

# BADANIE WPLYWU SPOSOBU MONTAŻU STOLARKI OTWOROWEJ NA STRATY CIEPŁA BUDYNKU

## *ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF METHOD OF ASSEMBLY OF JOINERY ON HEAT LOSS IN THE BUILDING*

ZBIGNIEW PLUTECKI<sup>1</sup>  
KRYSTIAN RYSZCZYK<sup>1</sup>  
PAWEŁ SATTLER<sup>2</sup>

POLITECHNIKA OPOLSKA

<sup>1</sup> WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I LOGISTYKI

<sup>2</sup> WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI I INFORMATYKI

### STRESZCZENIE

Autorzy niniejszego tekstu przedstawili możliwości wykorzystania narzędzi informatycznych do badania strat ciepła przez stolarkę otworową. Na podstawie symulacji numerycznych obliczono całkowity współczynnik przenikania ciepła  $U$  oraz gęstość strumienia ciepła  $q$  z uwzględnieniem wpływu liniowych i miejscowych współczynników przenikania ciepła. Przedstawiono i porównano ze sobą wyniki badań dla trzech rodzajów montażu stolarki okiennej w otworze ściennym i przy dwóch rodzajach materiałów zastosowanych do budowy międzyszybowych ramek dystansowych.

### ABSTRACT

In the article the authors present the possibility of using tools for the study of heat loss through window frames. On the basis of numerical simulation calculated heat transfer coefficient "U" and the heat flux density "q". The authors present and compare with each other several types of installation of windows in a hole in the wall and two types of materials used in the construction distance frame.

#### **7.1. Wstęp**

Poprzez wprowadzanie kolejnych dyrektyw Unia Europejska zobowiązuje wszystkie kraje członkowskie do podejmowania działań związanych z poprawą efektywności energetycznej w budownictwie. Wszystkie nowo budowane obiekty, zgodnie z dyrektywą unijną, po 2020 roku mają spełniać cechy budynków pasywnych [1].

Sektor budowlany jest drugim co do wielkości odbiorcą energii w Polsce, dlatego wskazane jest podejmowanie tematów badawczych prowadzących do zmniejszenia zużycia energii w tej dziedzinie działalności człowieka. Według Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE) zapotrzebowanie na energię w polskich budynkach wynosi średnio od 120 kWh/(m<sup>2</sup>-rok) do 300 kWh/(m<sup>2</sup>-rok). W innych krajach europejskich osiąga ono poziom około 50 kWh/(m<sup>2</sup>-rok). Główna część energii, bo około 70%, przeznaczana jest na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej [2, 3].

Podstawowym sposobem ograniczenia zużycia energii, a dzięki temu również emisji CO<sub>2</sub>, jest termomodernizacja budynków. Szacunkowo, dom poddawany modernizacji zgodnie z obowiązującymi wymaganiami budowlanymi, może oszczędzić do 40% energii [13].

Duży udział w ograniczaniu strat ciepła budynku ma rodzaj zastosowanej stolarki otworowej (okiennej i drzwiowej) oraz sposób jej montażu w konstrukcji obiektu. Oferowana na rynku polskim stolarka okienna i drzwiowa jest objęta szczegółowymi wymaganiami w zakresie ochrony cieplnej [8,11]. Warunki te nie uwzględniają jednak wpływu sposobu montażu na straty ciepła. Producenci okien i drzwi – w ramach działań promocyjnych – sami zaczynają uświadamiać klientom wpływ wyboru rodzaju profili oraz sposobu ich montażu w konstrukcji otworu na zmniejszone koszty ogrzewania. Jednak publikacje dotyczące tego tematu nie dostarczają wyczerpujących informacji w tym zakresie.

#### **7.2. Wymagania i podstawowe parametry stolarki okiennej**

Głównym parametrem, określającym czy dana przegroda budowlana spełnia aktualne wymagania warunków technicznych [11], jest współczynnik przenikania ciepła, który dla danej przegrody powinien

być mniejszy od wartości dopuszczalnej  $U_{max w}/(m^2 \cdot K)$  lub – co najwyżej – jej równy. Im niższa wartość współczynnika  $U$ , tym mniejsze są straty ciepła dla danej przegrody.

