

Beata WILK*
Politechnika Śląska

ANALIZA PORÓWNAWCZA WYBRANYCH MODELI UKŁADÓW ŚCIANOWYCH Z IZOLACJĄ TRANSPARENTNĄ

Streszczenie. W artykule podjęto próbę sporządzenia bilansu cieplnego oraz określenia sprawności chwilowej pozyskiwania energii słonecznej wybranych przegród z izolacją transparentną w warunkach klimatu lokalnego. W referacie rozpatrywano przykładowe rozwiązanie systemów pasywnego i hybrydowego z izolacją transparentną. Rozważania przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów prowadzonych w okresie VII-XII 2006 r., na stanowisku badawczym Zakładu Budownictwa Ekologicznego Katedry Procesów Budowlanych Politechniki Śląskiej.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CHOSEN MODELS OF WALL SYSTEM WITH TRANSPARENT INSULATION

Summary. In the following article an effort to make thermal balance and temporary efficiency to get solar energy in chosen walls with transparent insulation in local climate conditions is taken. In this paper exemplary solution of passive and hybrid system with transparent insulation is considered. Deliberation is made based on results of researches taken from VII to XII. 2006 on the research stand of Department of Building Processes of Silesian University of Technology.

1. Wprowadzenie

Izolacja transparentna (TI) jest komponentem wykorzystującym energię promieniowania słonecznego w budownictwie. Idea jego funkcjonowania jest prosta. Promieniowanie słoneczne przedostając się przez transparentny materiał trafia na czarną powierzchnię absorbera. Na powierzchni absorbera dokonuje się zamiana energii promieniowania

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Jan Ślusarek, prof. w Politechnice Śląskiej.

słonecznego na ciepło, które jest magazynowane w masywnej przegrodzie. Pozyskane w ten sposób ciepło pozostaje wewnątrz przegrody, a następnie jest przekazywane do pomieszczenia na drodze przewodzenia [3], [4]. Możliwości zastosowania izolacji transparentnej w przegrodach są bardzo szerokie. Systemy, w których można zastosować izolacje transparentne możemy podzielić na trzy podstawowe grupy: pasywne, aktywne oraz hybrydowe. Systemy pasywne pozyskują i przekazują ciepło bez wykorzystania dodatkowej energii, w przeciwieństwie do systemów aktywnych, w których przebieg procesów cieplnych wspomagany jest przez inne źródła. Systemy hybrydowe, łączące zalety rozwiązań pasywnych i aktywnych, znajdują się na etapie badań i nie są jeszcze szeroko rozpowszechnione [2], [5], [6], [7]. W referacie analizowano przykładowe rozwiązanie systemów pasywnego oraz hybrydowego.

2. Charakterystyka analizowanych układów ścianowych

W referacie analizowano dwa układy ścianowe z izolacją transparentną. Układ 1 (P1) składa się z następujących warstw: muru z cegły betonowej prasowanej o grubości 25 cm, węzownicy z rur miedzianych o średnicy $\varnothing 15$ mm, ułożonej w warstwie tynku cementowo-wapiennego o grubości 2 cm, czarnego tynku o podwyższonych właściwościach absorpcyjnych, izolacji transparentnej o strukturze kapilarnej, o grubości 10 cm. Wężownica jest wypełniona niezamarzającą cieczą, która "krąży" w układzie przegroda – zbiornik akumulujący.

Układ drugi (P2) to typowe rozwiązanie biernego systemu wykorzystania energii promieniowania słonecznego. Złożony jest on z następujących warstw: muru z cegły betonowej prasowanej o grubości 38 cm, czarnego tynku o podwyższonych właściwościach absorpcyjnych, izolacji transparentnej o strukturze kapilarnej, o grubości 10 cm.

Prowadzona była rejestracja temperatury powietrza zewnętrznego i powietrza wewnętrznego, na granicy poszczególnych warstw przegrody, natężenia całkowitego promieniowania słonecznego, padającego na przegrodę pionową, gęstości strumienia ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody oraz temperatury cieczy w węzownicy na zasilaniu i powrocie układu. Pomiar tych wielkości był ciągły, a rejestracja odbywała się z krokiem czasowym wynoszącym 1 godzinę. Aparatura pomiarowa, która została wykorzystana na stanowisku badawczym to: półprzewodnikowe czujniki temperatury – typ DS 2438, czujniki gęstości strumienia ciepła – typ MG-3, – solarymetr typ SP LITE oraz cyfrowy system pomiarowy.

