

Jan MIKOŚ

ŚCIANY Z OSŁONĄ TRANSPARENTNĄ JAKO EFEKTYWNE UKŁADY POZYSKIWANIA ENERGII SŁONECZNEJ

Streszczenie. W artykule skrótkowo omówiono rodzaje i właściwości ścian z osłoną transparentną jako efektywnych układów pozyskiwania energii słonecznej przez budynki. Szczegółowiej przedstawiono właściwości ścian z osłoną transparentną typu KAPILUX o strukturze kapilarnej prostopadłej do ścian. Omówiono skrótkowo metodę badania i wyniki pomiaru sprawności cieplnej ścian aktywnych słonecznie, w tym z osłoną transparentną przeprowadzone na specjalnym stanowisku.

WALLS WITH TRANSPARENT COVER AS AN EFFICIENT SYSTEM OF COLLECTING SOLAR ENERGY

Summary. In the types and properties of transparent building insulation as efficient systems of collecting solar energy by buildings are outlined. Properties of walls with the KAPILUX transparent cover with capillaries perpendicular to the walls are presented in greater detail. The method of testing and performance of solar active walls, including one with a transparent cover, carried out on a special stand, are described briefly.

WÄNDE MIT TRANSPARENTER WÄRMEDÄMMUNG ALS DER EFFEKTIVE SYSTEME UMFORMEREN SONNENENERGIE

Zusammenfassung. Im Artikel wurden in Kürze Arten und Eigenschaften der transparenten Aussenbauteile als effektive Sonnenenergiegewinnstrukturen beschrieben. Besonders wurden die Eigenschaften der Wände mit transparenter Verkleidung vom Typ KAPILUX mit kapillarer gradwinklig zur Wand orientierter Verkleidung vom Typ KAPILUX mit kapillarer gradwinklig zur Wand orientierter Struktur dargestellt. In Kürze wurde die Prüfmethode und die Messungsergebnisse der Wandwärmeleistung solaraktiver Wände besprochen - in dem mit transparenter Verkleidung, die auf einem besonderen Prüfstand errungen wurden.

1. WSTĘP

Jednym z najważniejszych elementów związanych z ochroną środowiska naturalnego jest oszczędzanie energii, której większość wytwarza się w wyniku spalania różnego rodzaju paliw. Ta „brudna” energia jest zużywana do ogrzewania przestrzeni mieszkaniowej.

Obecnie coraz częściej szuka się źródeł ciepła nie wytwarzających szkodliwych substancji jako produktów ubocznych. Od kilkunastu lat prowadzone są już na szeroką skalę badania mające na celu optymalne wykorzystanie energii słonecznej. Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje konwersji: fototermiczna (bezpośrednie przetwarzanie na ciepło), fotowoltaiczna (przetwarzanie na energię elektryczną), fotochemiczna (przetwarzanie na energię związaną z procesami chemicznymi).

Dla budownictwa największe znaczenie mają badania dotyczące wykorzystania energii słonecznej do ogrzewania budynków. Potwierdzają one dużą efektywność takich źródeł ciepła.

Najlepszym sposobem pozyskania energii cieplnej w sezonie grzewczym jest zastosowanie izolacji półprzezroczystych (transparentnych, tzn. przepuszczających dużą ilość promieniowania słonecznego, ale będących jednocześnie przesłoną optyczną) na elewacjach budynków wystawionych na intensywne nasłonecznienie. Dzięki zastosowaniu takich izolacji termicznych w budynkach mieszkalnych pojawił się nowy efektywny kierunek ochrony środowiska.

Rozwiązania takie w znaczący sposób zmniejszają ucieczkę ciepła przez przegrodę i umożliwiają maksymalny uzysk energii cieplnej pochodzącej od promieniowania słonecznego. Właściwie zaprojektowana i wykonana transparentna osłona ścian zewnętrznych działa okresowo jak system grzewczy, a w czasie letnich upałów ogranicza napływ ciepła do pomieszczenia przez zaizolowane w ten sposób ściany. Taka energia bez szkodliwych produktów ubocznych może w zimie i w okresie przejściowym zapewnić ogrzanie pomieszczeń mieszkalnych.