Od wielu lat obserwuje się zaostrzenie wymagań w tym zakresie. Standardy lat ubiegłych, a także te przyszłe, w zakresie wartości współczynnika przenikania ciepła  $U$  dla okien i innych przegród przezroczystych przedstawiono w tabeli 7.1. Wartość współczynnika  $U$  można zmniejszać na kilka sposobów. Do najważniejszych należy zaliczyć zmianę konstrukcji okna, zmianę materiałów, z którego są wykonane poszczególne elementy okna, oraz zmianę sposobu montażu ramy okiennej w otworach budowlanych. Obecnie wartość współczynnika przenikania ciepła okien nie może być większa niż  $1,3 W/(m^2 \cdot K)$ . W kolejnych latach wartość ta będzie obniżana, aż do poziomu  $0,9 W/(m^2 \cdot K)$  w 2021 roku.

Okna	$U_{(max)}$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]					
	-1 983	1983-20 09	2009-201 4	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
przy $t_i \geq 1^\circ C$	b.d.	2,0	1,7	1,3	1,1	0,9
przy $t_i < 16^\circ C$	b.d.	2,6	1,8	1,8	1,6	1,4

Tab. 7.1. Wartości współczynnika  $U_{(max)}$  dla okien [11]

Konstrukcja okien wykonanych z profili PVC powinna być traktowana jako przegroda niejednorodna. Wymusza to wyznaczenie zastępczego współczynnika przenikania ciepła  $U_w$ , który uwzględnia zarówno współczynnik przenikania ciepła pakietu szybowego ramy  $U_g$ , jak i ościeżnicy okna  $U_f$ . W metodologii wyznaczania strat ciepła należy także wziąć pod uwagę współczynnik uwzględniający występowanie liniowych współczynników przenikania ciepła  $\Psi$ .

Trzeba wyraźnie rozróżnić współczynnik przenikania ciepła szyby zespolonej  $U_g$  od współczynnika przenikania ciepła całego okna  $U_w$  [4]. Producent ma obowiązek podać współczynnik przenikania ciepła dla całego okna. Wymaga to od niego przeprowadzenia odpowiednich pomiarów lub wykonania szczegółowych obliczeń.

Prawidłowe wyznaczenie współczynnika przenikania dla okna obliuguje do uwzględnienia trzech podstawowych składników. Zalicza się do nich:

- część szyby zespolonej,
- złożenie kształtowników ram ościeżnicy i skrzydła,
- liniowy współczynnik przenikania ciepła na styku szyby z ramą.

Zastępczy współczynnik przenikania ciepła okna wyznacza się z zależności:

$$U_w = (U_g \cdot A_g) + (U_f \cdot A_f) + (\Psi \cdot L) / A, \quad (7.1)$$

gdzie:

$U_w$  – współczynnik przenikania ciepła okna,  $W/(m^2 \cdot K)$ ,

$U_g$  – współczynnik przenikania ciepła w środkowej części szyby,  $W/(m^2 \cdot K)$ ,

$A_g$  – pole powierzchni szyby,  $m^2$ ,

$U_f$  – współczynnik przenikania ciepła ramy,  $W/(m^2 \cdot K)$ ,

$A_f$  – pole powierzchni ramy,  $m^2$ ,

$\Psi$  – liniowy współczynnik przenikania ciepła na styku szyby z ramą,  $W/(m^2 \cdot K)$ ,

$L$  – długość liniowego mostka cieplnego na styku szyby z ramą,  $mb$ ,

$A$  – całkowite pole powierzchni okna,  $m^2$ .

Stalarka okienna jest projektowana zgodnie z PN-EN ISO 10077-2: 2012. Wymiana ciepła w ramie wynika z przewodności właściwej materiałów, z których jest wykonana, oraz ze zjawiska konwekcji i promieniowania w przestrzeniach wypełnionych gazem [6].

W większości przypadków największy wpływ na wartość współczynnika przenikania ciepła okna  $U_w$  wywierają: wysokość i szerokość ramy okna, przewodność właściwa zastosowanych materiałów, rodzaj i grubość izolacji termicznej oraz grubość i rodzaj materiału konstrukcji ścian.

Optymalizacja geometrii ramy okiennej stanowi złożone zagadnienie problemowe. W zależności od przyjętego kryterium, można uzyskać inne właściwości. Za najważniejsze kryterium optymalizacji przyjmuje się najczęściej minimalizację strat ciepła przy jednoczesnym minimalizowaniu kosztów wytwarzania okien. Te sprzeczne cele powodują, że wciąż pracuje się nad takimi rozwiązaniami [12].

W wyniku takiego podejścia można znaleźć w literaturze propozycje, aby duże i dobrze zaizolowane ramy były instalowane na północnych ścianach fasad budynków, ponieważ charakteryzują się one niskimi zyskami promieniowania słonecznego. Cięższe ramy lepiej sprawdzają się dla fasad eksponowanych na promieniowanie słoneczne [7].