3. Bilans cieplny analizowanych układów

Dla analizowanych przegród bilans cieplny przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów prowadzonych w okresie VII-XII 2006 r. i można go ogólnie zapisać w postaci:

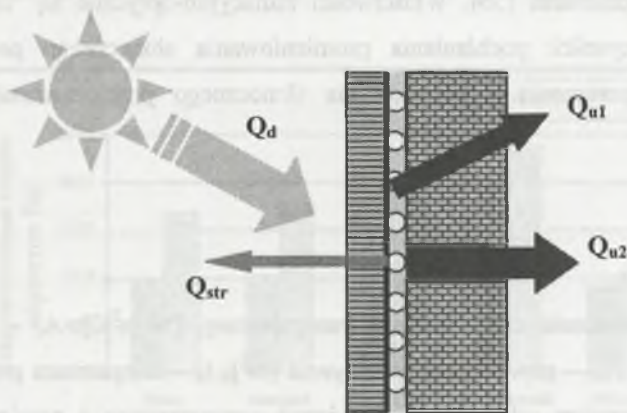
$$Q_u = Q_d - Q_{str}, \quad (1)$$

gdzie:

Q_u – ciepło użyteczne, [W]; Q_{str} – ciepło tracone z układu, [W];

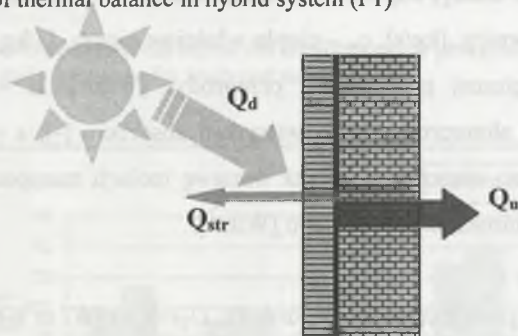
Q_d – ciepło dostarczone do powierzchni przegrody, [W].

Na rys. 1, 2 przedstawiono schemat bilansu cieplnego dla analizowanych przegród.



Rys. 1. Schemat bilansu cieplnego dla przegrody systemu hybrydowego (P1)

Fig. 1. Scheme of thermal balance in hybrid system (P1)



Rys. 2. Schemat bilansu cieplnego dla przegrody systemu pasywnego (P2)

Fig. 2. Scheme of thermal balance in passive system (P2)

Ciepło tracone z układu dla obu przegród można wyznaczyć z równania:

$$Q_{str} = U_{TI} \cdot A_c \cdot (t_a - t_e) \quad (2)$$

Dla przegrody P1 na dostarczone ciepło składają się dwa strumienie, które wyznaczyć można z poniższych wzorów:

$$Q_{uP1} = Q_{u1} + Q_{u2} \quad (3)$$

$$Q_{u1} = m \cdot c_w \cdot (t_z - t_p) \quad (3a)$$

$$Q_{u2} = A_c \cdot q_1 \quad (3b)$$

Dla przegrody P2 ciepło dostarczone wyznaczyć można z następującego wzoru:

$$Q_{uP2} = A_c \cdot q_2 \quad (4)$$

W obliczeniach rozważano dwa przypadki wyznaczenia ilości ciepła dostarczonego do przegrody: bez uwzględnienia właściwości radiacyjno-optycznych izolacji transparentnych (5a) oraz z ich uwzględnieniem (5b). Właściwości radiacyjno-optyczne są "charakteryzowane" przez współczynniki: pochłaniania promieniowania słonecznego powierzchni absorbera α oraz przepuszczania promieniowania słonecznego przez warstwę izolacji transparentnej τ .

