

OCENA WPŁYWU ZASTOSOWANIA ROLET ZEWNĘTRZNYCH NA STRATY CIEPŁA PRZEZ OKNA (CZEŚĆ 2)

THE ESTIMATION OF INFLUENCE OF EXTERIOR ROLLER SHUTTERS ON HEAT LOSS THROUGH WINDOWS (PART 2)

A. Węglarz, W. Tworek

Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, Warszawa, Polska

STRESZCZENIE

W artykule zaproponowano sposób przeprowadzania obliczeń wielkości ograniczenia strat ciepła zgodny z aktualnymi normami i przepisami technicznymi oraz uwzględniający założenia i uproszczenia umożliwiające zastosowanie tego sposobu w wielu szczegółowych przypadkach tak aby można było porównać wyniki. Stwierdzono, że wpływ rolet zewnętrznych na wielkość strat ciepła przez okna występuje i w zależności od wielu czynników takich jak: szczelność rolet lub sposób zamontowania okna może być znaczący.

ABSTRACT

In this paper we propose a method for calculation of limit size of heat loss according to current standards and technical regulations. The method takes into account some assumptions and simplifications thus it can be used in a variety of specific cases and the results can be easily compared. The research shows that the external blinds have an impact on the size of heat loss and that it depends on many factors such as: tightness of blinds and method of window arrangement.

WSTĘP

W artykule pt. "Ocena wpływu zastosowania rolet zewnętrznych na współczynnik przenikania ciepła okien (część 1)" przedstawiono główne funkcje rolet zewnętrznych oraz sposób określania dodatkowego oporu cieplnego okien z zamkniętymi roletami zewnętrznymi według polskiej normy PN-EN ISO 10077-1:2007. Poniżej opisano sposób ograniczenia strat ciepła dzięki zastosowaniu rolet uwzględniając wyniki analiz podane ww. artykule.

OKREŚLENIE STRAT CIEPŁA

Współczynnik przenikania ciepła okna uwzględniający zamkniętą roletę pozwala na określenie strat ciepła przez takie okno. Porównanie wartości ze stanem bez rolety posłużyło za podstawę oceny efektywności rolet zewnętrznych w ograniczaniu strat ciepła. Stosowne wzory znaleźć można w opracowaniach z zakresu fizyki budowli, a także zaimplementowane w prawie krajowym oraz normach technicznych.

Podstawowe założenia przyjętego modelu obliczeniowego

Do oceny efektywności rolet zewnętrznych w ograniczeniu strat ciepła przez okno wykorzystano hipotetyczne okno o powierzchni 1m² oraz współczynniku przenikania ciepła o zmiennych wartościach. Warunki montażu okna wpływające na wartość współczynnika przenikania liniowego mostka cieplnego także są zmienne.

Roleta zewnętrzna o zmiennym oporze cieplnym oraz przepuszczalności jest zamykana o zachodzie Słońca i podnoszona o wschodzie. Obliczenia obejmują tylko hipotetyczny sezon ogrzewczy.

Dane meteorologiczne oraz astronomiczne wykorzystane w obliczeniach pochodzą ze stacji zlokalizowanej w Warszawie.

Metoda obliczania strat ciepła według stosownych rozporządzeń i norm

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej w punkcie 4.2.3.1 podaje wzór 54 na całkowitą ilość ciepła przeniesionego ze strefy ogrzewanej przez przenikanie w n-tym miesiącu roku $Q_{tr,s,n}$ (Rozporządzenie ministra infrastruktury i rozwoju 2015).

$$Q_{tr,s,n} = H_{tr,s} \cdot (\theta_{int,s,H} - \theta_{e,n}) \cdot t_M \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Gdzie:

$H_{tr,s}$ – całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie dla strefy ogrzewanej [W/K].

$\theta_{int,s,H}$ – średnia temperatura wewnętrzna w strefie ogrzewanej zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi [°C].

$\theta_{e,n}$ – średnia miesięczna temperatura powietrza zewnętrznego według danych klimatycznych z najbliższej stacji meteorologicznej względem lokalizacji budynku podawanych w Biuletynie Informacji Publicznej [°C].

t_M – liczba godzin w miesiącu [h].

