

ANALIZA ZASTOSOWANIA PASYWNYCH SYSTEMÓW POZYSKIWANIA ENERGII SŁONECZNEJ W BUDYNKU JEDNORODZINNYM

Beata WILK-SŁOMKA*

* Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: Beata.Wilk-Slomka@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę wpływu zastosowania pasywnych systemów pozyskiwania energii słonecznej na charakterystykę energetyczną budynku jednorodzinne. Wykorzystanie systemu zysków bezpośrednich poprzez zastosowanie okien to najprostsza forma pasywnego pozyskiwania energii promieniowania słonecznego. W analizach rozpatrywano następujące parametry: powierzchnia okien, współczynnik przenikania ciepła okien, rodzaj szklenia, ilość szyb, współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego. Dodatkowo analizowano wpływ zastosowania rolet zewnętrznych na bilans cieplny budynku.

Słowa kluczowe: pasywny system pozyskiwania energii słonecznej, procesy heliologiczne, system zysków bezpośrednich

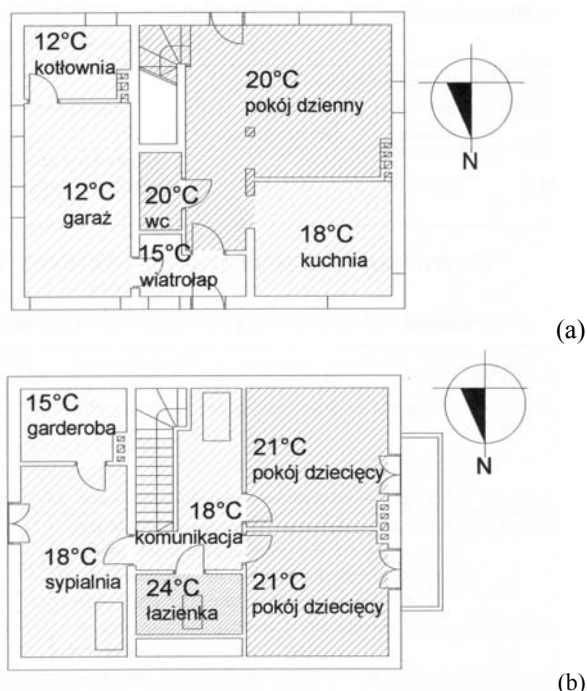
1. WPROWADZENIE

Systemem zysków pasywnych (biernych) określa się takie sposoby wychwytywania, akumulacji i rozdziału zysków ciepła, w których procesy heliologiczne przebiegają bez stosowania mechanicznych urządzeń napędowych. Transport ciepła odbywa się na drodze konwekcji naturalnej, przewodzenia i promieniowania. Istota działania pasywnych systemów wykorzystania energii promieniowania słonecznego polega na przepuszczaniu do wnętrza obiektu promieniowania krótkofalowego przez przezroczyste przegrody, które na napotkanych elementach struktury budynku ulegają konwersji w energię cieplną. Elementy pochłaniające nagrzewając się emitują długofalowe promieniowanie cieplne, które nie jest wypromieniowywane na zewnątrz. Jednym z najprostszyc pasywnych systemów pozyskiwania energii słonecznej jest system zysków bezpośrednich. Pochłanianie, akumulowanie i emitowanie ciepła następuje w obrębie pomieszczenia. Ściany wewnętrzne i stropy są jednocześnie kolektorem, magazynem i emitorem energii cieplnej pozyskanej z promieniowania słonecznego.

Najprostszą formą systemu zysków bezpośrednich pozyskujących energię z promieniowania słonecznego jest zastosowanie przezroczystych przegród – okien. Okna pełnią kilka funkcji: przede wszystkim stanowią źródło światła dziennego, umożliwiają infiltrację/ekstrakcję powietrza zapewniając odpowiednią ilość powietrza do wentylacji pomieszczeń, oraz wpływają na zapotrzebowanie energetyczne budynku. W przypadku stosowania systemu zysków bezpośrednich okna od strony południowej powinny być jak największe. Należy jednak pamiętać, iż odpowiednie doświetlenie pomieszczeń nie powinno kolidować z ochroną przed nadmiernymi stratami ciepła pomieszczeń ogrzewanych w okresie sezonu grzewczego oraz ochroną przed przegrzewaniem pomieszczeń, wywołanym nadmiernymi zyskami ciepła od promieniowania słonecznego w okresie letnim [2], [3].

