

UZYSKANIE STANDARDU PASYWNEGO



mgr inż. Mateusz Pankanin

ORCID: 0000-0002-2255-5539

dr inż. Marcin Szczepański

ORCID: 0000-0001-6049-2391

**Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska**

W obecnych czasach budynki są odpowiedzialne za około 40% zużycia energii nieodnawialnej, dlatego zaczęto dążyć do uzyskania spadku zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Elementem umożliwiającym wystawienie oceny parametrom energooszczędności budynku są wskaźniki charakterystyki energetycznej zawarte w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*. Uzyskane w ten sposób rezultaty podlegają kontroli zgodności względem wymagań technicznych.

Wymogi dla przegród budowlanych są ciągle zaostrzane. W świetle obowiązujących przepisów dotyczących klasy energetycznej budynków można wyróżnić następujące rodzaje obiektów ze wskazaniem zapotrzebowania na energię potrzebną do ich ogrzewania: budynek standardowy – 120 kWh/(m²·rok), budynek energooszczędny – 60 kWh/(m²·rok), budynek wysoko energooszczędny – 30 kWh/(m²·rok) oraz budynek pasywny – 15 kWh/(m²·rok).

Aby doprowadzić do maksymalizacji zysków energetycznych i ograniczenia strat ciepła, przegrody nieprzezroczyste budynku powinny charakteryzować: współczynnik przenikania ciepła U dla ścian zewnętrznych – mniejszy niż 0,15 W/(m²·K), redukcja mostków cieplnych, ciągłość powłoki zapewniającej szczelność oraz – w przypadku istnienia balkonów – zaprojektowanie ich jako konstrukcji wolnostojącej lub podwieszonych elementami stalowymi, powiązanych z budynkiem jedynie przy pomocy punk-

Celem artykułu jest ocena budynku mieszkalnego w zabudowie bliźniaczej w świetle obowiązujących przepisów dotyczących energooszczędności oraz analiza czasów i kosztów jego wykonania w dwóch wariantach klasy energetycznej, w tym w standardzie pasywnym.

towego mocowania. Z kolei przegrody przezroczyste budynku będą definiować: współczynnik przenikania ciepła U dla ram i przeszkleń – poniżej 0,8 W/(m²·K), wkładka termiczna w ramie okiennej, szyby zespolone z potrójnym szkleniem, powłoka niskoemisyjna, szczelność na poziomie ponad 50%, zapewniona przez uszczelki dobrej jakości i odpowiedni montaż okien oraz osadzenie okna w sposób wysunięty maksymalnie na zewnątrz, w warstwę termoizolacji. Kształtując architekturę, najczęściej tworzy się zwartą i prostą bryłę, gdyż taka korzystna proporcja przegród zewnętrznych do kubatury niweluje straty ciepła przez przegrody. Okna w budynku koncentruje się od strony południowej oraz zachodniej w celu uzyskania jak największych zysków ciepła od promieniowania słonecznego. W okresie letnim przed możliwym przegrzaniem budynku chronią elementy ocieniające, takie jak markizy, okapy czy balkony. Pomocny może okazać się również projekt zieleni.

Charakterystyka inwestycji

Przedmiotem analizy jest budynek mieszkalny 1-kondygnacyjny z poddaszem użytkowym, w zabudowie bliźniaczej, o konstrukcji tradycyjnej, niepodpiwniczony. Składa się on z 2 części mieszkalnych oraz 2 nieogrzewanych garaży. Rzut parteru, rzut poddasza użytkowego oraz przekrój pionowy przedstawiono na rysunkach 1–3. Teren objęty opracowaniem jest równy, porośnięty trawą i nie ma na nim drzew.

Budynek będzie się znajdował w Białymstoku. Miasto leży w 4. strefie śniegowej i 2. wiatrowej, na wysokości 140 m n.p.m., na terenie IV kategorii oraz w V strefie klimatycz-

nej. Drzwi wejściowe umieszczono od strony południowej. Przy planowaniu ustawienia budynku kierowano się zasadą, według której najbardziej efektywne wykorzystanie naturalnej energii słonecznej można uzyskać, umieszczając salon z oknami od południa. Od północy i wschodu ograniczono ich liczbę. Projektowany dom rozpatrzono w kilku wariantach. Pierwszy wykonano w technologii budownictwa tradycyjnego, spełniając surowe, coraz ostrzejsze wymogi cieplne dla budynków jednorodzinnych. Kolejne warianty wprowadzają stopniowo termomodernizację pierwszego, dążąc w kierunku osiągnięcia klasy budynku pasywnego. Każdy rodzaj modernizacji wpływał na poszczególne parametry cieplne budynku, co zostało wykazane w artykule. Na skutek symetrii budynku oraz braku otworów okiennych i drzwiowych po stronie wschodniej oraz zachodniej przeanalizowano jedną z dwóch części mieszkalnych bliźniaka, traktując ją jako jedyną strefę ogrzewaną w budynku. W efekcie uzyskane wyniki obliczeń cieplnych budynku w kolejnych wariantach można traktować łącznie dla obu niezależnych części mieszkalnych.