### 7.3. Etykiety energetyczne

W kilku krajach na świecie, m.in. w Kanadzie, Australii, na Słowacji i w Czechach został wprowadzony wymóg nadawania etykiet energetycznych stolarcze budowlanej. W dyrektywie 2010/30/UE określono, jakie produkty powinny podlegać etykietowaniu energetycznemu. Wymóg ten dotyczy wszystkich produktów związanych z energią, w tym również wyrobów stosowanych w budownictwie i wywierających znaczący wpływ na zużycie energii – w sposób bezpośredni lub pośredni. Zatem wymagania w tym zakresie powinny objąć również okna i drzwi [8].

Aby dokonać kwalifikacji okna do konkretnej klasy energetycznej, należy wyznaczyć jednostkowy współczynnik charakteryzujący bilans energetyczny, czyli stosunek strat ciepła przez przenikanie i infiltrację do zysków energii słonecznej. Można to zrobić w sposób uproszczony, korzystając ze wzoru (7.2) [9, 10]:

$$E_{h,w} = -(1,05 \cdot 91,59 \cdot U_w) - \left(10,13 \cdot a \cdot \frac{L}{A_w}\right) + (309,6 \cdot W_a \cdot C \cdot g_G) \left[\frac{kWh}{m^2 \cdot rok}\right] \quad (7.2)$$

gdzie:

$U_w$  – współczynnik przenikania ciepła okna,  $W/(m^2 \cdot K)$ ,

$a$  – współczynnik infiltracji,

$L$  – długość infiltracji, m,

$A_w$  – powierzchnia okna,  $m^2$ ,

$W_a$  – wpływ zacienienia od węgarków (zazwyczaj wynosi 0,95),

$C$  – stosunek powierzchni szyby do powierzchni okna,

$g_G$  – współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego.

Przyporządkowania okna do danej klasy energetycznej można dokonać w oparciu o wartości charakterystyki energetycznej podane w tabeli 7.2.

Klasa	Klasy energetyczne	
	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
G		-100
F	-100	-50
E	-50	-5
D	-5	10
C	10	25
B	25	40
A	40	55
A+	55	70

Tab. 7.2. Podział stolarki budowlanej na klasy energetyczne [10]

### 7.4. Charakterystyka obiektu badań

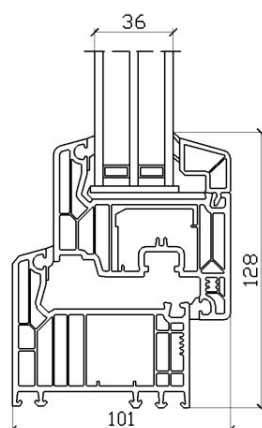
Obiektem badań jest okno o wymiarach zewnętrznych 1230 mm x 1480 mm wykonane w systemie S82 (czyli: rama o grubości 101 mm i szerokości 128 mm wykonana z kształtowników PVC, ze stalowymi wzmocnieniami; oszklenie w postaci trzech szyb zespolonych o grubościach 4 mm/12 mm/4 mm/12 mm/4 mm, wypełnionych argonem, z powłoką niskoemisyjną o skorygowanej emisyjności równej 0,05, z międzyszybowymi ramkami dystansowymi wykonanymi z aluminium lub w technologii TGI). Przekrój poprzeczny konstrukcji okna przedstawiono na rysunku 7.1.

Celem badań jest sprawdzenie trzech sposobów montażu okna względem konstrukcji ściany budynku oraz wpływu zastosowanego rodzaju ramki międzyszybowej dystansowej na straty ciepła.

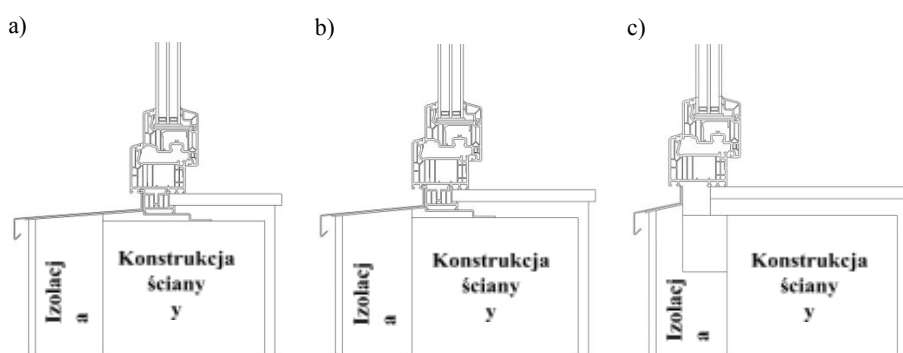
Przyjęto następujące sposoby montażu okna:

- a) montaż 1 – stolarka okienna zamontowana jest w środkowej części warstwy konstrukcyjnej (rysunek 7.2a, 7.3a),
- b) montaż 2 – stolarka okienna zamontowana jest na równi z krawędzią zewnętrzną warstwy konstrukcyjnej (rysunek 7.2b, 7.3b),
- c) montaż 3 – stolarka okienna zamontowana jest w warstwie izolacyjnej montowanej na zewnątrz warstwy konstrukcyjnej (rysunek 7.2c, 7.3c).

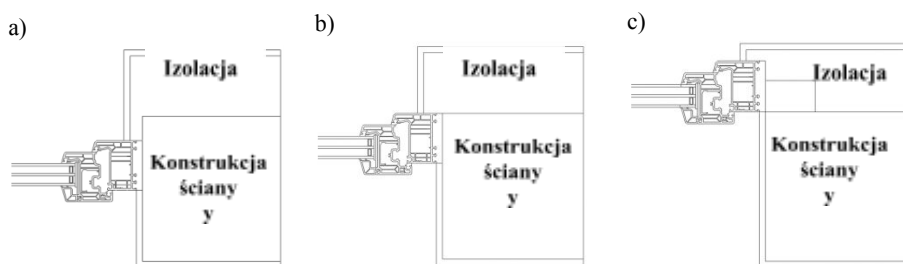
Ponadto rozpatrzono wpływ wykonania ramki międzyszybowej dystansowej z dwóch rodzajów materiałów – aluminium oraz TGI. Materiał stosowany w technologii TGI charakteryzuje się mniejszym współczynnikiem przewodzenia ciepła.



Rys. 7.1. Przekrój poprzeczny konstrukcji profilu okiennego



Rys. 7.2. Przekrój pionowy przedstawiający sposób montażu stolarki okiennej w otworze: a) montaż 1, b) montaż 2, c) montaż 3



Rys. 7.3. Przekrój poziomy przedstawiający sposób montażu stolarki okiennej w otworze: a) montaż 1, b) montaż 2, c) montaż 3

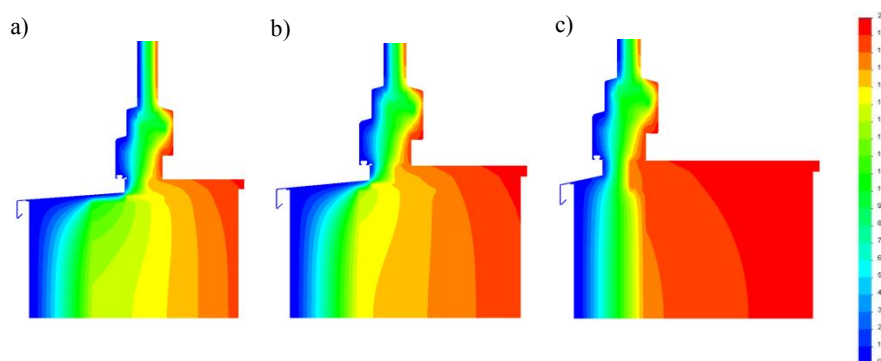
## **7.5. Wyniki badań symulacyjnych**

Badania symulacyjne przeprowadzono z wykorzystaniem kilku narzędzi informatycznych. Przestrzenne modele geometryczne badanych układów opracowano w programie AutoCAD firmy Autodesk. Natomiast implementację modelu matematycznego oraz same obliczenia numeryczne wykonano przy wykorzystaniu programu Solidworks z platformą Simulation firmy Dassault Systemes.

Do obliczeń przyjęto następujące warunki brzegowe:

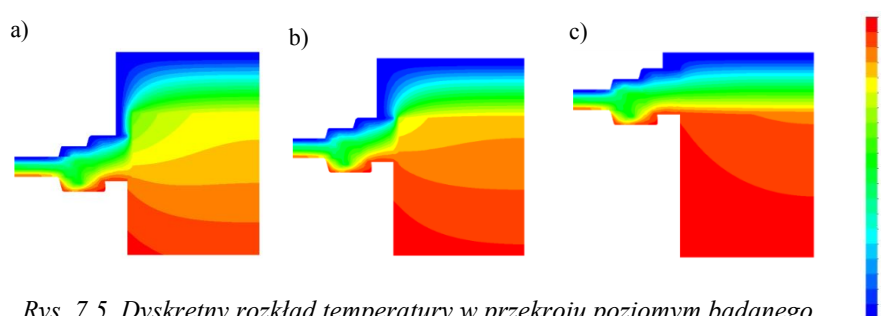
- temperatura wewnętrzna  $t_i = 20^{\circ}\text{C}$ ,
- temperatura zewnętrzna  $t_e = 0^{\circ}\text{C}$ ,
- współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej  $h_{si} = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ,
- współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej  $h_{se} = 25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ,
- wymiary szczelin powietrznych oraz rodzaj materiałów przyjęto na podstawie danych producenta.