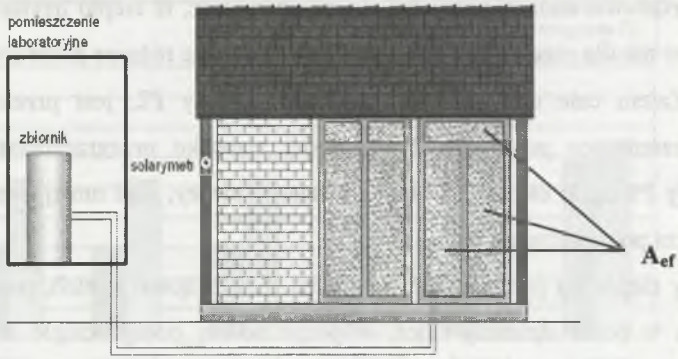
$$Q_{d'} = I_c \cdot A_{ef} \quad (5a)$$

$$Q_{d''} = I_c \cdot A_{ef} \cdot \tau \cdot \alpha, \quad (5b)$$

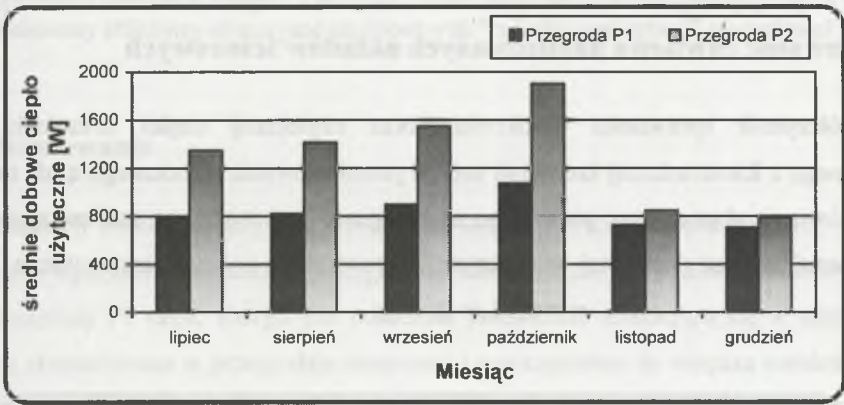
gdzie:

U_{T1} – współczynnik przenikania ciepła izolacji transparentnej, [W/m^2K]; A_c – całkowita powierzchnia przegrody, A_{ef} – powierzchnia efektywna [m^2]; t_a – temperatura powierzchni absorbera, t_i , t_e – temperatura odpowiednio powietrza wewnętrznego i powietrza zewnętrznego, t_z , t_p – temperatura cieczy, odpowiednio na zasilaniu i powrocie, [$^{\circ}C$]; m – strumień masowy cieczy w wężownicy, [kg/s], c_w – ciepło właściwe cieczy, [$J/kg K$]; q – gęstość strumienia ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody, [W/m^2]; α – współczynnik pochłaniania promieniowania słonecznego na powierzchni absorbera [-]; τ – współczynnik przepuszczania promieniowania słonecznego przez warstwę izolacji transparentnej [-]; I_c – natężenie całkowitego promieniowania słonecznego [W/m^2].

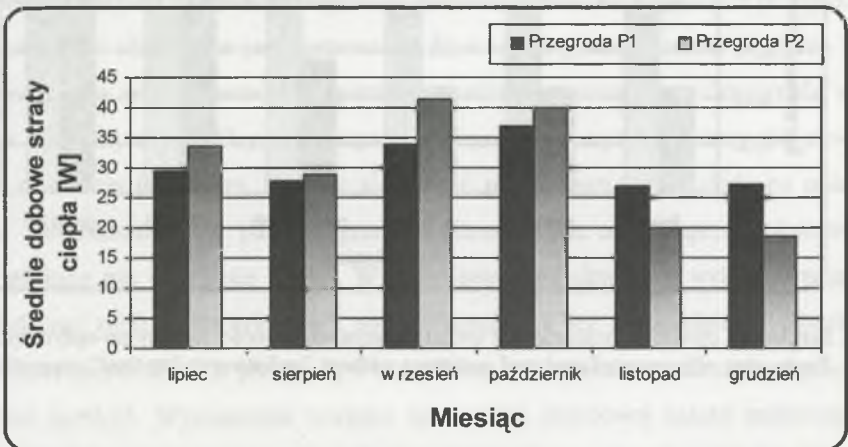
W analizach przyjęto następujące dane: $\tau=0,6$; $\alpha=0,98$; $U_{T1}=1,03$ [W/m^2K]; $A_c=3,12$ [m^2]; $A_{ef}=2,2$ [m^2]; $m=0,096$ [kg/s]; $c_w=4,0$ [$J/kg K$]. Przez powierzchnię efektywną rozumiemy część przegrody pomniejszoną o elementy montażowe, zacinające itp. Na rys. 3 przedstawiono schemat stanowiska badawczego z zaznaczoną powierzchnią efektywną. Wybrane wyniki analiz zostały przedstawione na rys. 4, 5.