Obliczenia

Jako pierwszą wykonano charakterystykę energetyczną budynku. W obliczeniach nie zawarto poprawki uwzględniającej łączniki w przegrodach. Grubości warstw ścian, stropodachu i płyty podłogowej oraz przyjęte współczynniki pokazano w tabelach 1–3. W tabeli 4. pokazano powierzchnie.

Na podstawie powyższych wyników stwierdzono, że straty ciepła przez przenikanie są kilkukrotnie większe niż przez wentylację, co zobrazowano na rysunku 4.

Na podstawie przyjętych założeń oraz wykonanych obliczeń otrzymano zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie i wentylację – $EU_H = 48,47 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, zapotrzebowanie na energię końcową na ogrzewanie i wentylację – $E_{KH} = 82,93 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, zapotrzebowanie na energię końcową na ciepłą wodę użytkową – $E_{KW} = 47,71 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, natomiast zapotrzebowanie na energię końcową dla urządzeń pomocniczych – $E_{K_{el,pom}} = 4,71 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$.

Termomodernizacja

Przeanalizowano 6 wariantów termomodernizacji budynku:

- I – docieplenie płyty podłogowej,
- II – likwidacja mostków cieplnych od okien i drzwi,
- III – wymiana stolarki okiennej,
- IV – suma wariantów I–III,
- V – dodanie do wariantu IV wentylacji nawiewno-wywiewnej z rekuperacją,
- VI – wymiana kotła na pompę ciepła wg danych z etapu V.

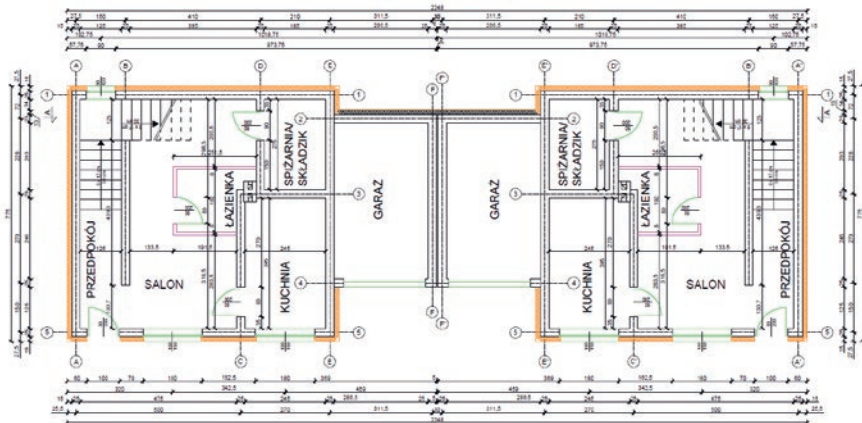
W wariantcie I w celu polepszenia izolacji termicznej płyty podłogowej od strony wewnętrznej budynku, docieplono ją warstwą styroduru o grubości 12 cm. Współczynnik przenikania ciepła U wyniósł $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Wyznaczono zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie i wentylację oraz energię końcową na ogrzewanie i wentylację w sposób analogiczny jak dla wariantu podstawowego, tzn.: $EU_H = 46,25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, $E_{KH} = 79,14 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$.

Jako drugie rozwiązanie przyjęto likwidację mostków cieplnych od okien i drzwi bez uwzględnienia docieplenia płyty z wariantu I. W efekcie wyznaczono zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie i wentylację oraz energię końcową na ogrzewanie i wentylację w sposób analogiczny do wariantów poprzednich: $EU_H = 43,76 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, $E_{KH} = 74,88 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$.

