

## ZALEŻNOŚĆ EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ PRZEGRODY Z IZOLACJĄ TRANSPARENTNĄ OD GRUBOŚCI IZOLACJI

Jadwiga ŚWIRSKA-PERKOWSKA, Karolina JĘGLET  
Politechnika Opolska, Wydział Budownictwa i Architektury, Opole, Polska

**Słowa kluczowe:** *izolacja transparentna, grubość izolacji, bilans energetyczny.*

### 1. Wprowadzenie

Izolacje transparentne mają za zadanie zarówno chronić budynek przed nadmiernymi stratami ciepła, jak i umożliwić pozyskiwanie dodatkowej energii słonecznej. Omawiany rodzaj izolacji charakteryzuje się dobrą przepuszczalnością promieniowania krótkofalowego (będącego główną składową promieniowania słonecznego) i utrudnioną przepuszczalnością promieniowania długofalowego – emitowanego z powierzchni przegród budowlanych, urządzeń instalacyjnych i elementów wyposażenia pomieszczeń. Przegląd materiałów stosowanych do wykonywania izolacji transparentnych oraz systemów izolacyjnych, wykorzystujących materiały transparentne, można znaleźć w pracach [1, 3, 6].

Rozróżnia się dwa podstawowe warianty wykorzystania izolacji transparentnej:

- Zastosowanie w przegrodzie pełnej, tj. nieprzezroczystej. Izolacja transparentna tworzy w tym przypadku warstwę, przepuszczającą promieniowanie słoneczne, które zostaje zamienione na energię cieplną na absorberze i zmagazynowane przez układ akumulacyjny przegrody. W ten sposób powstaje tzw. kolektorowo-akumulacyjna ściana solarna. Izolacja stanowi w tym przypadku element systemu pośrednich zysków ciepła.
- Zastosowanie w przegrodzie przezroczystej. Izolacja transparentna jest warstwą przepuszczającą promieniowanie słoneczne oraz naturalne światło do pomieszczeń. Umożliwia doświetlenie wnętrza światłem rozproszonym oraz absorpcję energii promieniowania słonecznego poprzez przegrody wewnętrzne. Izolacja staje się więc w tym przypadku elementem systemu bezpośrednich zysków ciepła i światła.

Akumulacyjne ściany solarne z izolacją transparentną stają się coraz powszechniejszą opcją projektową w przypadku nowych, „niskoenergetycznych” budynków i przy renowacji budynków pasywnych [2]. Funkcjonowanie pasywnej ściany słonecznej ma umożliwić gromadzenie energii słonecznej w ciągu dnia i oddawanie go z opóźnieniem w porze nocnej, w celu zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania obiektu.

Aby przeanalizować wpływ zmian parametrów projektowych na wydajność cieplną solarnych ścian akumulacyjnych, przeprowadza się analizę wrażliwości. Najczęściej stosowaną metodyką w analizie efektywności i wrażliwości solarnych ścian grzejnych są symulacje numeryczne [1, 7].

W artykule przedstawiono model numeryczny akumulacyjnej ściany solarnej z izolacją transparentną. Celem symulacji była ocena efektywności energetycznej ściany w przypadku

zastosowania izolacji transparentnej różnej grubości. Analizowana przegroda składała się z izolacji Timax CA Wacotech (modyfikowany octan celulozy o strukturze plastra miodu + podwójne szklenie  $2 \times 4$  mm), pustki powietrznej oraz warstwy akumulacyjnej w postaci bloczków Silka o grubości 240 mm. W poszczególnych wariantach ściany grubość izolacji transparentnej wynosiła odpowiednio: 48, 68, 88, 108 i 128 mm.

Obliczenia prowadzono przy wykorzystaniu metody różnic skończonych. Efektywność cieplną oceniano na podstawie dobowych bilansów energetycznych poszczególnych wariantów przegrody, otrzymanych w efekcie całkowania po czasie gęstości strumienia ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody. Analizę wykonano przy założeniu harmonicznych zmian dobowej temperatury zewnętrznej i natężenia promieniowania słonecznego, symulując warunki zewnętrzne jak dla dnia w styczniu: słonecznego ( $I_{sol,max} = 650 \text{ W/m}^2$ ), o umiarkowanym zachmurzeniu ( $I_{sol,max} = 200 \text{ W/m}^2$ ) i pochmurnego ( $I_{sol,max} = 100 \text{ W/m}^2$ ).