2. PRZEDMIOT ANALIZY

Przedmiotem pracy jest budynek mieszkalny jednorodzinny, niepodpiwniczony, parterowy z poddaszem użytkowym, zlokalizowany w Katowicach, przeznaczony dla czterech osób. Budynek zaprojektowany został na rzucie prostokąta o wymiarach 11,3x8,6 m; wykonany w technologii tradycyjnej murywanej; przykryty dwuspadowym dachem o kącie nachylenia 45°; dach przykryty dachówką ceramiczną. Współczynnik kształtu budynku wynosi $A/V_e=0,82 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ – bryła średnio zwarta zgodnie z klasyfikacją przedstawioną w pracy [4]. Układ funkcjonalny charakteryzuje się wyraźnie wydzieloną strefą dzienną i nocną. Układ pomieszczeń został dokonany przy zastosowaniu strefowania pomieszczeń – pomieszczenia najcieplejsze zostały usytuowane w centrum, a wokół nich rozplanowano chłodniejsze. Różnica temperatur pomiędzy sąsiednimi pomieszczeniami nie przekracza 8K. Na rys. 1 przedstawiono rzut parteru i piętra przedmiotowego budynku [1].



Rys. 1. Rzut budynku: (a) parter, (b) poddasze [1]
 Fig. 1. Projection of the building: (a) ground floor, (b) attic [1]

W tabeli 1 zestawiono współczynniki przenikania ciepła U dla poszczególnych przegród (wszystkie przegrody spełniają wymagania izolacyjności termicznej zawarte w [5]).

Tabela 1. Współczynniki przenikania ciepła przegród budynku
 Table 1. Heat transfer coefficients of building partitions

Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła U [W/m ² K]
podłoga na gruncie	0,32
ściana zewnętrzna	0,26
strop nad poddaszem	0,23
dach	0,23
okna i drzwi z profili 3-komorowych, PCV, szklenie szybą podwójną	1,60
drzwi zewnętrzne wejściowe	2,00

- Zestawienie powierzchni [1]:
- powierzchnia całkowita: 193,36 m²
 - powierzchnia użytkowa: 146,90 m²
 - powierzchnia użytkowa ogrzewana: 124,40 m²
 - kubatura brutto: 608,20 m³
 - kubatura ogrzewana brutto: 491,20 m³.

Obliczenia zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną przeprowadzono zgodnie z procedurą zawartą w [6], dodatkowo przyjęto następujące dane:

- strefa klimatyczna: III;
- c.o., c.w.u.: kocioł 2-funkcyjny gazowy;
- wentylacja: grawitacyjna.

Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną dla budynku wzorcowego wynosi:

- system grzewczy i wentylacyjny: 191,02 [kWh/m²a];
- system do podgrzania c.w.u.: 40,40 [kWh/m²a],
- wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną: EP = 231,42 [kWh/m²a].

3. METODOLOGIA ANALIZ

W obliczeniach dla wszystkich wariantów przyjęto stałą kubaturę ogrzewaną, współczynnik kształtu, współczynniki przenikania ciepła przegród nieprzezroczystych, liczbę osób oraz instalacje – zgodnie z danymi w punkcie 2.

Pierwszym krokiem analiz była zmiana powierzchni okien w stosunku do obiektu wyjściowego. Dotyczyła ona zmniejszenia powierzchni okien od strony północnej, a zwiększenia od strony południowej. Od strony północnej zmniejszono powierzchnię okien o 13%, natomiast od południowej zwiększono o 60%.

W drugim kroku dla zmienionej powierzchni okien rozpatrzono warianty dotyczące zmiany parametrów okien, m.in.: współczynnika przenikania ciepła okna i szyby, rodzaju szklenia, profilu okna, ilości szyb, współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego – por. tab. 2., grupa G1.

W trzecim kroku przeprowadzono obliczenia dla okien jak dla poprzedniej grupy, wyposażonych dodatkowo w roletę zewnętrzną – por. tab. 2., grupa G2.

Poniżej przedstawiono ogólną charakterystykę wariantów:

- wariant W1: okna o parametrach jak w budynku wzorcowym W0, ale o nowej powierzchni;
- wariant W2÷W4: okna o nowej powierzchni i parametrach jak w tab. 2;
- wariant W5÷W8: okna o nowej powierzchni, parametrach jak w tab. 2 oraz wyposażone w rolety zewnętrzne. Założono, iż rolety będą stanowiły ochronę okresową – pora nocna; wartość dodatkowego oporu cieplnego przyjęto jako wartość średnią dla rolet z tworzywa sztucznego: R_D=0,20 [m²K/W], zgodnie z [4]). W tab. 2 przedstawiono charakterystykę parametrów okien przyjętą w poszczególnych wariantach.