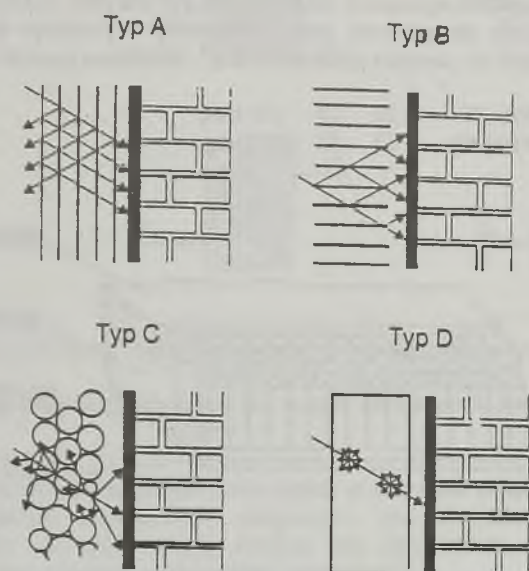
W przedmiotowym artykule zostaną skrótowo omówione ściany transparentne (zwłaszcza z warstwą przezroczystą z materiałów o strukturze kapilarnej), ich właściwości, metoda badania i wyniki pomiaru sprawności cieplnej ścian aktywnych słonecznie przeprowadzone na specjalnym stanowisku zbudowanym w Katedrze Procesów Budowlanych Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

2. OSŁONY TRANSPARENTNE I ICH WŁAŚCIWOŚCI

Przezroczysty, a ściślej mówiąc półprzezroczysty materiał izolacyjny TIM (Transparent Insulating Material) jest wykorzystywany do budowy płyt ściennych i dachowych jako elementy aktywne do pozyskiwania energii słonecznej w budynkach systemu biernego. Materiał ten jest znany pod nazwą TWD (Transparente Wärmedämmung).

Klasyfikując geometrycznie izolacje transparentne można wydzielić cztery typy tych osłon przedstawione schematycznie na rys. 1.

Izolacje transparentne typu A mają strukturę komórkową - kapilarną z kanałami pionowymi, równoległymi do powierzchni ściany. Izolacje typu B (podobnie jak typ A) mają strukturę komórkową z kanałami poziomymi, prostokątnymi do powierzchni ściany absorbującej ukształtowane w układach zbliżonych do plastra miodu. Izolacje tych dwóch typów produkowane są już od 1965 roku na skalę przemysłową przez niemiecką firmę OKALUX pod nazwą handlową KAPILUX.



Rys.1. Typy izolacji TWD

Fig. 1. Different types of transparent insulations

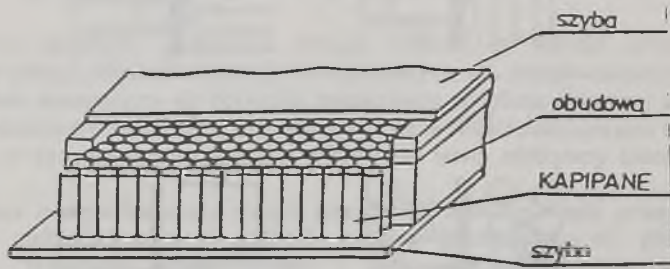
Jednym z najprostszych układów komórkowych stanowiących izolację transparentną jest warstwa kapilar szklanych o grubości ścianek ok. 0,05 mm. Stosuje się także układy komórkowe: kwadratowe sześciokątne i kołowe produkowane najczęściej z różnych poliwęglanów.

Izolacje typu C mają natomiast strukturę opartą na układzie zamkniętych komórek i można je wykonywać np. ze spienionego szkła akrylowego. Natomiast izolacje typu D cechuje duża porowatość (90-95%), przy małej gęstości (8-200 kg/m³), dużej przepuszczalności promieniowania słonecznego (85-94% przy 1 cm grubości), oraz bardzo małej wartości przewodności ciepłej (0,013-0,016 W/(m·K)). Wymiary porów zawierają się w granicach 20-200 nm, a średnia grubość wynosi około 5 nm. Natomiast typowy aerozol granulowany ma średnicę granulek 2-6 mm, a jego właściwości optyczne zależą od wymiaru i jednorodności ziaren oraz grubości warstwy. Jego główną zaletą jest rozpraszanie dyfuzyjne.