Na rysunkach 7.4 i 7.5 przedstawiono dyskretne rozkłady pól temperatury w przekroju pionowym badanego układu: ściana - ościeżnica - rama okna. Z obliczeń wynika, że najlepszym sposobem montażu, ze względu na przebieg rozkładu temperatury, jest montaż numer 3. Izotermie przebiegają w nim w sposób zbliżony do równoległego, co świadczy o braku liniowych i punktowych współczynników przenikania ciepła. Cała warstwa konstrukcyjna budynku nie jest narażona na temperaturę niższą niż  $18^{\circ}\text{C}$ . W pozostałych sposobach montażu izotermie mają już dużo mniej uporządkowany przebieg. Montaż numer 1 charakteryzuje się szczególnie widocznym punktem przekroju, w którym izotermie wyraźnie się zakrzywiają i zbliżają do siebie, co świadczy o dużym lokalnym gradiencie temperatury i wystąpieniu mostka cieplnego.



Rys. 7.4. Dyskretny rozkład temperatury w przekroju pionowym badanego układu: a) montaż 1, b) montaż 2, c) montaż 3; skala w  $^{\circ}\text{C}$ .

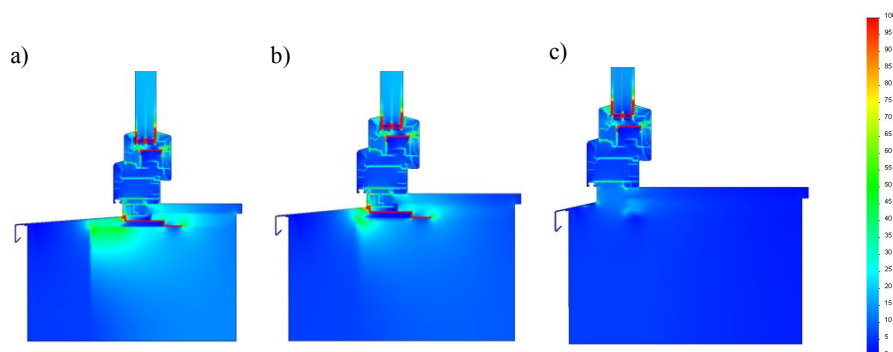
W płaszczyźnie poziomej obserwuje się bardzo podobne rozkłady temperatury, co świadczy o podobieństwie zjawisk.



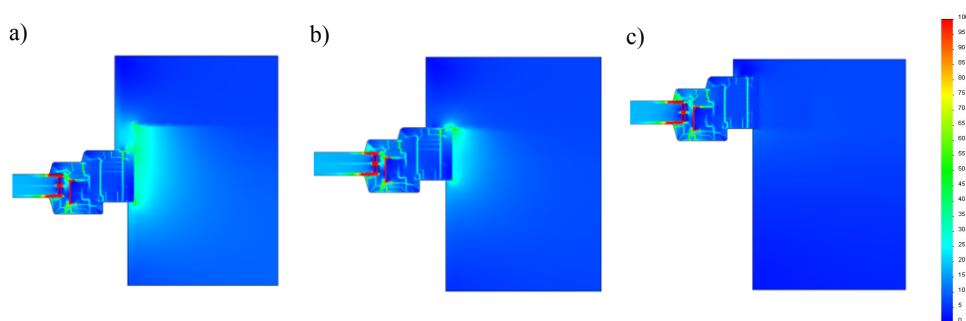
Rys. 7.5. Dyskretny rozkład temperatury w przekroju poziomym badanego układu: a) montaż 1, b) montaż 2, c) montaż 3; skala w  $^{\circ}\text{C}$ .