## 2. Podstawowe parametry izolacji transparentnych

Do podstawowych parametrów opisujących właściwości izolacji transparentnych należą:

- współczynnik całkowitej przepuszczalności (transmitancji) promieniowania słonecznego  $\tau$  – określa jaka część promieniowania słonecznego, padającego na izolację, jest przez nią przepuszczana bezpośrednio;
- współczynnik absorpcji promieniowania słonecznego  $\alpha$  – określa jaka część promieniowania słonecznego, padającego na izolację, jest przez nią pochłaniana;
- współczynnik całkowitej przepuszczalności (transmitancji) energii promieniowania słonecznego  $g$  – określa jaka część energii promieniowania słonecznego, padającego na izolację, jest całkowicie przez nią przepuszczana bezpośrednio, jak również pośrednio, czyli w wyniku absorpcji z następnym, wtórnym przekazaniem w postaci energii cieplnej, w kierunku wnętrza;
- efektywny współczynnik przewodności cieplnej izolacji transparentnej  $\lambda$ , uwzględniający wszystkie mechanizmy transportu ciepła występujące w izolacji (przewodzenie, konwekcję, radiację).

Często, zamiast współczynnika  $\lambda$ , producenci izolacji transparentnych podają wartość współczynnika przenikania ciepła izolacji  $U_{TI}$ , zmierzonego pomiędzy dwoma płytami grzejnymi, czyli przy pominięciu oporów przejmowania ciepła na powierzchniach materiału.

W tabelicy poniżej zestawiono wartości parametrów analizowanej izolacji transparentnej, które wykorzystano w dalszych obliczeniach.

Tablica 1. Parametry izolacji transparentnej w osłonie z dwóch szyb ( $2 \times 4$  mm) [8].

Grubość izolacji [mm]	Współczynnik $g$ całego zestawu [-]	Współczynnik $U_{TI}$ całego zestawu [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]	Współczynnik $\lambda$ płyty o strukturze plastra miodu [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ]
48	0,63	1,5	0,061
68	0,62	1,3	0,079
88	0,59	1,0	0,081
108	0,56	0,8	0,081
128	0,53	0,6	0,072

Podane w tabelicy 1 wartości współczynnika przewodzenia ciepła płyty z octanu celulozy o strukturze plastra miodu zostały obliczone na podstawie współczynnika przenikania ciepła  $U$  przy założeniu, że współczynnik  $\lambda$  szyb wynosi  $1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

### 3. Model matematyczny

Analizowany problem dotyczy niestacjonarnego, jednowymiarowego przewodzenia ciepła ze źródłem, występującym w miejscu lokalizacji absorbera. Problem ten można opisać następującym układem równań różniczkowych [5]:

- równaniem przewodnictwa cieplnego

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + Q_{sol}, \quad Q_{sol} = \frac{\alpha_{sol,abs} I_{sol}}{d}, \quad (1)$$

- warunkami brzegowymi na powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej przegrody

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \beta_e (T(0, t) - T_e(t)), \quad (2)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \beta_i (T_i - T(l, t)), \quad (3)$$

- warunkiem początkowym

$$T(x, 0) = T_o(x). \quad (4)$$

We wzorach powyższych dolne indeksy  $e, i$  oznaczają odpowiednio zewnątrz i wewnątrz, zaś  $I_{sol}$  natężenie całkowitego promieniowania słonecznego padającego na płaszczyznę przegrody. Współczynnik absorpcji promieniowania słonecznego  $\alpha_{sol,abs}$  dla absorbera w postaci czarnej farby położonej na ścianę wynosi od 0,91 do 0,93.

W powyższych równaniach przyjęto upraszczająco, że wszystkie współczynniki występujące w modelu są stałe oraz że absorpcyjność promieniowania słonecznego przez izolację transparentną jest zanedbywalnie mała. Pominięto również radiacyjną wymianę ciepła pomiędzy powierzchnią absorbera i wewnętrzną powierzchnią izolacji transparentnej, pomiędzy którymi występuje zazwyczaj szczelina powietrzna.

Dyskretny model zagadnienia uzyskano wprost poprzez dyskretyzację równań (1-3), stosując przy dyskretyzacji czasowej ilorazy różnicowe prawostronne, a do obliczenia pochodnych przestrzennych – ilorazy centralne. W ten sposób skonstruowano jawny schemat różnicowy, w którym temperatury w poszczególnych punktach w następnym kroku czasowym  $T_{i,j+1}$  wyznacza się wprost na podstawie znajomości temperatur w kroku poprzednim [4]. Zdyskretyzowane równania w przypadku ośrodka wielowarstwowego przyjmują postać zależności [5]:

$$\frac{\rho_i c_i + \rho_{i+1} c_{i+1}}{2} \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{\Delta t} = \frac{2\lambda_{i+1}}{\Delta x_{i+1}(\Delta x_i + \Delta x_{i+1})} (T_{i+1,j} - T_{i,j}) - \frac{2\lambda_i}{\Delta x_i(\Delta x_i + \Delta x_{i+1})} (T_{i,j} - T_{i-1,j}) + Q_{sol,i,j}, \quad (5)$$