Wzmiankowany już wcześniej KAPILUX jest zestawem dwóch szyb, między którymi umieszczona jest płyta kapilarna KAPIPANE (rys. 2). Rama aluminiowa na obwodzie jest odizolowana termicznie i wentylowana. Odległość od zewnętrznej szyby do powierzchni płyty kapilarnej wynosi 8 mm. Szyby są wykonywane z przezroczystego szkła typu "float" lub ze szkła bez domieszek żelaza. Zaleca się stosować do zestawów KAPILUX szkło hartowane [4].

W takich zestawach o wymiarach większych niż 100 cm płyta KAPIPANE powinna być podtrzymywana przez zintegrowany profil aluminiowy o przekroju teowym. Zasadniczo powierzchnia zestawu nie powinna przekraczać 3 m². Stosowana grubość szyby (2×4 mm).

Grubość płyty KAPILUX	78	98	138 mm.
Grubość płyty KAPIPANE	62	82	122 mm.

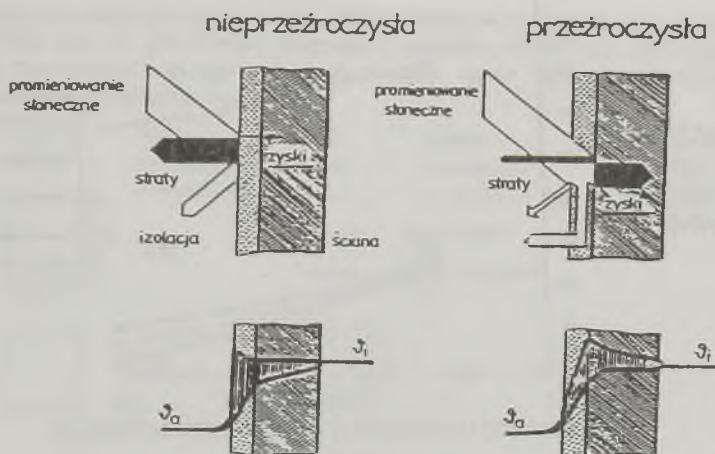


Rys. 2. Widok płyty OKALUX

Fig. 2. Cross-section of the OKALUX board

KAPIPANE jest materiałem izolacyjnym przezroczystym w postaci rurek z tworzywa sztucznego ułożonych w plaster pszczeli pionowo do powierzchni płyty. Średnica rurek wynosi w przybliżeniu 4 mm. Podstawowym materiałem kapipane jest akryl (plexiglas), który w płycie o budowie kapilarnej posiada gęstość objętościową około 30 kg/m³ i zachowuje swoje parametry w temperaturach do 90°C. Kapipane cechuje się wysoką przepuszczalnością promieniowania i dobrą izolacyjnością termiczną, która jest wynikiem ograniczenia konwekcji w długich rurkach i przejmowaniem długofalowego promieniowania podczerwonego przez materiał akrylowy. Rurki w płycie kapilarnej przenoszą promieniowanie słoneczne w sposób taki jak w światłowodach, osiągając dzięki temu wysoki stopień przepuszczalności prawie niezależny od grubości.

Na rys. 3 przedstawiono zjawiska transportu ciepła przez ścianę z izolacją nieprzezroczystą i przezroczystą (typu kapipane). Na tym rysunku można zauważyć korzyści, jakie wypływają ze stosowania izolacji transparentnych, których użycie rozwiązuje jednocześnie dwie kwestie: izolacyjności cieplnej budynku i umożliwienie jednoczesnego pozyskiwania energii słonecznej.