Na rysunkach 7.6 i 7.7 przedstawiono rozkłady pól gęstości strumienia ciepła dla badanych sposobów montażu okna. Prezentowane wyniki obliczeń uwzględniają pakiet szybowy wykończony aluminiowymi ramkami dystansowymi. Można zauważyć pojawianie się liniowego współczynnika przenikania ciepła na międzyszybowych ramkach dystansowych. Przy montażu numer 1 i 2 występują podobne rozkłady gęstości strumienia cieplnego. Wyraźnie widać wpływ zastosowania metalowej konstrukcji łączącej profil okienny ze ścianą, który powoduje powstanie punktowego współczynnika przenikania ciepła. W przypadku montażu numer 3, podobnie jak w dwóch pozostałych, widać zwiększony strumień ciepła w miejscu

osadzenia pakietu szybowego w profilu PVC. Wynika to z zastosowania aluminium jako międzyszybowej ramki dystansowej.



Rys. 7.6. Rozkład gęstości strumienia ciepła w przekroju pionowym dla badanych sposobów montażu stolarki okiennej: a) montaż 1, b) montaż 2, c) montaż 3; skala w  $W/m^2$



Rys. 7.7. Rozkład gęstości strumienia ciepła w przekroju poziomym dla badanych sposobów montażu stolarki okiennej: a) montaż 1, b) montaż 2, c) montaż 3, skala w  $W/m^2$

Powyższa analiza prezentowała jakościowy wpływ sposobu montażu okna w konstrukcji ściany budynku. Bazując na wynikach obliczeń numerycznych, można dokonać analizy ilościowej badanego okna.

W tabeli 7.3 zestawiono wartości gęstości strumienia ciepłego w wybranym przekroju okna dla wszystkich rozpatrywanych sposobów montażu oraz dla dwóch typów międzyszybowych ramek dystansowych. Największym strumieniem ciepła charakteryzuje się montaż numer 1, w którym profil okienny umieszczony jest w środku ściany konstrukcyjnej. W tym przypadku wartość gęstości strumienia ciepła wynosi  $17,87 W/m^2$  dla ramki aluminiowej. Dla dwóch pozostałych sposobów montażu gęstość strumienia ciepła jest mniejsza i wynosi odpowiednio  $17,29 W/m^2$  – numer 2 oraz  $14,82 W/m^2$  – numer 3. Dzięki zastosowaniu tzw. „cieplej” ramki dystansowej wykonanej w technologii TGI, wartość gęstości strumienia ciepła zmniejsza się nawet o  $3 W/m^2$ .

$q[W/m^2]$		Montaż 1		Montaż 2		Montaż 3	
		Porotherm		Porotherm		Porotherm	
Profil okna		Aluminium	TGI	Aluminium	TGI	Aluminium	TGI
S82	Rama	11,13	10,97	14,16	11,70	12,78	11,03
	Szyba	21,60	17,10	19,02	16,55	19,30	16,07
	Całość	<b>17,87</b>	<b>14,92</b>	<b>17,29</b>	<b>14,82</b>	<b>16,97</b>	<b>14,27</b>

Tab. 7.3. Porównanie wartości obliczeniowych gęstości strumienia ciepła dla badanych sposobów montażu

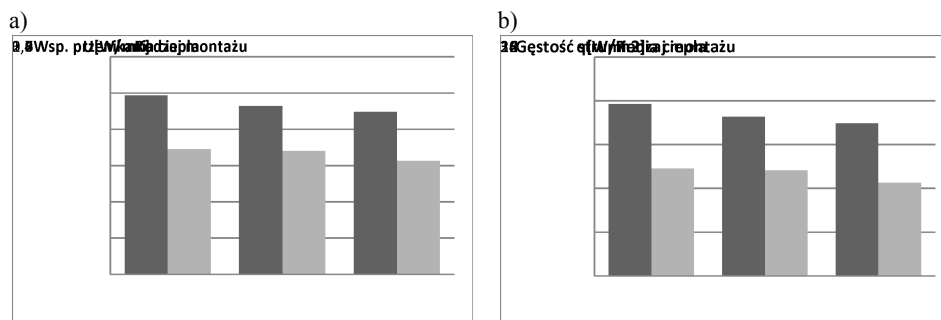
Kolejnym parametrem, który można wyznaczyć na podstawie wykonanych obliczeń, jest współczynnik przenikania ciepła  $U$ . Podane w tabeli 7.4 wartości współczynników  $U$  uwzględniają wpływ liniowych współczynników przenikania ciepła, wynikających ze sposobu montażu. Wszystkie obliczone

współczynniki  $U$  są mniejsze od  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Świadczy to o tym, że żaden z badanych sposobów montażu nie wpływa istotnie na zwiększenie wartości współczynnika powyżej wartości dopuszczalnej, podanej w warunkach technicznych dla 2021 roku.