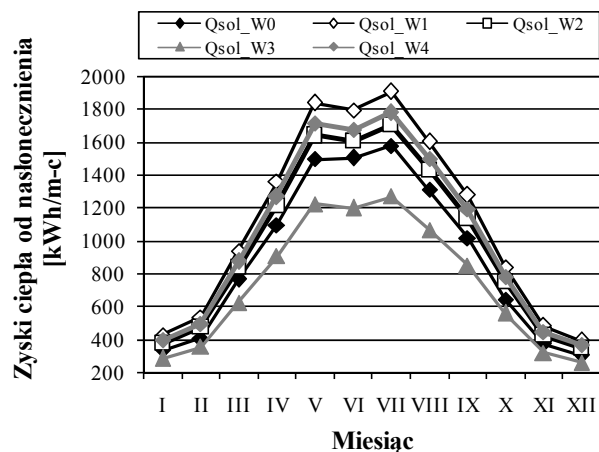
Tabela 2. Parametry okien dla poszczególnych wariantów
Table 2. Window's parameters of individual variants

Grupa G1					
parametr wariant	U_{okna}	rodzaj szklenia	ilość szyb	profil okna	g
W1	1,6	zwykłe	dwie	3-komorowy uszczelnienie zewnętrzne	0,75
W2	1,4	jedna powłoka selektywna	dwie	5-komorowy PCV	0,67
W3	0,9	dwie powłoki selektywne	trzy	5-komorowy PCV, wkładka termiczna	0,5
W4	1,25	zwykłe	trzy	5-komorowy PCV, wkładka termiczna	0,7
Grupa G2					
wariant	W5	W6	W7	W8	
U_{okna}	1,2	1,1	0,86	0,95	

4. WYNIKI OBLICZEŃ

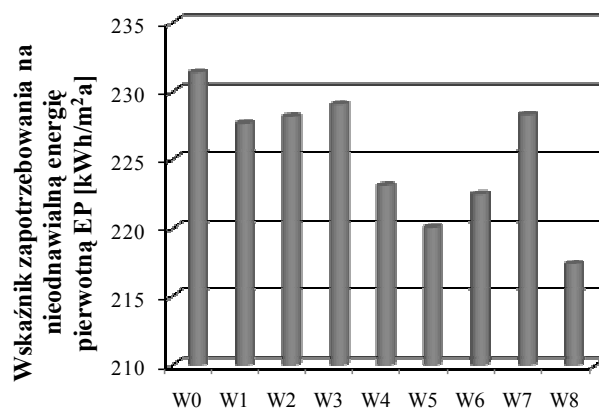
Dla poszczególnych wariantów (W1÷W8) przeprowadzono analizę zysków ciepła od nasłonecznienia, zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną oraz zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji. Na rys. 2÷4 przedstawiono wybrane wyniki obliczeń.

Zmiana powierzchni okien zgodnie z opisem w punkcie 2, spowodowała wzrost zysków ciepła od nasłonecznienia o ok. 24% w porównaniu do wariantu W0. Największymi zyskami ciepła od nasłonecznienia w ujęciu miesięcznym, jak i rocznym charakteryzuje się wariant W1 (okna standardowe). Najmniejsze zyski ciepła od Słońca uzyskano dla wariantu W3. Wartości zysków ciepła od Słońca w okresie miesięcznym i rocznym są stałe dla wszystkich wariantów. Zastosowanie rolet w porze nocnej nie wpływa na wartość zysków ciepła od nasłonecznienia.

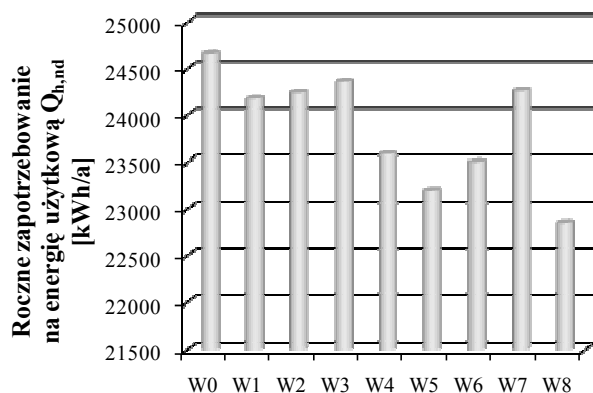


Rys. 2. Miesięczne zyski ciepła od nasłonecznienia
Fig. 2. Monthly solar heat gains

Zmiana powierzchni okien pozwoliła na uzyskanie zmniejszenia zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną w odniesieniu do budynku wzorcowego o ok. 1,6% (W1). Po wprowadzeniu kolejnych modyfikacji w postaci zmniejszenia wartości współczynnika przenikania ciepła okna, rodzaju szklenia, profilu okna, współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego (por. tab. 2) wskaźnik EP zmniejszył się maksymalnie o 3,6% w odniesieniu do budynku wzorcowego. Najmniejsze zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną wśród grupy rozwiązań okien bez rolet zewnętrznych (W1÷W4) otrzymano dla wariantu W4 – wskaźnik EP = 227,65 [kWh/m²·a]. Po zastosowaniu dodatkowej ochrony okresowej (noc) w postaci rolet zewnętrznych wartość wskaźnika EP zmniejszyła się 6,1% w odniesieniu do budynku wzorcowego. Analizując wyniki obliczeń w drugiej grupie – okna z roletami zewnętrznymi (W5÷W8), najmniejszą wartością wskaźnika EP charakteryzuje się wariant W8: EP = 217,36 [kWh/m²·a].