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego Katedry Procesów Budowlanych
 Fig. 3. Scheme of research stand of Department of Building Processes



Rys. 4. Średnie dobowe ciepło użyteczne dla analizowanych przegród
 Fig. 4. Average daily heat gain for analyzed partitions



Rys. 5. Średnie dobowe straty ciepła dla analizowanych przegród
 Fig. 5. Average daily heat losses for analyzed partitions

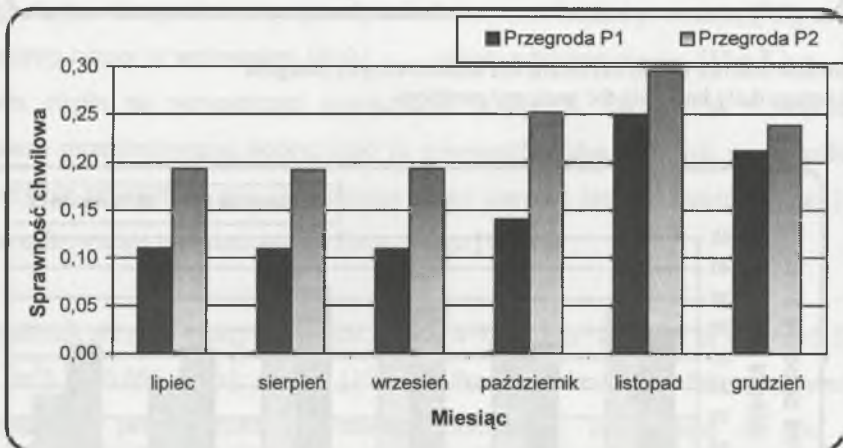
Na podstawie analizy wyników można stwierdzić, iż ciepło użyteczne dla przegrody P1 jest niższe niż dla przegrody P2. Szczególnie widoczne różnice zaobserwowano w miesiącach VII-X. Zatem całe ciepło, w przypadku przegrody P2, jest przekazywane do wnętrza pomieszczenia, co powoduje, że zachodzi zjawisko przegrzewania pomieszczenia. Dla przegrody P1 część ciepła jest akumulowana w cieczy, stąd mniej ciepła jest dostarczanego do wnętrza pomieszczenia.

Straty ciepła dla przegrody P1 są niższe w miesiącach letnich, ponieważ przepływająca, nagrzana w porze dziennej ciecz, w porze nocnej oddaje ciepło do wnętrza przegrody. Natomiast w miesiącach XI-XII ciecz dopływająca do zbiornika ma niższą temperaturę i chłodzi przegrodę. Stąd, w tych miesiącach, wynikać mogą wyższe straty ciepła.

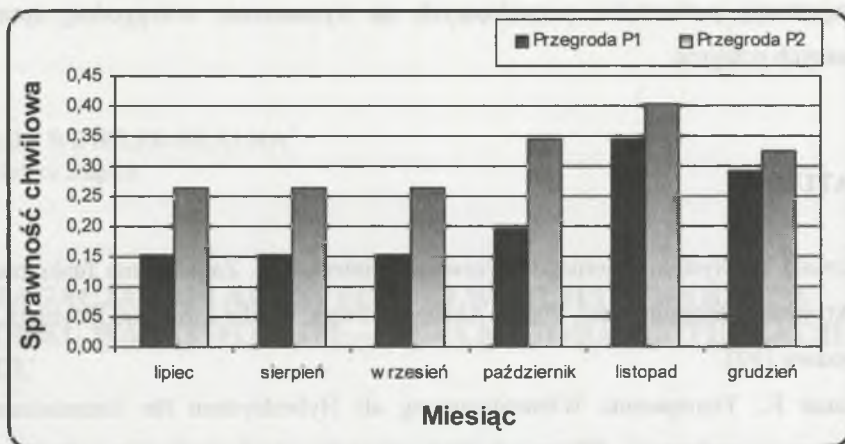
4. Sprawność chwilowa analizowanych układów ścianowych