$$\lambda_0 \frac{T_{1,j} - T_{-1,j}}{2\Delta x_i} = \beta_e (T_{0,j} - T_{z,j}) \rightarrow T_{-1,j} = -\frac{2\beta_e \Delta x_i}{\lambda_0} (T_{0,j} - T_{e,j}) + T_{1,j}, \quad (6)$$

$$\lambda_n \frac{T_{n+1,j} - T_{n-1,j}}{2\Delta x_n} = \beta_i (T_{i,j} - T_{n,j}) \rightarrow T_{n+1,j} = \frac{2\beta_i \Delta x_i}{\lambda_0} (T_{i,j} - T_{n,j}) + T_{n-1,j}, \quad (7)$$

gdzie indeksy  $i$  oraz  $j$  odnoszą się odpowiednio do dyskretyzacji przestrzennej i czasowej,  $n$  jest liczbą węzłów w przegrodzie, a indeksy  $-1$  i  $n+1$  odnoszą się do węzłów fikcyjnych.

W przypadku schematu jawnego występuje ograniczenie na długość kroku czasowego  $\Delta t$ . Warunkiem zbieżności algorytmu jest, aby współczynnik występujący w równaniu (5) przy  $T_{i,j}$  był dodatni. Stąd przy stałym  $\Delta x_i$  otrzymamy warunek

$$1 - \frac{\Delta t}{\rho_i c_i} \left( \frac{\lambda_i + \lambda_{i+1}}{(\Delta x)^2} \right) \geq 0 \rightarrow \Delta t \leq \frac{\rho_i c_i (\Delta x)^2}{\lambda_i + \lambda_{i+1}}. \quad (8)$$

#### 4. Obliczenia numeryczne

Analizowana ściana kolektorowo-akumulacyjna składała się z następujących warstw (licząc od wewnątrz):

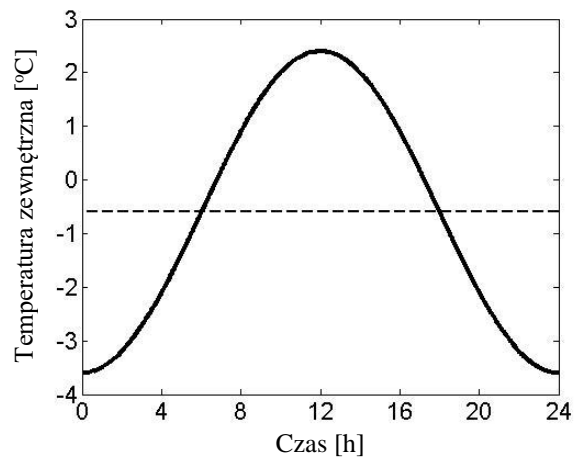
- zaprawy cementowo-wapiennej o grubości 1,2 cm;
- bloczków Silka o grubości 24 cm, gęstości 1800 kg/m<sup>3</sup>, ciepłe właściwym 880 J/(kg·K) i przewodności cieplnej 0,65 W/(m·K);
- niewentylowanej pustki powietrznej o grubości 2 cm;
- izolacji transparentnej (octan celulozy o strukturze plastra miodu + podwójne szklenie 2 × 4 mm) o zmiennej grubości: 48, 68, 88, 108 i 128 mm.

Przyjęto, że absorber w postaci czarnej farby charakteryzuje się współczynnikiem absorpcji promieniowania słonecznego  $\alpha_{sol,abs} = 0,91$ .

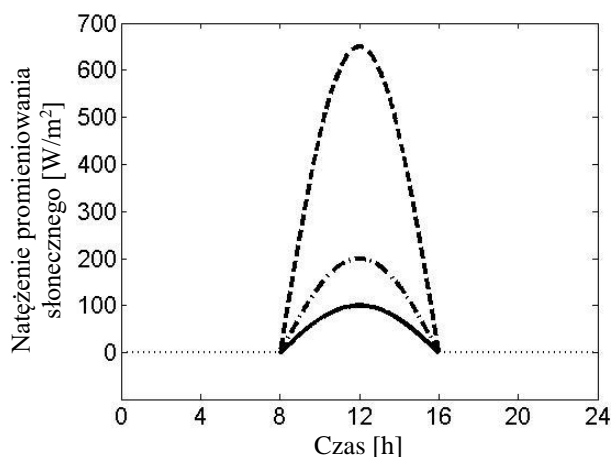
Wprowadzając siatkę przestrzenną, przyjęto założenie, że izolacja transparentna oraz jej szklenie będą rozpatrywane jako oddzielne warstwy. Wymagało to wprowadzenia kroku przestrzennego  $\Delta x$  równego 4 mm, co z kolei spowodowało konieczność zastosowania kroku czasowego nie dłuższego niż 0,09 s. W obliczeniach przyjęto również, że solarny strumień ciepła docierający do ściany poprzez izolację transparentną, absorbowany jest przez warstwę bloczków silikatowych o grubości  $\Delta x$  ( $d = 4$  mm).