Rys. 3. Zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną
Fig. 3. Demand for nonrenewable primary energy



Rys. 4. Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji

Fig. 4. Annual demand of usable energy for heating and ventilation

Zastosowanie rolet zewnętrznych, niezależnie od parametrów okna, wpływa na zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji. W najkorzystniejszym wariantcie - W8, wartość ta maleje o ok. 7,5% w odniesieniu do budynku wzorcowego. Po zastosowaniu rolet można zaobserwować spadek rocznego zapotrzebowania na energię użytkową w przedziale 0,5÷4% w odniesieniu do odpowiadającego wariantu bez rolet, czyli np.: dla wariantu W5 wartość $Q_{h,nd}$ zmniejszyła się o 4% w porównaniu do wariantu W1. Rozpatrując poszczególne grupy rozwiązań:

- grupa G1: najniższą wartość $Q_{h,nd}$ otrzymano dla W4,
- grupa G2: najniższą wartość $Q_{h,nd}$ otrzymano dla W8.

Analizując wszystkie warianty jednocześnie, najniższym zapotrzebowaniem na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji charakteryzuje się wariant W8.

W ujęciu miesięcznym można zaobserwować:

- grupa G1:
 - miesiące I, II, XII: najniższe zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_{h,nd}$ otrzymano dla W3;
 - miesiące III, IV, X, XI: najniższe zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_{h,nd}$ otrzymano dla W4;
 - miesiące V, IX: najniższe zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_{h,nd}$ otrzymano dla W1;
- grupa G2:
 - miesiące I÷III, X÷XII: najniższe zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_{h,nd}$ otrzymano dla W8;
 - miesiące IV, V, IX: najniższe zapotrzebowanie na energię użytkową $Q_{h,nd}$ otrzymano dla W5.

5. PODSUMOWANIE

Poszukiwanie oszczędności energetycznych wiąże się z jednej strony z ograniczeniem strat ciepła, a z drugiej efektywnym pozyskaniem i wykorzystaniem energii ze źródła

wiska naturalnego. Ważną rolę w tym procesie powinny odgrywać pasywne systemy pozyskiwania energii słonecznej. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie systemu zysków bezpośrednich poprzez dobór okien o odpowiedniej powierzchni w zależności od orientacji budynku względem stron świata, współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego oraz współczynnika przenikania ciepła. Udział zysków słonecznych w bilansie cieplnym budynku zależy od rodzaju, właściwości i wielkości komponentów pełniących w budynku funkcję pasywnego kolektora energii. Stosowanie okien z powłokami selektywnymi pozwala na zmniejszenie strat ciepła, ale jednocześnie przyczynia się do zmniejszenia zysków ciepła od energii słonecznej. Optymalne zatem rozwiązanie w przypadku powyższych rozważań zdaniem autorki stanowi wariant W4, który charakteryzuje się następującymi parametrami: $U_{okna}=1,25$ [W/m²K]; $g=0,7$; szklenie zwykłe; ilość szyb 3; profil okna 5-komorowy PCV z wkładką termiczną.

ANALYSIS OF USING PASSIVE SOLAR ENERGY SYSTEMS AT SINGLE-FAMILY BUILDING

Summary: In the article an analysis of using passive solar systems at the single-family building was described. Using the direct heat gain system by the windows usage is the easiest form of passive solar system. The solar heat gain depends on: the surface of windows, the coefficient of windows and glass heat transfer, the type of glazing, the kind of window's profile and the permeability of the solar radiation coefficient. Additionally, the influence of using roller blind on the heat balance of the building was being analysed. An important problem, which we must consider during deliberations of using passive solar systems is the overheating rooms.

Literatura

- [1] Adamowicz W.: Analiza celowości i zakresu zastosowania pasywnych systemów pozyskiwania energii słonecznej w budynku jednorodzinnym. Rozprawa magisterska, Gliwice 2010
- [2] Chwieduk D., Laskowski L., Wnuk R.: Budynki i ich elementy do uzysku i akumulacji energii cieplnej ze źródeł odnawialnych promieniowania słonecznego i ciepła powierzchniowych warstw gruntu. Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa 1990.
- [3] Idczak M., Firląg S.: Okna w budynkach pasywnych-funkcje, wymagania, bilans energetyczny, komfort cieplny. Świat szkła, nr 7, 8/2006
- [4] Laskowski L.: Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008
- [5] Rozporządzenie MI, DzU Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami
- [6] Rozporządzenie MI, DzU Nr 201, poz. 1240 z późniejszymi zmianami