$U[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$	Montaż 1		Montaż 2		Montaż 3		
	Porotherm		Porotherm		Porotherm		
Profil okna	Aluminium	TGI	Aluminium	TGI	Aluminium	TGI	
S82	Rama	0,56	0,55	0,71	0,59	0,64	0,55
	Szyba	1,08	0,86	0,95	0,83	0,97	0,80
	<b>Całość</b>	<b>0,89</b>	<b>0,75</b>	<b>0,86</b>	<b>0,74</b>	<b>0,85</b>	<b>0,71</b>

Tab. 7.4. Porównanie współczynnika przenikania ciepła dla badanych sposobów montażu

Na rysunku 7.8 przedstawiono porównanie gęstości strumienia ciepła (rysunek 7.8b) oraz wartości współczynnika przenikania ciepła  $U$  (rysunek 7.8a) dla poszczególnych sposobów montażu i dwóch rodzajów ramek. Można zauważyć, że montaż numer 1 charakteryzuje się największą wartością współczynnika  $U$ . Poprzez zmianę sposobu montażu można zmniejszyć gęstość strumienia ciepła oraz współczynnik przewodzenia ciepła nawet o około 9,5%. Znaczne zmniejszenie strat ciepła można uzyskać dzięki zmianie materiału międzyszybowej ramki dystansowej – z aluminiowej na ramkę TGI. Taka modyfikacja prowadzi do zmniejszenia gęstości strumienia ciepła oraz współczynnika przejmowania ciepła nawet o 17%. Porównując montaż ramy okiennej z aluminiową ramką dystansową w środku ściany z montażem ramy okiennej z ciepłą ramką TGI w warstwie izolacyjnej, zauważamy, że takimi działaniami możemy ograniczyć straty ciepła nawet o 20%.



Rys. 7.8. Porównanie trzech sposobów montażu stolarki okiennej i dwóch typów wykonania ramki na: a) współczynnik przejmowania ciepła  $U$ , b) gęstość strumienia ciepła

W tabeli 7.5 przedstawiono bilans ciepła badanego układu okno – ściana wraz z klasą energetyczną przyporządkowaną rozpatrywanym sposobom montażu. Wszystkie badane przypadki zostały zaszeregowane do dwóch klas energetycznych – B i C. Sposób montażu nie wpłynął w sposób istotny na przyporządkowanie do danej klasy. W większym stopniu o zmianie klasy energetycznej zdecydował materiał, z którego wykonana jest międzyszybowa ramka dystansowa. Przedstawione w tabeli 7.5 wyniki uzyskano przy założeniu następujących wartości: współczynnik infiltracji  $a = 0,3$ , długość infiltracji  $L = 4,5 \text{ m}$ , stosunek powierzchni szyby do powierzchni okna  $C = 0,64$  oraz współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego  $g_G = 0,6$ .

$E_{h,y}[\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{rok}]$	Montaż 1		Montaż 2		Montaż 3	
	Porotherm		Porotherm		Porotherm	
Profil oknienny	Aluminium	TGI	Aluminium	TGI	Aluminium	TGI
S82	<b>20,1</b>	<b>34,3</b>	<b>22,9</b>	<b>34,8</b>	<b>24,4</b>	<b>37,4</b>
Kl. energetyczna	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>

Tab. 7.5. Bilans energii badanego okna

Poprawę właściwości cieplnych okien można uzyskać poprzez następujące działania: zwiększenie liczby komór, zastosowanie dodatkowych wypełnień termoizolacyjnych, zastosowanie konstrukcji

wzmacniającej o niższym współczynniku przewodzenia lub wręcz jej wyeliminowanie, możliwe dzięki wykorzystaniu nowoczesnej konstrukcji na bazie tworzyw kompozytowych. Można także zmniejszyć wartość współczynnika przenikania ciepła szyby poprzez użycie większej ilości tafli szkła oddzielonych gazem szlachetnym, na przykład argonem, kryptonem lub ksenonem. Możliwe jest również poprawienie współczynnika  $U$  dla szyby dzięki zastosowaniu powłoki niskoemisyjnej, umieszczonej na jej wewnętrznej warstwie. Powłoka ogranicza stratę ciepła, ponieważ odbija część promieniowania pochodzącego z wnętrza pomieszczenia. Ponadto można ulepszyć współczynnik  $U$ , przyjmując właściwy sposób montażu, który polega na przesuwaniu ramy okiennej poza grubość warstwy konstrukcyjnej ściany. Badania dowodzą, że wysunięcie okien poza grubość warstwy konstrukcyjnej w kierunku warstwy ocieplenia minimalizuje straty ciepła. Potwierdzają to prezentowane wyniki analiz. W takim położeniu praktycznie nie występuje liniowy współczynnik przenikania ciepła wzdłuż obwodu ramy. Rozwiązanie to ma jednak wadę – duże koszty montażu.