W rozważanym zadaniu występuje problem ze sformułowaniem warunku początkowego, ponieważ rozkład temperatury w przegrodzie w chwili początkowej nie jest znany. Przyjęto więc jednorodny warunek początkowy ( $T_o = 20^\circ\text{C}$ ), a obliczenia dla kolejnych dób, charakteryzujących się taką samą zmiennością warunków zewnętrznych, powtarzano tak długo, aż otrzymano powtarzalną zmienność temperatury w ciągu dnia. Stan taki, z dokładnością do 0,001°C, uzyskano po 10 dobach – dla ściany z izolacją transparentną o grubości 48, 68 i 88 mm oraz po 11 dobach – dla ściany z izolacją o grubości 108 i 128 mm. Program obliczający poszukiwane wartości napisany został przez autorki pracy w środowisku Matlaba.

Wymuszenie przyjęto w postaci sinusoidalnej funkcji temperatury zewnętrznej  $T_e$  o średniej wartości równej  $-0,6^\circ\text{C}$  i amplitudzie  $3^\circ\text{C}$  oraz sinusoidalnie zmiennej funkcji natężenia promieniowania słonecznego  $I_{sol}$  ze średnią wartością równą  $0 \text{ W/m}^2$  (w obliczeniach uwzględniano tylko dodatnie wartości tej funkcji). Funkcję  $I_{sol}$  dobrano tak, aby przyjmowała większe od zera wartości jedynie pomiędzy godziną 8:00 a 16:00, starając się zasymulować w ten sposób krótki dzień styczniowy. Analizowano trzy przypadki amplitudy  $I_{sol,max}$ :  $650 \text{ W/m}^2$  (dzień słoneczny),  $200 \text{ W/m}^2$  (dzień o umiarkowanym zachmurzeniu),  $100 \text{ W/m}^2$  (dzień pochmurny). Parametry tej funkcji dobrano na podstawie analizy danych klimatycznych miasta Opola.



Rys. 1. Dobowe zmiany temperatury zewnętrznej.  
Fig. 1. Daily changes of the outdoor temperature.

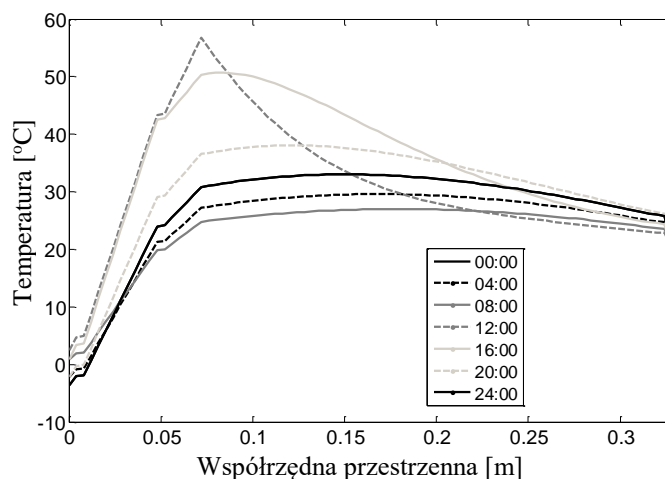


Rys. 2. Dobowe zmiany natężenia promieniowania słonecznego przy różnych analizowanych wartościach  $I_{sol,max}$  (650, 200 i 100 W/m<sup>2</sup>).  
Fig. 2. Daily changes of the intensity of solar radiation for the various analyzed values  $I_{sol,max}$  (650, 200 and 100 W/m<sup>2</sup>).

## 5. Wyniki obliczeń

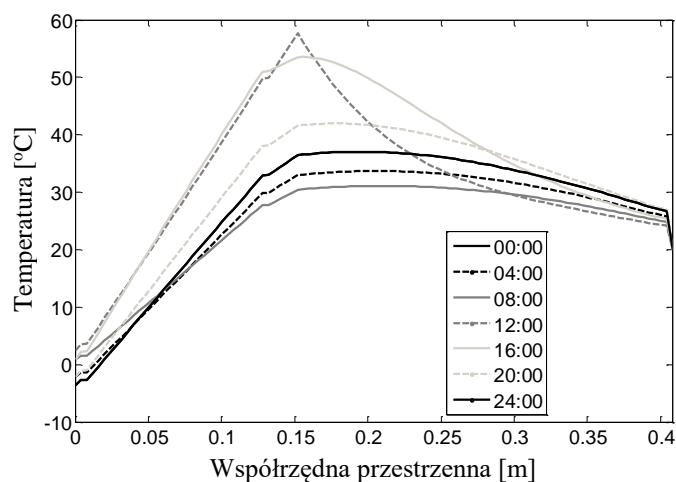
Na drodze przeprowadzonych obliczeń otrzymano dobowe rozkłady temperatury w przegrodzie w przypadku zastosowania izolacji transparentnych o różnej grubości (48, 68, 88, 108 i 128 mm) oraz przy różnym natężeniu promieniowania słonecznego w ciągu dnia ( $I_{sol,max} = 650, 200$  i  $100$  W/m<sup>2</sup>). Przykładowe wykresy rozkładów temperatury w przegrodzie dla izolacji grubości 48 i 128 mm w przypadku dnia słonecznego, z umiarkowanym zachmurzeniem i pochmurnego pokazano na rys. 3-8. Dodatkowo,