Rys.3. Zjawiska transportu ciepła w ścianie z nieprzezroczystą i przezroczystą izolacją cieplną

Fig. 3. Heat transfer in walls with transparent and opaque thermal insulation

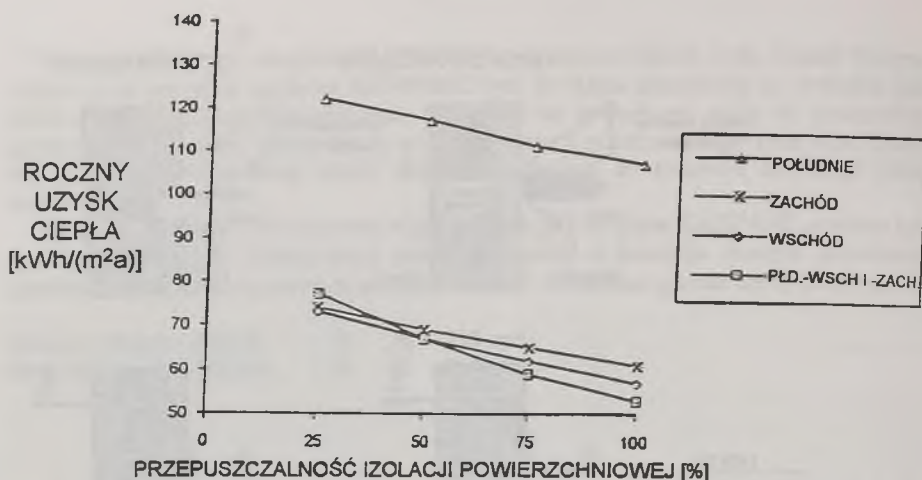
Elementy z przezroczystych materiałów izolacyjnych są stosowane coraz częściej w RFN nie tylko w budynkach mieszkalnych, usługowych itp., ale także w obiektach przemysłowych, gdzie nie tylko izolują cieplnie, ale jednocześnie umożliwiają ich oświetlenie światłem naturalnym stanowiąc rodzaj przeszklenia.

Najlepszy bilans energetyczny ścian typu TWD w czasie okresu grzewczego uzyskują ściany zorientowane na południe, które w miesiącach zimowych najdłużej są nasłonecznione i podobnie jak przez okna przechodzi przez nie duża ilość ciepła pochodzącego od słońca. Wyniki badań pokazują, że dla Niemiec w przybliżeniu w ciągu roku izolacja powierzchniowa pokrywa zapotrzebowanie energii dla ściany południowej na poziomie około 120 kWh, a dla wschodniej i zachodniej około 70 kWh na m² zainstalowanej powierzchni izolacji TWD.

Wpływ izolacji TWD (przy 50% stopniu przepuszczalności promieniowania słonecznego) na roczne oszczędności w zużyciu energii na ogrzewanie przedstawiono na rys. 4 [4].

Przy promieniowaniu słonecznym w lecie padającym zwykle na ścianę południową pod kątem około 60° wpływ promieniowania na przegrzewanie tej ściany jest minimalny.

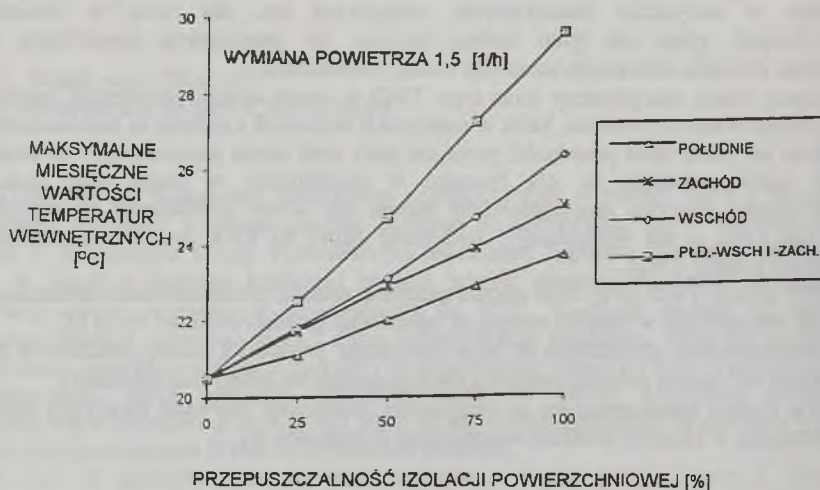
Wpływ izolacji transparentnych na temperaturę przestrzeni wewnątrz ściany dla okresu nasłonecznienia w klimacie środkowoeuropejskim przedstawia rys. 5.



