacja, budynek użyteczności publicznej, efektywność energetyczna

WPROWADZENIE

Celem przeprowadzonej analizy była ocena efektów energetycznych inwestycji związanej ze zwiększeniem efektywności energetycznej budynku użyteczności publicznej. Jednym z kluczowych działań Unii Europejskiej, pośrednio zawartym w Dyrektywie 2012/27/UE, jest poprawa efektywności energetycznej. Dyrektywa zakłada, że we wszystkich instytucjach publicznych należy wdrażać działania z zakresu efektywności energetycznej. Zarządcy budynków lub ich właściciele powinni wprowadzać działania, dające dobry przykład do naśladowania. Efektem tego mają być: ograniczenie lub redukcja emisji gazów cieplarnianych, wzrost bezpieczeństwa energetycznego oraz konkurencyjności gospodarki UE. Dodatkowo na rzecz wyboru tego tematu przemawia również wysoki potencjał w obszarze oszczędności energetycznych w polskim sektorze budownictwa.

1. AKTUALNE WARUNKI TECHNICZNE DLA BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

We wszystkich budynkach użyteczności publicznej (oznaczanych dalej „BUP”) należy zaprojektować i wykonać odpowiednio: instalacje ogrzewcze (c.o.), wentylacyjne, klimatyzacyjne, ciepłej wody użytkowej (c.w.u.), a także oświetlenia wbudowanego. Tylko w takim przypadku zachowana będzie wymagana obecnie efektywność energetyczna, która jest jednym ze sposobów na zmniejszenie zapotrzebowania budynku na energię, a wraz z tym zredukowane są koszty eksploatacyjne i negatywne skutki działania jednostki na środowisko. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1] określa wymogi dla budynków. Należy spełnić minimalne wymagania dotyczące wartości wskaźnika EP [kWh/(m²·rok)], który określa roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną odniesioną do powierzchni ogrzewanej lub chłodzonej [1]. Wyznacza się go zgodnie z przepisami dotyczącymi metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku [2]. Obliczona wartość musi być mniejsza niż ta określona w ww. Rozporządzeniu. W tabeli 1 przedstawiono wartości obowiązujące oraz te, które je zastąpią w kolejnych latach.

Tabela 1. Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP [kWh/m²·rok] w BUP [1]

Częstkowe maksymalne wartości wskaźników EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, a także chłodzenia i oświetlenia [kWh/(m ² ·rok)]						
Rodzaj potrzeby energetycznej	Ogrzewanie, wentylacja oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej		Chłodzenie		Oświetlenie	
	BUP opieki zdrowotnej	BUP pozostałe	BUP opieki zdrowotnej	BUP pozostałe	BUP opieki zdrowotnej	BUP pozostałe
od 1 stycznia 2014	390	65	25* (powierzchnia użytkowa chłodzona budynku/powierzchnia użytkowa ogrzewana budynku), jeśli budynek posiada instalację chłodzenia		50 dla t ₀ < 2500 godzin 100 dla t ₀ ≥ 2500 godzin	
od 1 stycznia 2017	290	60			25 dla t ₀ < 2500 godzin	
od 1 stycznia 2019	190	45				

Drugim warunkiem, który należy również osiągnąć w budynkach nowo budowanych i modernizowanych, jest spełnienie wymogów dotyczących izolacyjności cieplnej przegród budynku. Wymagania te są również określone w Rozporządzeniu [1]. Każda z przegród, zarówno z tych przezroczystych, jak i nieprzezroczystych, musi spełnić kryterium minimalnej wartości współczynnika przenikania ciepła. Najważniejsze z nich zostały zestawione w tabeli 2. Podobnie jak w poprzednim przypadku wskazano wartości obowiązujące i przyszłe.

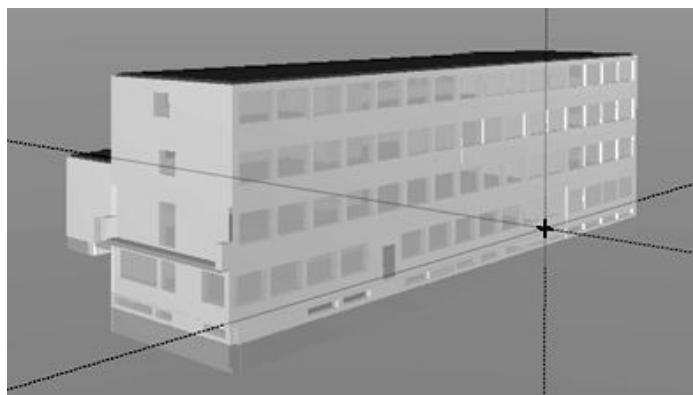
Tabela 2. Izolacyjność cieplna przegród w „BUP” - współczynniki przenikania ciepła [1]