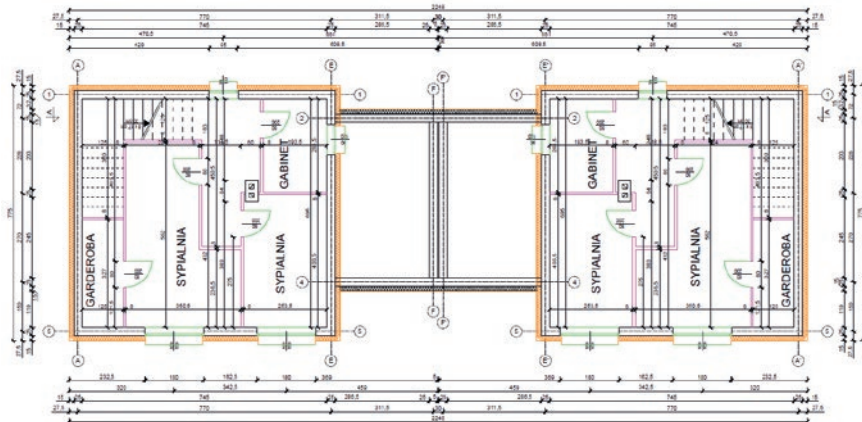
Trzecią propozycją termomodernizacji budynku była wymiana stolarki okiennej i drzwiowej. Zdecydowano się zastosować okna oraz drzwi MB-104 Passive firmy Aluprof o współczynnikach U_g równych kolejno $0,53 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ i $0,44 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. W efekcie uzyskano następujące wyniki: $EU_H = 44,63 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, $E_{KH} = 76,35 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$.

Kolejny wariant wykorzystuje zmiany wprowadzone w wariantach I–III w jednej konfiguracji, tzn. jednocześnie docieplono płytę podłogową 12 cm styroduru, usunięto mostki termiczne od okien i drzwi oraz wymieniono stolarkę okienną i drzwiową przy zastosowaniu okien oraz drzwi MB-104 Passive firmy Aluprof. Wówczas otrzymano następujące wyniki: $EU_H = 37,84 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$, $E_{KH} = 64,73 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$.

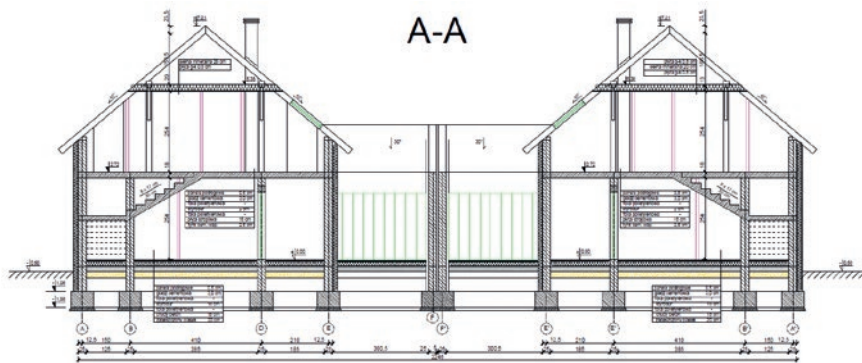
Następnym rozwiązaniem było dodanie systemu wentylacji nawiewno-wywiewnej. Straty ciepła przez przenikanie uległy zna-



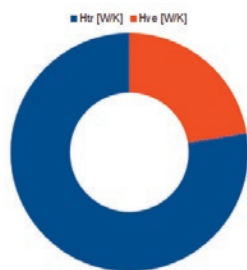
Rys. 1. Rzut typowej kondygnacji parteru



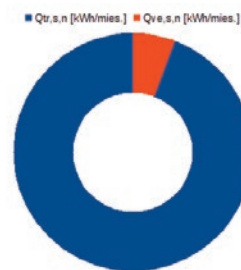
Rys. 2. Rzut poddasza użytkowego



Rys. 3. Przekrój pionu



Rys. 4. Porównanie strat ciepła przez przenikanie ze stratami przez wentylację w wariantcie podstawowym



Rys. 5. Porównanie strat ciepła przez przenikanie ze stratami przez wentylację dla wariantu V

czącej zmianie, natomiast nadal są kilkukrotnie większe niż przez wentylację. Obserwacja widoczna na rysunku 5.

Adekwatnie wyznaczono zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie i wentylację oraz energię końcową na ogrzewanie i wentylację: $EU_H=22,98$ kWh/(m²·rok), $EK_H=39,31$ kWh/(m²·rok). Ostatni z wariantów zakładał wzbogacenie wariantu V o pompę ciepła. Analogicznie uzyskano zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie i wentylację oraz energię końcową na ogrzewanie i wentylację wynoszącą: $EU_H=22,51$ kWh/(m²·rok), $EK_H=9,02$ kWh/(m²·rok).

Koszty

Jako bazę cenową wykorzystano cennik dla KNR z I kwartału 2019 r. Zysk przyjęto na poziomie 10%. Wartość doprowadzenia domu do stanu deweloperskiego w wariantcie podstawowym wyniosła 1423583,53 zł. Wartość doprowadzenia domu do stanu deweloperskiego w wariantcie końcowym wyniosła 1744542,16 zł.