Rys. 4. Wpływ transparentnych izolacji powierzchniowych na roczne zużycie energii
 Fig. 4. The influence of the TIM insulation on the annual heat demand

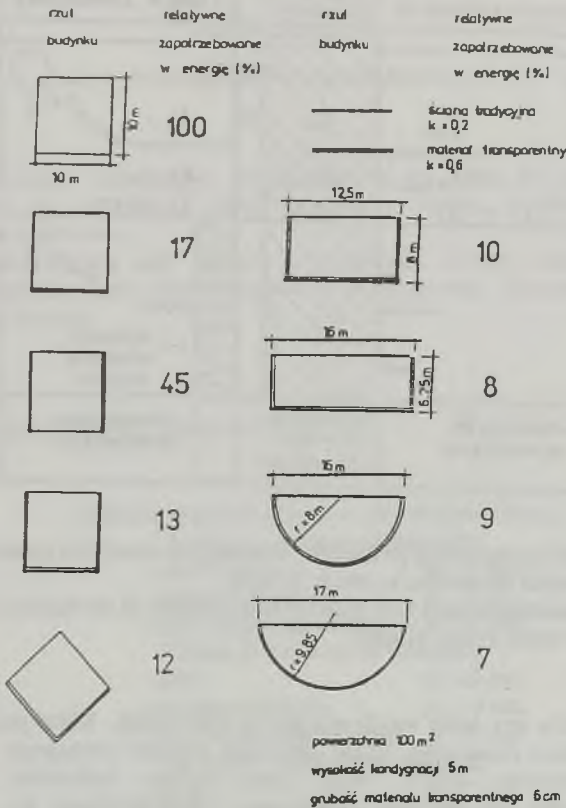
Przy promieniowaniu słonecznym w lecie padającym zwykle na ścianę południową pod kątem około 60° wpływ promieniowania na przegrzewanie tej ściany jest minimalny.

Wpływ izolacji transparentnych na temperaturę przestrzeni wewnątrz ściany dla okresu nasłonecznienia w klimacie środkowoeuropejskim przedstawia rys.5.



Rys. 5. Wpływ transparentnych izolacji powierzchniowych na maksymalną temperaturę powietrza wewnętrznego
 Fig. 5 The effect of the TIM insulation on the highest indoor temperature

Ogromne znaczenie na zapotrzebowanie i uzysk ciepły obiektów, w których zastosowano izolacje transparentne, ma ich lokalizacja, orientacja i właściwe rozwinięcie płaszczyzn ściennych celem zapewnienia optymalnego pozyskiwania ciepła od promieniowania słonecznego, zależności te przedstawia rys. 6.



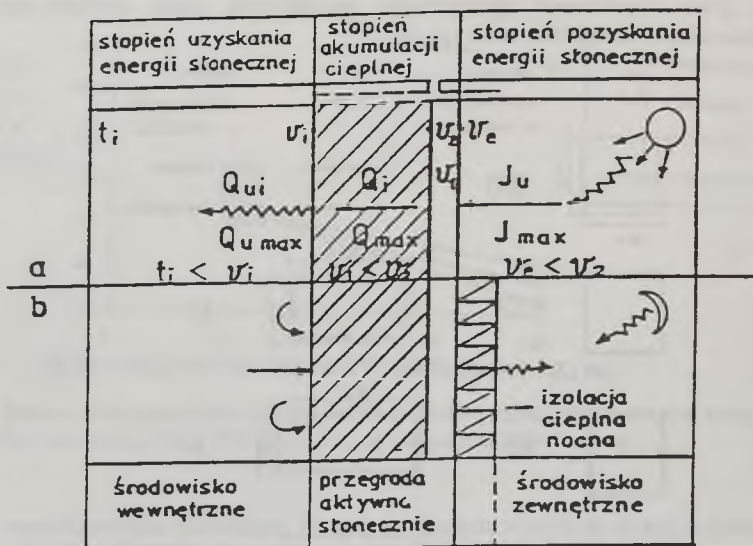
Rys. 6. Zależność zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie budynku w zależności od jego kształtu, orientacji i sposobu zaizolowania ścian

Fig. 6. The relations between the heat demand and the shape, orientation, and wall insulation of a building

3. TEMPERATUROWA METODA BADANIA SPRAWNOŚCI CIEPLNEJ

Celem określenia sprawności cieplnej ścian aktywnych słonecznie w funkcji stopnia pozyskiwania energii słonecznej zaproponowano uproszczone modele przepływu ciepła przez przegrody (rys. 7).