na rys. 9-11, przedstawiono dobowe zmiany temperatury absorbera i wewnętrznej powierzchni ściany w przypadku izolacji o grubości 48, 88 i 128 mm i wszystkich rozważanych warunków zewnętrznych.



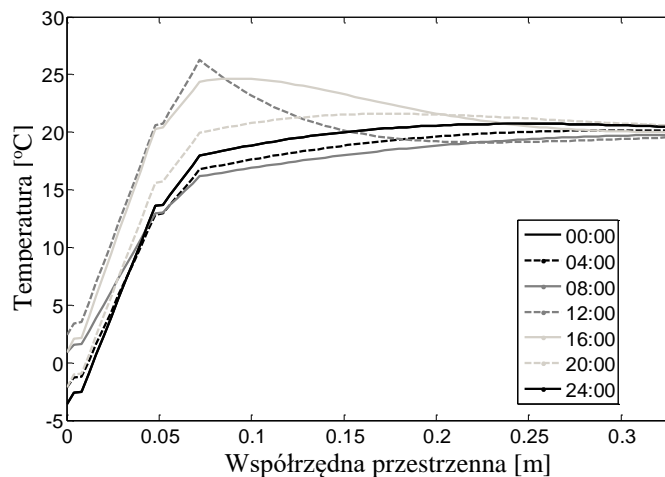
Rys. 3. Dobowe zmiany temperatury w przegrodzie z izolacją transparentną o grubości 48 mm w dzień słoneczny.

Fig. 3. Daily temperature changes in the envelope with the transparent insulation of thickness 48 mm on a sunny day.

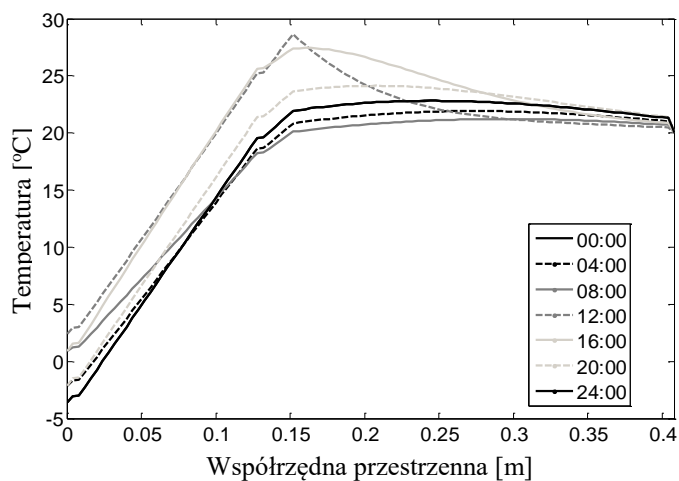


Rys. 4. Dobowe zmiany temperatury w przegrodzie z izolacją transparentną o grubości 128 mm w dzień słoneczny.

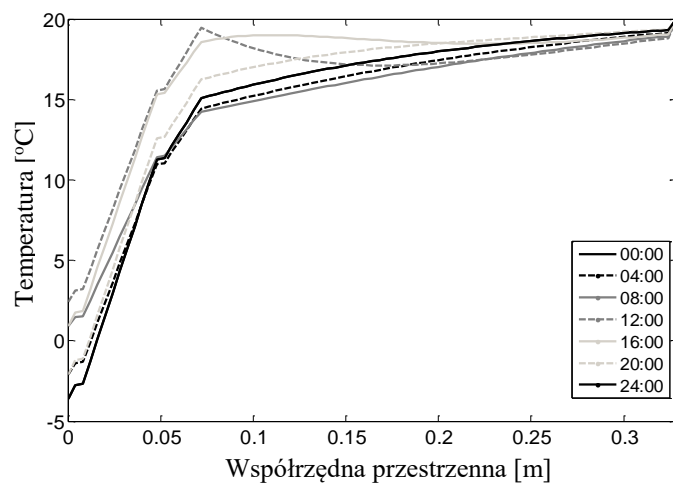
Fig. 4. Daily temperature changes in the envelope with the transparent insulation of thickness 128 mm on a sunny day.