Harmonogram

W harmonogramie przyjęto następujące założenia:

- czas pracy zaplanowano na 10 godzin dziennie od poniedziałku do piątku,
- w drugim harmonogramie założono rozpoczęcie prac termomodernizacyjnych od razu po zakończeniu czynności wspólnych dla obu harmonogramów.

Otrzymano następujące czasy etapów budowy:

- stan surowy otwarty – 13 miesięcy,
- stan surowy zamknięty – 0,5 miesiąca,
- stan wykończeniowy – 3,5 miesiąca,
- termomodernizacja – 2 miesiące.

Czas budowy w wariantcie podstawowym wyniósł 391, a w wariantcie końcowym – 445 dni roboczych. Wartości przyjęto na podstawie sporządzonego harmonogramu liniowego.

Wyniki badań oraz wnioski

Zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie i wentylację EU_H oraz na energię końcową na ogrzewanie EK_H dla kolejnych wariantów przedstawiono na rysunku 6.

Wartość wskaźnika zapotrzebowania na ogrzewanie i wentylację maleje po każdej z modyfikacji, przy czym gwałtowny spadek następuje po dodaniu systemu wentylacji nawiewno-wywiewnej na etapie V. Wartość energii końcowej na ogrzewanie maleje w sposób tożsamy. Otrzymane w niniejszym artykule wyniki wskazują jednak, że o ile termomodernizacja budynku wyraźnie zmniejszyła wartości ww. energii, to nie udało się osiągnąć klasy budynku pasywnego, gdyż zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji EU_H ostatecznie wynosi 22,51 kWh/(m²·rok), czyli o 50% więcej niż wymagane 15 kWh/(m²·rok). Koszty cał-

Tab. 1. Grubości warstw i współczynniki przewodzenia ciepła ścian zewnętrznych budynku
Wartość współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę wyniosła $U = 0,13$

Material	Grubość warstwy d [cm]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m*K)]
beton komórkowy	24	0,10
styropian grafitowy	15	0,031
cegła wapienno-piaskowa	12	0,81

Tab. 2. Grubości warstw i współczynniki przewodzenia ciepła stropodachu budynku
Wartość współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę wyniosła $U = 0,13$

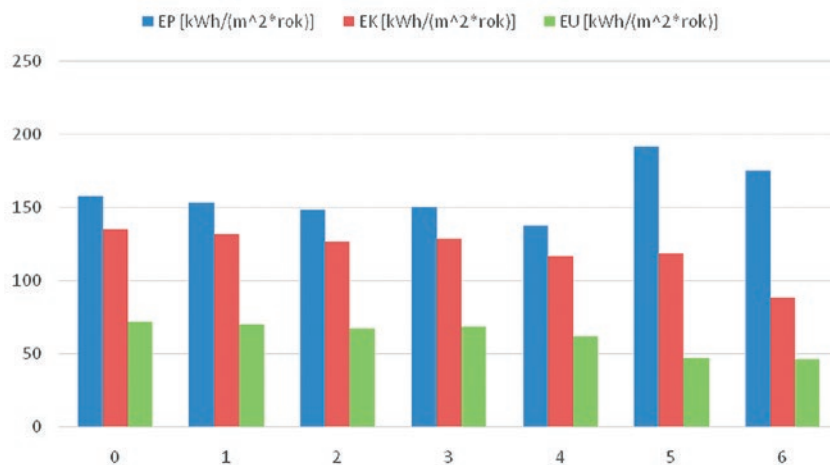
Material	Grubość warstwy d [cm]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m*K)]
włna mineralna	20	0,03
2 x płyta g-k	13	0,17

Tab. 3. Grubości warstw i współczynniki przewodzenia ciepła płyty podłogowej
Wartość współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę wyniosła $U = 0,15$
W efekcie wartości współczynników przenikania ciepła dla ww. przegród spełniają obowiązujące wymagania [8]

Material	Grubość warstwy d [cm]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m*K)]
panele podłogowe	0,5	0,20
gładź cementowa	3	1,00
2 x folia PE	0,4	0,50
styrodur	18	0,04
beton niekonstrukcyjny	30	0,40

Tab. 4. Powierzchnie elementów budynku

Element	A [m ²]
okna	14,04
drzwi zewnętrzne	1,6
ściany zewnętrzne	140,58
dach	33,36
strop nad poddaszem użytkowym	31,97
podłoga na gruncie	59,23



Rys. 6. Wartości rocznego zapotrzebowania na ogrzewanie i wentylację EU_H oraz na energię końcową na ogrzewanie EK_H dla wszystkich wariantów

kowite dla wariantu podstawowego są o 23% wyższe od kosztów wariantu końcowego, zaś bezpośrednie – o 25%. Stan surowy wyceniono na tę samą kwotę, stan surowy zamknięty – drożej o 25% dla wariantu końcowego, zaś stan wykończeniowy – o 21%.