SPRAWNOŚĆ CIEPLNA ŚCIANY AKTYWNEJ SŁONECZNEJ



Rys. 7. Model ograniczonego przepływu ciepła stosowany do określenia sprawności cieplnej ścian aktywnych słonecznych: a) dniem, b) nocą

Fig. 7. A model of constrained heat flow used for determination of the thermal efficiency of active solar walls: a) day, b) night

Model ten wydziela trzy ściśle współpracujące ze sobą układy. Układ pierwszy opisuje środowisko zewnętrzne (otoczenie). Układ drugi jest układem centralnym i decyduje o akumulacji i transporcie ciepła. Układ trzeci opisuje środowisko wewnętrzne. Zaproponowany model ma charakter dynamiczny. Charakteryzujące go parametry są zmienne i wzajemnie powiązane.

Układy te są opisane następującymi wskaźnikami:

pierwszy - stopniem pozyskania energii słonecznej - S_{pt} (1),

drugi - stopniem akumulacji ciepłej - S_{at} (2),

trzeci - stopniem uzyskania energii cieplnej - S_{ut} (3).

Sprawność całej przegrody (η_c) określa się korzystając ze wzoru (4):

$$S_{pt} = \frac{\vartheta_2 - \vartheta_e}{\vartheta_2^* - \vartheta_e} \quad (1)$$

$$S_{at} = \frac{\vartheta_2 - \vartheta_i}{\vartheta_2^* - \vartheta_i} \quad (2)$$

$$S_{ur} = \frac{\vartheta_i - t_i}{\vartheta_i^* - t_i} \quad (3)$$

$$\eta_c = \frac{\vartheta_i - t_i}{\vartheta_2 - \vartheta_e} \quad (4)$$

* temperatury maksymalne w badanym okresie (miesiąc, sezon, rok)

W proponowanym modelu (rys. 7) ograniczono się tylko do pokazania ogólnych związków, aby nie zaciemniać bardzo złożonego obrazu, a tylko pokazać istotę analizowanego zagadnienia.

Bardzo ważną sprawą przy określaniu sprawności cieplnej ścian akumulacyjnych aktywnych słonecznie jest sposób określania i opisywania poszczególnych układów proponowanego modelu.

4. WYNIKI BADAŃ SPRAWNOŚCI CIEPLNEJ

Badania przeprowadzono na trzech typach ścian.

“Ściana A”- patrząc od zewnątrz:

- szkło Okalux gr. 10 cm,
- pustka powietrzna gr. 8 cm,
- mur z cegły prasowanej gr. 25 cm.

“Ściana B”- patrząc od zewnątrz:

- szkło gr. 0,5 cm,
- pustka powietrzna gr. 4 cm,
- mur z cegły prasowanej gr. 25 cm.

“Ściana C”¹- patrząc od zewnątrz:

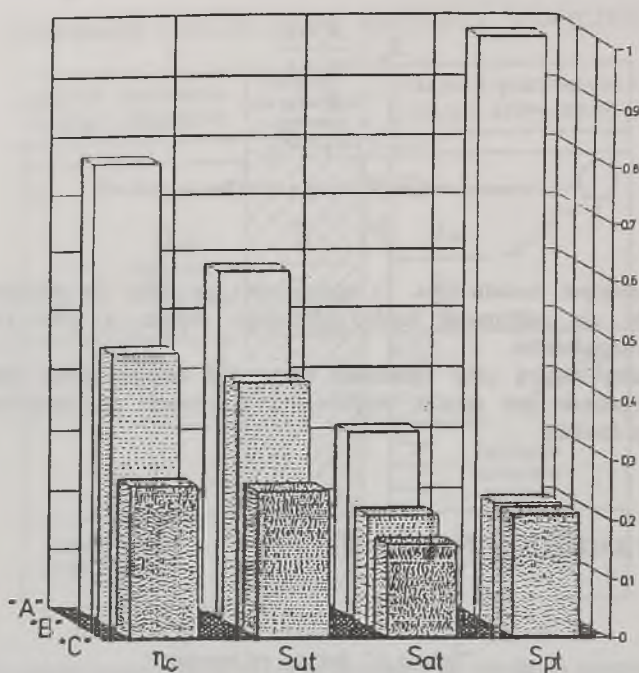
- szkło gr. 0,5 cm,
- pustka powietrzna gr. 4 cm,
- mur z cegły prasowanej gr. 6,5 cm,
- warstwa styropianu gr. 5 cm,
- mur z cegły szczelinówki gr. 19 cm.