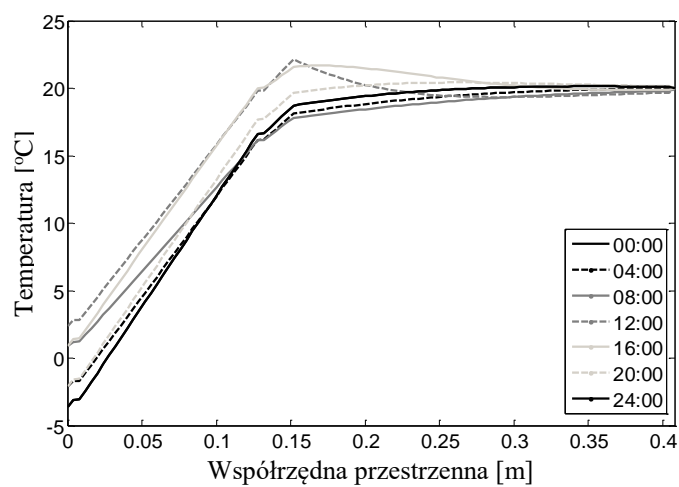
Rys. 5. Dobowe zmiany temperatury w przegrodzie z izolacją transparentną o grubości 48 mm w dzień z umiarkowanym zachmurzeniem.  
 Fig. 5. Daily temperature changes in the envelope with the transparent insulation of thickness 48 mm on a day with a moderate cloud cover.



Rys. 6. Dobowe zmiany temperatury w przegrodzie z izolacją transparentną o grubości 128 mm w dzień z umiarkowanym zachmurzeniem.  
 Fig. 6. Daily temperature changes in the envelope with the transparent insulation of thickness 128 mm on a day with a moderate cloud cover.

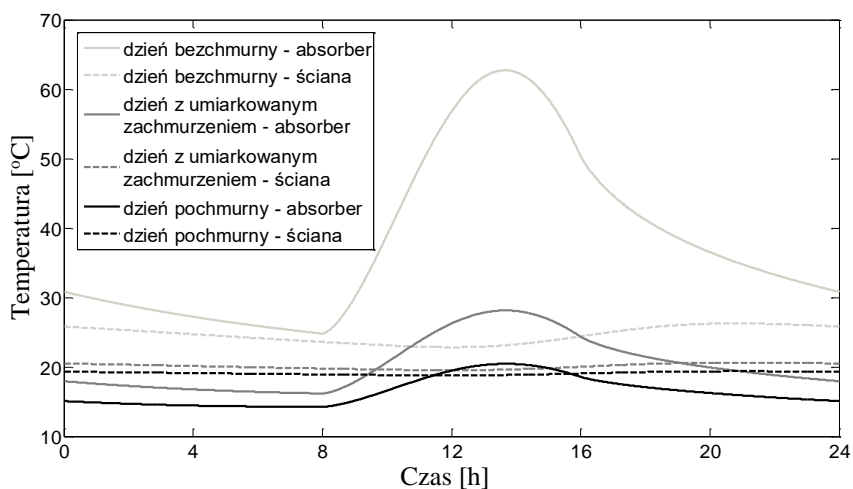


Rys. 7. Dobowe zmiany temperatury w przegrodzie z izolacją transparentną o grubości 48 mm w dzień pochmurny.  
 Fig. 7. Daily temperature changes in the envelope with the transparent insulation of thickness 48 mm on a cloudy day.



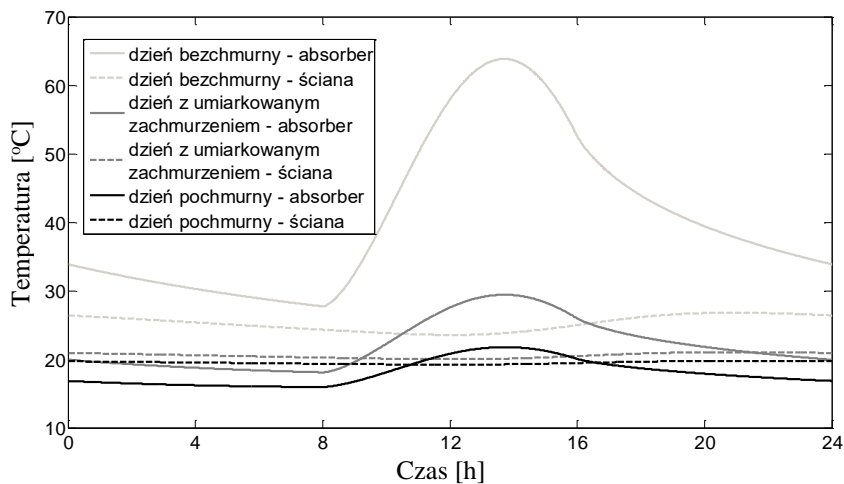
Rys. 8. Dobowe zmiany temperatury w przegrodzie z izolacją transparentną o grubości 128 mm w dzień pochmurny.  
 Fig. 8. Daily temperature changes in the envelope with the transparent insulation of thickness 128 mm on a cloudy day.