Współczynnik sprawności η określa iloraz użytecznej części strumienia ciepła pozyskanego z fototermicznej konwersji energii promieniowania słonecznego q_u do natężenia promieniowania słonecznego, padającego na przegrodę I_c , i można go nazwać sprawnością pozyskiwania energii słonecznej. Współczynnik sprawności η wyznaczamy ze wzoru [1]:

$$\eta = q_u / I_c = Q_u / Q_d \quad (6)$$



Rys. 6. Sprawność chwilowa przegród bez uwzględnienia właściwości radiacyjno-optycznych TI
Fig. 6. Temporary efficiency of analyzed partitions without "radiation and optical" properties of TI



Rys. 7. Sprawność chwilowa przegród z uwzględnieniem właściwości radiacyjno-optycznych TI
 Fig. 7. Temporary efficiency of analyzed partitions with "radiation and optical" properties of TI

5. Podsumowanie

Sporządzony bilans energetyczny wykazał, iż badane przegrody "zachowują się" w różny sposób pod wpływem dostarczanej energii słonecznej. Analizy wyników badań wskazują, iż dla przegrody P1 część energii jest odbierana przez ciecz znajdującą się w wężownicy, część jest akumulowana w przegrodzie masywnej i przekazywana do wnętrza pomieszczenia, a część energii ulega rozproszeniu. Uzyskiwane są zarazem niższe temperatury na powierzchni absorbera, dzięki czemu można ograniczyć przegrzewanie pomieszczeń w porze letniej. W okresie jesiennym pomniejszenie ilości energii o ciepło pobrane przez wężownicę nie wpływa ujemnie na warunki panujące w pomieszczeniu. W przypadku przegrody P2 ciepło uzyskane na absorberze jest dostarczane do wnętrza pomieszczenia. W porze letniej obserwować można znaczny wzrost temperatury powietrza wewnątrz pomieszczenia, co jest zjawiskiem niekorzystnym. Uzyskane wyniki wskazują, iż wyższa sprawność chwilowa występuje w okresie jesiennym. Wydaje się to być prawidłowe, ze względu na położenie Słońca na nieboskłonie. Kąt padania promieni słonecznych na przegrodę pionową jest wówczas większy niż w okresie letnim. Wyższą sprawność chwilową wykazuje przegroda P2 – $\eta_1=0,4$ oraz $\eta_2=0,3$ odpowiednio z uwzględnieniem i bez uwzględnienia właściwości radiacyjno-optycznych TI. Dla przegrody P1 uzyskano sprawności w granicach odpowiednio $\eta_1=0,35$ oraz $\eta_2=0,25$. Wyznaczone wartości sprawności chwilowej należy traktować jako orientacyjne, gdyż autorka uważa okres badawczy za zbyt krótki. Należałoby prowadzić

dalszą rejestrację parametrów pozwalających na wyznaczenie wiarygodnej sprawności analizowanych przegród.

LITERATURA

1. Laskowski L.: Systemy biernego ogrzewania słonecznego. Zagadnienia funkcjonowania i efektywności energetycznej. Polska Akademia Nauk, Studia z zakresu inżynierii, nr 34. Warszawa 1993.
2. Lindauer E.: Transparente Wärmedämmung als Hybridsystem für Raumheizung und Brauchwassererwärmung. Wissenschaftliche Berichte Hochschule Zittau/Görlitz, Zittau 1995, heft 44, s. 100-113.
3. Ujma A.: Zasady i możliwości stosowania izolacji transparentnych, Izolacje 1/2003, s. 36-45.
4. Ujma A.: Izolacje transparentne. Izolacje 1/2002, s. 25-40.
5. Aronov B., Zvirin Y.: A comparative investigation of radiation heat transfer in transparent insulation with different reflection models / wire.ises.org/wire/.
6. Peuportier B., Michel J.: Comparative analysis of active and passive solar heating systems with transparent insulation / www.cenerg.ensmp.fr/.
7. Radon J., Bieda W.: Optimisation of a hybrid wall for solar utilisation in agriculture / cigr-journal.tamu.edu/.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Piotr Klemm