Współczynnik przenikania ciepła U, wyrażony w $W/(m^2 \cdot K)$ przy temperaturze wewnętrznej $\geq 16^\circ C$						
Rodzaj przegrody	Ściana zewnętrzna	Dachy, stropodachy i stropy nad nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	Strop nad nieogrzewaną piwnicą	Podłoga na gruncie	Okna	Drzwi
od 1 stycznia 2014	0,25	0,20	0,25	0,30	1,30	1,70
od 1 stycznia 2017	0,23	0,18	0,25	0,30	1,10	1,50
od 1 stycznia 2019	0,20	0,15	0,25	0,30	0,90	1,30

2. OPIS STANU PRZYKŁADOWEGO BUDYNKU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano przykładowy budynek użyteczności publicznej, którego stan charakteryzuje obiekty biurowe typu Urząd Miasta. Dane meteorologiczne założono jak dla Warszawy - stacja Warszawa-Okęcie. Najważniejszymi parametrami, które przyjęto, są: współczynniki przenikania ciepła dla tradycyjnego budynku z lat 60.-70. XX wieku, cztery kondygnacje naziemne i jedna podziemna, kubatura $8000 m^3$, powierzchnia ogrzewana $2800 m^2$ oraz 250 osób użytkujących budynek.

Dodatkowymi założeniami, związanymi z instalacjami, które przyjęto, są: ciepła woda użytkowa przygotowywana przez podgrzewacze elektryczne zasilane z sieci elektroenergetycznej, ogrzewanie za pomocą instalacji grzewczej wodnej z kotła gazowego zasilanego z sieci gazowej. W obiekcie występuje wentylacja grawitacyjna.



Rys. 1. Rysunek własny zamodelowany w programie Audytor OZC 6.5 Pro

Mając już zadane parametry, zdecydowano się na zamodelowanie i stworzenie modelu budynku w programie Audytor OZC 6.5 Pro (rys. 1). Wykorzystując metodę obliczania projektowego obciążenia cieplnego, narzędzie pozwoliło obliczyć moc cieplną systemu grzewczego oraz zużycie energii cieplnej do ogrzewania w stanie aktualnym. Pozostałe niezbędne obliczenia wykonano, korzystając z programu Microsoft Office Excel 2007. Wyjątkiem był dobór instalacji kolektorów słonecznych. W tym wypadku skorzystano z programu RETScreen 4 i wybrano instalację w taki sposób, aby pokryć zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową na poziomie około 30÷33% w skali roku.

3. WYBRANY WARIANT I ANALIZA WYNIKÓW

Zdecydowano się doprowadzić budynek do warunków technicznych, które będą obowiązywały od 1 stycznia 2019 roku. Przeprowadzono szereg usprawnień w celu zminimalizowania zapotrzebowania na energię w budynku. Przeanalizowano sześć wariantów głównych (z których każdy posiadał podwarianty) Pierwszy wariant obejmował samą modernizację systemu c.o. Kolejny wariant zawierał modernizację z wariantu pierwszego poszerzoną o modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej. W kolejnych wariantach dodawano kolejne działania zawarte w tabeli 3, kończąc na wariantcie, który okazał się optymalny pod kątem zaoszczędzonej energii, obejmujący modernizację instalacji c.o. i c.w.u., ocieplenie ścian zewnętrznych, ocieplenie stropodachu, wymianę okien i drzwi oraz modernizację instalacji wentylacji. W związku z tym, że w większości budynków rzeczywistych występują problemy techniczne przy dociepleniu podłogi, takiego przedsięwzięcia nie zaproponowano. W tabeli 3 zestawiono wszystkie modernizacje wraz z podstawowymi danymi dotyczącymi każdego przedsięwzięcia.

Tabela 3. Modernizacje dla badanego budynku

Lp.	Wykaz przeanalizowanych modernizacji	
1	Instalacja c.o.	Wymiana instalacji c.o. zawierająca: podłączenie do sieci ciepłowniczej, wymiana grzejników na klimakonwektory, wymiana przewodów, montaż zaworów termostatycznych, wymiana pomp obiegowych
2	Instalacja c.w.u.	Wymiana instalacji c.w.u. zawierająca: wykonanie nowych pionów z ciepłą wodą, wymiana przewodów, instalacja pomp cyrkulacyjnych, montaż instalacji kolektorów słonecznych pokrywającej około 33% zapotrzebowania na energię końcową do przygotowania c.w.u.
3	Ściany zewnętrzne	Docieplenie 10 cm styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
4	Stropodach	Docieplenie 18 cm styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
5	Okna i drzwi	Wymiana okien na okna o współczynniku przewodzenia ciepła $U = 0,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ oraz drzwi na $U = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
6	Instalacja wentylacji	Poprowadzenie kanałów wentylacyjnych, instalacja central wentylacyjnych z wymiennikiem odzysku ciepła o maksymalnej sprawności wynoszącej 85%

Jak już wyżej napisano, działania związane z dociepleniem ścian zewnętrznych, stropodachu oraz wymianą okien miały na celu doprowadzenie przegród do „warunków technicznych”.

Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej zawiera dodatkowo montaż instalacji kolektorów słonecznych. Tak jak wcześniej podano, dobrano taką wielkość instalacji, która pokrywa około 30% zapotrzebowania na energię końcową do przygotowania c.w.u. w ciągu roku. Zgodnie z danymi klimatycznymi znajdującymi się w programie RET Screen, w danej lokalizacji, z przykładowych kolektorów słonecznych pochylonych pod kątem 35 stopni, można uzyskać około 1,12 MWh/m²/rok. Oznaczało to, że z 1 kolektora słonecznego o powierzchni 2,51 m², przy braku strat, można uzyskać około 2,8 MWh/rok. Należy jednak uwzględnić straty wynikające ze sprawności wymiennika ciepła, straty związane z odprowadzaniem ciepła i inne pozostałe, które zmniejszają ten uzysk do około 1,03 MWh/rok. W związku z tym, że w analizowanym obiekcie energia potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej wynosi 70,8 GJ/rok (19,67 MWh/rok), to do pokrycia około 1/3 tej wartości potrzebujemy zastosować 6 kolektorów słonecznych (22,2 GJ/rok = 6,18 MWh/rok = 31% zapotrzebowania c.w.u.).

Wykonane analizy wskazały potencjał oszczędności energii wynikający z wykonania głębokiej termomodernizacji budynku użyteczności publicznej. Odpowiednio zoptymalizowane działania zmniejszyły zapotrzebowanie budynku na energię na cele c.o. i przygotowania c.w.u. o około 73%. Najważniejsze wartości i wskaźniki charakteryzujące obiekt przed i po termomodernizacji zostały porównane w tabeli 4.

Tabela 4. Porównanie stanu bazowego z wariantem optymalnym

Lp.	Charakterystyka energetyczna budynku		Stan istniejący	Stan po termomodernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	kW	245	110
2	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.)	kW	6,54	6,54
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	GJ/rok	952,3	325,1
4	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	GJ/rok	1561,6	384,4
5	Roczne obliczeniowe zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu ogrzewania	GJ/rok	1717,2	307,5
6	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania c.w.u.	GJ/rok	47,7	48,6
7	Roczne obliczeniowe zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na cele przygotowania c.w.u.	GJ/rok	143,1	38,8
8	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP dla systemu ogrzewania	kWh/m ² /rok	170,4	30,5
9	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP na cele przygotowania c.w.u.	kWh/m ² /rok	14,2	3,8
10	c.o. + c.w.u. w stosunku do stanu istniejącego (energia końcowa)	%	100,0	26,9
11	c.o. + c.w.u. w stosunku do stanu istniejącego (energia pierwotna)	%	100,0	18,6

Obliczeniowe moce cieplne systemu grzewczego (Lp. 1) oraz roczne zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) (Lp. 3), w stanie istniejącym oraz w stanie po modernizacji zostały wyznaczone za pomocą programu Audytor OZC.

Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej (Lp. 2) jest taka sama w obu stanach i wyznaczona jest na podstawie normy [4].

Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) (Lp. 4) uzyskano, dzieląc wartość z wiersza 4 (Lp. 3) przez sprawności systemów (odpowiednio 60,98 i 84,59%). Roczne obliczeniowe zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów ogrzewania (Lp. 5) otrzymano, mnożąc wartości energii końcowej (Lp. 4) przez wartości współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii w_i opisane w Rozporządzeniu [2]. W stanie istniejącym założono dla systemu ogrzewania $w_i = 1,1$ (kocioł gazowy), a po modernizacji i przyłączeniu do miejskiej sieci ciepłowniczej $w_i = 0,8$.

Wartości rocznego obliczeniowego zużycia energii do przygotowania c.w.u. (Lp. 6) wyznaczono zgodnie z Rozporządzeniem [3]. Pomimo modernizacji wartość po modernizacji wzrasta. Wynika to z tego, że w stanie istniejącym sprawność wytwarzania c.w.u. wynosi 99%, a po modernizacji 66,54%. Zastosowanie kolektorów słonecznych zmniejsza zapotrzebowanie na c.w.u. z obliczeniowego 70,8 do 48,6 GJ/rok.