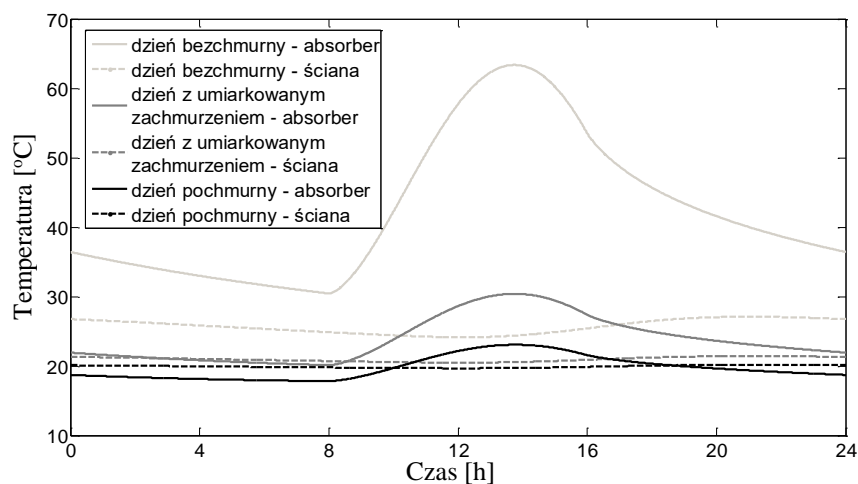
Rys. 9. Dobowe zmiany temperatury absorbera i wewnętrznej powierzchni ściany w przypadku izolacji o grubości 48 mm.

Fig. 9. Daily temperature changes of the absorber and the inner surface of the wall in the case of insulation of thickness 48 mm.



Rys. 10. Dobowe zmiany temperatury absorbera i wewnętrznej powierzchni ściany w przypadku izolacji o grubości 88 mm.

Fig. 10. Daily temperature changes of the absorber and the inner surface of the wall in the case of insulation of thickness 88 mm.



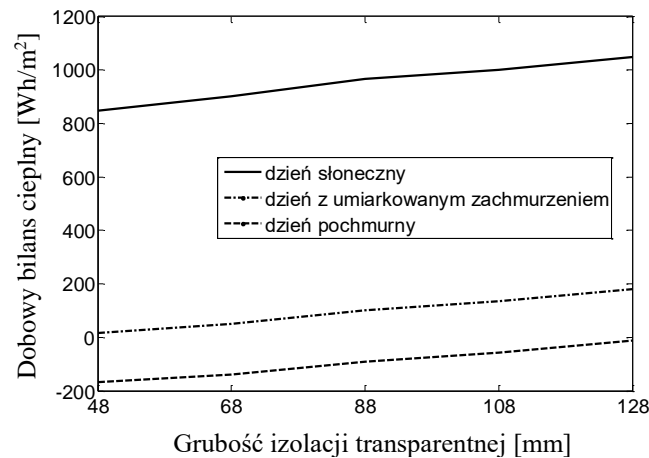
Rys. 11. Dobowe zmiany temperatury absorbera i wewnętrznej powierzchni ściany w przypadku izolacji o grubości 128 mm.

Fig. 11. Daily temperature changes of the absorber and the inner surface of the wall in the case of insulation of thickness 128 mm.

Jako wynik obliczeń otrzymano również dobowy bilans energetyczny przegrody w przypadku zastosowania izolacji o różnej grubości i w różnych warunkach nasłonecznienia. Bilans ten otrzymano na drodze całkowania po czasie gęstości strumienia ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody. Wyniki przedstawione zostały w tabelicy 2 i na rys. 12. Dodatkowo, w celu porównania, w tabelicy tej podano bilans energetyczny analizowanej ściany przy zastosowaniu izolacji tradycyjnej Multipor grubości 16 cm. Współczynnik przenikania ciepła przegrody z takim ociepleniem wynosi  $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Tablica 2. Dobowy bilans energetyczny przegrody.

Grubość izolacji [mm]	Sumaryczny dobowy strumień ciepła [Wh/m <sup>2</sup> ]		
	Dzień słoneczny	Dzień z umiarkowanym zachmurzeniem	Dzień pochmurny
48	848,860	16,918	-167,942
68	900,496	49,401	-139,646
88	965,745	99,806	-92,525
108	1000,920	135,460	-56,778
128	1049,112	180,247	-12,696
izolacja tradycyjna	-143,52		



Rys. 12. Dobowy bilans energetyczny przegrody w przypadku zastosowania izolacji o różnej grubości i w różnych warunkach nasłonecznienia.

Fig. 12. Daily energy balance of the wall in the case of insulation of different thickness and for various conditions of insolation.