Wariant początkowy i końcowy wybudowania domu różnią się wykonaniem dodatkowych prac po zrealizowaniu całego wariantu pierwotnego. Przeprowadzenie czynności termomodernizacyjnych dla domu doprowadzonego najbliżej klasy budynku pasywnego zajęło ponad 2 miesiące. Elementem naj-

bardziej czasochłonnym była rozbiórka i docieplenie posadzki. W skali trwania całej budowy domu w technologii tradycyjnej wykonanie pełnej termomodernizacji zajęłoby niemal 12% czasu dodatkowego, co przy użytych parametrach wydaje się zasadne.

Podsumowując, aby w pełni zobrazować zasadność podwyższenia klasy energooszczędności budynku, należałoby przeprowadzić analizę cyklu jego życia. Obliczenia kosztowe pozwalają jedynie określić koszt poniesiony przez Inwestora na wybudowanie obiektu w technologii tradycyjnej oraz jego

termomodernizacji podnoszącej klasę energetyczną. Finalnie budowę domu pasywnego należy planować już na etapie projektowania. W analizowanym przykładzie wyraźnie widać, że koszty termomodernizacji związane z dostosowaniem do standardu pasywnego są bardzo wysokie i nie zawsze prowadzą do uzyskania założonego efektu. ■

DOI: 10.5604/01.3001.0013.5359

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Pankanin Mateusz, Szczepański Marcin, 2019, Uzyskanie standardu pasywnego, Builder 268 (11). DOI: 10.5604/01.3001.0013.5359

Bibliografia

- [1] Klemm Piotr, Budownictwo ogólne. Tom 2. Fizyka budowli, Arkady, Warszawa 2015.
- [2] Laskowski Leszek, Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
- [3] Alsabry Abdrahman, Fizyka Budowli. Wybrane zagadnienia, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2008.
- [4] Ickiewicz Irena, Sarosiek Wiesław, Ickiewicz Jerzy, Fizyka budowli. Wybrane zagadnienia, Politechnika Białostocka, Białystok 2000.
- [5] Kubik Jan, Podstawy fizyki budowli, Politechnika Opolska, Opole 2008.
- [6] Drylla Andrzej, Praktyczna fizyka ciepła budowli, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2009.

[7] Pogorzelski J.A., Przewodnik po PN-EN ochrony cieplnej budynków, ITB, Warszawa 2003.

[8] 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 dnia 18 marca 2015 r. z późniejszymi zmianami).

Streszczenie: Celem artykułu jest ocena budynku mieszkalnego w zabudowie bliźniaczej w świetle obowiązujących przepisów dotyczących energooszczędności oraz analiza czasów i kosztów jego wykonania w dwóch wariantach klasy energetycznej. W ramach analizy wyliczono bilans strat oraz zysków ciepła, na podstawie którego utworzono wskaźniki charakterystyczne. Następnie zaproponowano rozwiązania pozwalające obniżyć te wskaźniki do poziomu dopuszczalnych według obowiązujących i przyszłych przepisów dla budynków jednorodzinnych pasywnych oraz porównano koszty i czasy realizacji budynku tradycyjnego ze zmodernizowanym w kierunku klasy budynku pasywnego.

Słowa kluczowe: izolacja, termomodernizacja, dom pasywny, budownictwo pasywne, przenikalność cieplna

Abstract: Time and cost analysis of the possibility of obtaining a passive standard of a building on a selected example. The thesis presents the energy performance of a semi-detached house, located in Białystok, in compliance with "Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r." currently in force. The residential building was evaluated in the light of existing legislation concerning thermal protection of buildings, comparing the demand for suitable energy for heating and ventilation with the value characterizing the passive building. Based on these results, the object in question was found to meet the applicable requirements for thermal parameters of the building envelope partitions, but the object was not to meet the applicable requirements for the above-mentioned energy demand for buildings of this class. The thesis also summarizes solutions allowing to approach requirements in the field of thermal protection of passive buildings. Then cost estimates and line schedules were created for variants before thermal modernization and for all thermal modernization stages carried out.

Keywords: insulation, thermo-modernization, passive house, passive building, thermal permeability