Roczne obliczeniowe zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na cele przygotowania ciepłej wody użytkowej (Lp. 7), podobnie jak w przypadku energii na cele ogrzewania, wyznaczono wykorzystując wartości współczynnika w_i . W stanie istniejącym założono dla systemu przygotowania c.w.u. $w_i = 3$ (energia elektryczna), po modernizacji $w_i = 0,8$.

Tabela 5. Porównanie wartości współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii dla systemów technicznych w_i [2]

Lp.	Sposób zasilania budynku lub części budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	w_i
1	Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Gaz ziemny	1,1
		Energia słoneczna	0
2	Ciepło sieciowe z kogeneracji	Węgiel kamienny lub gaz	0,8
3	Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	3

Wskaźniki rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP dla systemu ogrzewania (Lp. 8) oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej (Lp. 9) obliczono, przekształcając odpowiednio wartości z wierszy 6 i 8 (Lp. 5 i Lp. 7) z GJ na kWh, a następnie dzieląc przez powierzchnię ogrzewaną

budynku. Zauważamy, że w wariancie optymalnym wskaźnik EP (dla c.w.u. i c.o.) wynosi łącznie 34,3 kWh/m²rok i spełnia wymagania techniczne obowiązujące od 1 stycznia 2019 roku.

Porównując stan istniejący ze stanem po modernizacji, zużycie energii końcowej na cele c.o. i c.w.u. zmniejszyło się o 73,1%. Sytuacja wygląda jeszcze lepiej, porównując wartości zapotrzebowania na energię pierwotną. W tym przypadku oszczędność energii wynosi 81,4%.

PODSUMOWANIE

Budowa nowych budynków o parametrach określonych w obowiązujących normach czy przeprowadzanie termomodernizacji budynków już istniejących, które i tak wymagają remontu, są powszechnie znanymi działaniami. W niniejszej pracy podjęto próbę przeanalizowania wpływu głębokiej termomodernizacji, przykładowego budynku użyteczności publicznej w polskich warunkach klimatycznych, na jego stan energetyczny. Zwiększanie efektywności energetycznej obiektów użyteczności publicznej może przynieść wiele pozytywnych rezultatów. Oprócz tych oczywistych, jak zmniejszenie zapotrzebowania budynku na energię czy redukcja emisji gazów cieplarnianych, jest także możliwość dawania dobrego przykładu zarządcom i właścicielom pozostałych budynków jednorodzinnych, wielorodzinnych i innych, które również mogą być efektywne energetycznie.

W analizowanym budynku zastosowano większość znanych i możliwych do przeprowadzenia modernizacji, w tym modernizację instalacji c.o. i c.w.u., ocieplenie ścian zewnętrznych, ocieplenie stropodachu, wymianę okien i drzwi oraz modernizację instalacji wentylacji. Przeprowadzając ww. działania, należy rozważyć modernizację instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej wraz z zastosowaniem instalacji kolektorów słonecznych, ponieważ modernizacja ta, szczególnie w obiektach o dużym zapotrzebowaniu na energię na przygotowanie c.w.u. w dziennych godzinach pracy, jak ma to np. miejsce w obiektach biurowych, pozwala na widoczne oszczędności energetyczne, ekonomiczne i - co bardzo ważne - ekologiczne. Wraz z rozwojem energetyki odnawialnej działania takie będą coraz powszechniej stosowane. Odpowiednio wybrane działania mogą przynieść oszczędność energii końcowej w budynku nawet o 73% w stosunku do stanu istniejącego.

LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU z 2013 r., poz. 1409 z późn. zm.

- [3] 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, DzU z 2015 r., poz. 376.
- [4] PN-B-01706:1992, Instalacje wodociągowe - Wymagania w projektowaniu.

THERMOMODERNIZATION OF A SAMPLE PUBLIC BUILDING WHICH IS LOCATED IN POLISH CLIMATE CONDITIONS

In this article, we can see an attempt to improve public building to current national standards. To achieve the set goals, it was necessary to determine the technical condition of the building in terms of thermal insulation of divisions, status of the internal heating systems with a heating source. Then, there were proposed the solutions of thermomodernization which will reduce the energy demand. From this solutions the optimal variant was selected. Author analysed variants with an insulation on the external wall, flat roof, replacement of windows and doors, modernization the heating system and the installation of domestic hot water. In addition, variant with solar panels was analysed. The results confirm that the selection of appropriate modernization activities can reduce the consumption of the building's energy by up to 73% compared to the existing one. The building was modeled in the Audytor OZC 6.5 Pro software. Part of the calculation was also performed using the RETScreen 4 software and Microsoft Office Excel 2007. The results were presented in the article.

Keywords: thermomodernization, public building, energy efficiency