## 6. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, że efektywność energetyczna przegrody z izolacją transparentną rośnie w przybliżeniu liniowo wraz z grubością zastosowanej izolacji. W przypadku dnia słonecznego i o umiarkowanym zachmurzeniu dobowy bilans energetyczny ściany jest dodatni w analizowanych warunkach klimatycznych, niezależnie od grubości zastosowanej izolacji. Przegroda taka stanowi więc dodatkowe źródło ciepła w pomieszczeniu, zmniejszając zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku.

W okresach pełnego zachmurzenia dobowy bilans energetyczny ściany jest ujemny, przy czym największe straty wykazuje ściana z izolacją o najmniejszej grubości. Wartość tych strat jest jednak przeważnie mniejsza do strat wyznaczonych w przypadku analogicznej przegrody ocieplonej w sposób tradycyjny (wyjątek stanowi tu jedynie przegroda z izolacją transparentną o grubości 48mm).

## Oznaczenia symboli

- $c$  – ciepło właściwe, specific heat, [J/(kg·K)];
- $d$  – grubość absorbera (części przegrody, absorbującej promieniowanie słoneczne), thickness of the absorber (part of the wall that absorbs solar radiation), [m];
- $g$  – współczynnik całkowitej przepuszczalności (transmitancji) energii promieniowania słonecznego izolacji transparentnej, coefficient of total solar energy transmittance of transparent insulation, [-];
- $I_{sol}$  – natężenie całkowitego promieniowania słonecznego padającego na płaszczyznę przegrody, total solar irradiance on the wall surface, [W/m<sup>2</sup>];
- $l$  – grubość przegrody, wall thickness, [m];

- $Q_{sol}$  – źródło ciepła w przegrodzie (występujące w miejscu lokalizacji absorbera), heat source in the wall (where the absorber is located), [W/m<sup>3</sup>];
- $T$  – temperatura, temperature, [°C];
- $T_o$  – temperatura początkowa, initial temperature, [°C];
- $t$  – czas, time, [s];
- $x$  – współrzędna przestrzenna, spatial coordinate, [m];
- $\alpha_{sol,abs}$  – współczynnik absorpcji promieniowania słonecznego przez absorber, coefficient of solar radiation absorption by the absorber, [-];
- $\beta$  – współczynnik przejmowania ciepła przez konwekcję, convective heat transfer coefficient, [W/(m<sup>2</sup>·K)];
- $\lambda$  – współczynnik przewodności cieplnej, thermal conductivity, [W/(m·K)];
- $\rho$  – gęstość materiału, density of the material, [kg/m<sup>3</sup>].

### Literatura

- [1] Kaushikaa, N.D., Sumathyb, K.: Solar transparent insulation materials: a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7, 4 (2003), 317-351.
- [2] Ochs, M., Heller, A. , Simmler, H.H.: A simple method to calculate the heat gains of solar wall heating with transparent insulation, *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Int. ISES Europe Solar Congress „Eurosun 2000”*, Copenhagen, Denmark, 2000.
- [3] Sun, Y.: Glazing system with Transparent Insulation Material for Building Energy Saving and Daylight Comfort, PhD thesis of University of Nottingham, 2017.
- [4] Szargut, J.: *Metody numeryczne w obliczeniach cieplnych pieców przemysłowych*, Wyd. Śląsk, 1977.
- [5] Świrska-Perkowska, J., Jęglet, K.: Energy efficiency of the accumulation wall with a transparent insulation, 3<sup>rd</sup> Int. Conference “Environmental Challenges in Civil Engineering”, Opole, 2018 (w druku).
- [6] Wonga, I.L., Eamesb, P.C., Perera, R.S.: A review of transparent insulation systems and the evaluation of payback period for building applications, *Solar Energy*, 81, 9 (2007), 1058-1071.
- [7] Yang, H.X., Zhu, Z.L., Burnett, J.: Simulation of the behaviour of transparent insulation materials in buildings in northern China, *Applied Energy*, 67 (2000), 293-306.
- [8] [www.wacotech.de/wacotech/wp\\_content/uploads/2015/09/2015\\_TIMaxCA\\_Datentabel len.pdf](http://www.wacotech.de/wacotech/wp_content/uploads/2015/09/2015_TIMaxCA_Datentabel len.pdf)

### DEPENDENCE OF ENERGY EFFICIENCY OF THE BUILDING ENVELOPE WITH TRANSPARENT INSULATION ON INSULATION THICKNESS

#### Summary

This paper presents a numerical model of an collecting-accumulating solar wall with transparent insulation. The objective of the simulation was to evaluate the energy efficiency of solar walls in the case of different insulation thicknesses. The calculations simulated daily temperature changes of the partition in January days with a different cloud cover (sunny day, moderate cloud cover day, cloudy day). As a result, temperature distributions in the wall with insulation of various thickness at different times of the process and the energy balance of the wall were obtained.