Wyniki badań sprawności cieplnej badanych ścian akumulacyjnych dla przykładowego okresu pomiarowego (marzec 1994) przedstawiono na rys. 8.

Jak wynika z badań przeprowadzonych w marcu 1994 r., najwyższą sprawnością cieplną charakteryzują się ściany z osłoną transparentną firmy OKALUX. Dotyczy to nie tylko całości przegrody, ale głównie wyróżnionego układu pozyskiwania energii promieniowania słonecznego (przegroda A).

Najniższą sprawnością cieplną charakteryzuje się przegroda C, a dla przegrody B uzyskano pośrednie wartości.

¹ Ściana z otworami nawiewno-wywiewnymi.



Rys. 8. Wartości wskaźników i sprawności ścian dla marca 1994

Fig. 8. Values of the wall efficiency coefficients for March 1994

5. WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. Ściany z osłoną transparentną najlepiej pozyskują energią słoneczną i uzyskują najwyższą sprawność cieplną.
2. Opracowana w Katedrze Procesów Budowlanych metoda temperaturowa badań sprawności cieplnej stanowi przydatną metodę porównawczą, która nie tylko pozwala oceniać całość przegrody, ale również przeanalizować wyodrębnione w niej trzy układy (pozyskiwanie, akumulację i uzyskiwanie). Metoda ta może służyć do testowania różnych rozwiązań ścian aktywnych słonecznie.
3. Jak wynika z doświadczeń niemieckich ściany z osłoną transparentną w ciągu roku mogą znacząco pokryć zapotrzebowanie na energię cieplną potrzebna do ogrzewania budynku.

4. Przezroczyste izolacje termiczne mają przed sobą dużą przyszłość, zwłaszcza po obniżeniu kosztów produkcji jako materiały izolacyjne o dużym stopniu absorpcji energii promieniowania słonecznego. Są one dzisiaj szeroko stosowane w Niemczech do ocieplania przegród zewnętrznych w różnym rodzaju budynkach.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod redakcją W. Gogoła: Konwersja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych - EKSPERTYZA. Wydawnictwo PAN.
- [2] J. Mikoś: Budownictwo ekologiczne. Cz. I. Budynki aktywne słonecznie. (Podręcznik w druku) Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995.
- [3] K. Voss, P.O. Braun, J. Schmid: Transparente Wärmedämmung Materialien, Systemtechnik und Anwendung. Bauphysik 13(1991) H. 6.
- [4] Dr Peter Grochal: Sto AG. Tendenzen und Möglichkeiten der transparenten Wärmedämmung. Materiały Uniwersytetu Technicznego w Zittau.
- [5] Materiały ofertowe firmy OKALUX.

Recenzent: Prof, dr hab. inż. Piotr Klemm

Wpłynęło do Redakcji 23.05.1995 r.

Abstract

In the paper the thermal performance of a wall with the OKALUX transparent insulation is presented and compared with the performance of other solar active walls. The tests were carried out on a special stand in full scale with use of the methodology developed in the Chair of Building Processes.

The thermal performance of solar active walls was determined accepting a model of the flow through walls. In this model 3 closely co-operating systems of are singled out: of collection, of accumulation and of acquiring solar energy.

The indices which characterise respective systems are presented (on the model in Fig. 7), as the quotients of different measured temperatures in the systems tested (Formulas 1 - 4).

The results of the test are presented in Fig. 8. It is evident from the experiments carried out that the walls with transparent insulation are characterised by very high thermal efficiency and the highest degree of energy gain. During the heating season they can cover a considerable part of the heat demand.