## **7.6. Podsumowanie i wnioski**

W niniejszym rozdziale przedstawiono wyniki badań własnych związanych z oceną wpływu sposobu montażu stolarki okiennej na straty ciepła. Wykorzystano do tego celu zaawansowane narzędzia informatyczne. Dzięki nim przeprowadzono wielowariantowe badania symulacyjne i określono charakterystyczne wielkości, które jakościowo i ilościowo opisują charakterystykę cieplną badanego układu.

Na podstawie przeprowadzonych analiz obliczono między innymi rozkłady temperatury, współczynnik przenikania ciepła  $U$  oraz gęstość strumienia ciepła  $q$ . Umożliwiło to wyznaczenie całkowitych strat ciepła dla rozpatrywanych sposobów montażu oraz rodzajów materiałów stosowanych w międzyszybowej ramce dystansowej.

Z obliczeń wynika, że zmiana sposobu instalacji może spowodować zmniejszenie strat ciepła przez okno nawet o 10%. Najlepszym z przebadanych rozwiązań, które wydatnie wpływa na ograniczenie strat ciepła, jest zmiana rodzaju międzyszybowej ramki dystansowej – z aluminiowej na ciepłą ramkę TGI. Dzięki temu spadek strat ciepła może wynieść nawet 17%. Łącząc te dwa rodzaje usprawnień, możemy je zmniejszyć o 20%. W przypadku montażu numer 3 można zauważyć, że niemal kompletnie wyeliminowano liniowe współczynniki przenikania ciepła pojawiające się w dwóch pozostałych sposobach instalacji.

Istotnym parametrem, którego wyznaczenie również umożliwia podana metodologia, jest wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP). Zależy on bezpośrednio od izolacyjności cieplnej przegród przezroczystych i nieprzezroczystych, mostków cieplnych itp.

W niedalekiej przyszłości ważnym aspektem dla oceny energetycznej okien będzie wprowadzenie etykiet energetycznych, o których mowa w dyrektywie 2010/30/UE. Badane okno, wykonane z dwukomorowego profilu S82 i dwukomorowego pakietu szybowego, charakteryzuje się klasą energetyczną B lub C – w zależności od sposobu montażu i materiału zastosowanego w międzyszybowej ramce dystansowej. Powyższe badania dowiodły, że zmiana ramki z aluminiowej na TGI spowoduje zaliczenie okna do wyższej klasy energetycznej.

## LITERATURA:

- [1] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 29 października 2012 roku w sprawie efektywności energetycznej.*
- [2] *Gospodarka paliwowo-energetyczna. Informacja i opracowania statystyczne*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013.
- [3] *Energia. Informacja i opracowanie statystyczne*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013.
- [4] PN-EN ISO 10077-1: 2007 *Cieplne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła – Część 1: Postanowienia ogólne.*
- [5] PN-EN ISO 10077-2: 2012 *Cieplne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła – Część 2: Metoda komputerowa dla ram.*
- [6] J. Zajas, P. Heiselberg, *Parametric Study and Multi Objective Optimization of Window Frame Geometry*, "Building Simulation" 7, 2014, s. 579–593.



- [7] K. Tsikaloudaki, K. Laskos, T. Theodosiou, D. Bikas, *The Energy Performance of Windows in Mediterranean Regions*, "Energy and Buildings" 92, 2015, 180–187.
- [8] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcji, zużycia energii oraz innych zasobów przez produkty związane z energią.*
- [9] J. Żurawski, *Ocena energetyczna stolarki budowlanej*, „Izolacje” 2012, nr 4.
- [10] J. Żurawski, *Ocena energetyczna stolarki budowlanej*, „Profiokno” 2012, nr 2 (12).
- [11] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r.* (Dz.U. Nr 75, poz. 690).
- [12] F. Ascione, N. Bianco, C. de Stasio, G. M. Mauro, G. P. Vanoli, *A New Methodology for Cost-optimal Analysis by Means of The Multi-objective Optimization of Building Energy Performance*, "Energy & Buildings" 88, 2015, p. 78 – 90.
- [13] A. Lis, *Dostosowanie izolacyjności termicznej przegród do nowych warunków technicznych*, „Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym” 2014, nr 1 (13), s.55-62.