W niniejszym opracowaniu nie będzie rozpatrywana konkretna strefa ogrzewana, rozumiana jako pomieszczenie wydzielone z przestrzeni przegrodami budowlanymi, a jedynie wymiar strat ciepła przez pojedyncze okno. Przytoczony wzór jest

jednak analogiczny do stosowanego wcześniej w normie PN-B-02025 "Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego" prostszego wzoru na straty ciepła w sezonie ogrzewczym przez przenikanie przez okna (PN-B-02025).

Całkowity współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie dla strefy ogrzewanej jest dalej w rozporządzeniu określany przez kilka sumowanych wartości. Na potrzeby opisanego w powyższym akapicie uproszczenia w dalszych obliczeniach konieczny będzie jedynie współczynnik przenoszenia ciepła ze strefy ogrzewanej bezpośrednio do środowiska zewnętrznego $H_{tr,ie}$ wyznaczony zgodnie z PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego (PN-EN 12831:2006).

$$H_{tr,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \Psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad (2)$$

Gdzie:

A_k – powierzchnia elementu budynku [m^2];
 U_k – współczynnik przenikania ciepła [W/m^2K];
 Ψ_l – współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego [W/mK];
 l_l – długość liniowego mostka cieplnego [m];
 e_k, e_l – współczynniki korekcyjne ze względu na orientację, z uwzględnieniem wpływów klimatu; takich jak: różne izolacje, absorpcja wilgoci przez elementy budynku, prędkość wiatru i temperatura powietrza.
 Zgodnie z załącznikiem do Polskiej Normy (PN-EN 12831:2006) wartości współczynników można przyjmować równe 1.

W rozpatrywanym przypadku w obliczeniach wystąpi tylko jeden element budowlany w postaci okna. W efekcie, na potrzeby tego opracowania powyższy wzór można uprościć do postaci:

$$H_{tr,ie} = A \cdot U + \Psi \cdot l \quad (3)$$

Wartości współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego można przyjmować w sposób uproszczony na podstawie tabel z normy PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne (PN-EN ISO 14683:2008). Wartość współczynnika przenikania okna określa się na podstawie normy PN-EN ISO 10077-1:2007 (Kubiak, 2001). Dla produktów dostępnych na rynku są one podane w aprobatkach technicznych. Na potrzeby tego opracowania przyjęto wartości hipotetyczne.

Obecnie obowiązująca norma PN-EN ISO 13790:2009 – Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia (PN-EN ISO 13790:2009) oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju 2015) nie określają długości sezonu ogrzewczego, ponieważ ze względu na zróżnicowane charakterystyki energetyczne w każdym budynku czas, w którym ogrzewanie jest konieczne może być znacząco różny. Według wcześniejszej wersji

Rozporządzenia z 2008 roku (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury 2008) roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego należało obliczać w miesiącach od września do maja włącznie. Taki okres ogrzewczy przyjęto w określeniu strat ciepła przez przenikanie przez pojedyncze okno bez znajomości charakterystyki energetycznej budynku.

Dane astronomiczne oraz meteorologiczne

Przyjęto okres ogrzewczy od września 2016 do maja 2017, dane o godzinach wschodu i zachodu Słońca w tych latach pochodzą ze strony internetowej <http://calendar.zoznam.sk>. Na podstawie tych danych obliczono długość nocy, kiedy to roleta będzie zamknięta.

Dane o średnich miesięcznych temperaturach zewnętrznych dla Warszawy pobrano ze strony www.pogodynka.pl.

Zestawienie danych cząstkowych

W Tabeli 1 przedstawiono liczbę godzin w poszczególnych miesiącach oraz średnie miesięczne temperatury zewnętrzne dla Warszawy pomniejszone o $2^\circ C$. W przyjętym modelu starty ciepła są określane wyłącznie w ciągu nocy, więc można przyjąć średnią temperaturę w nocy niższą od średniej dobowej. Takie założenie zaczerpnięto z opracowania „Ocena wpływu zastosowania rolet termoizolacyjnych na bilans energetyczny budynku i bierne wykorzystanie energii słonecznej” (Stachowicz, Fedorczyk-Cisak, 2009).

Tabela 1. Liczba godzin nocy w miesiącu i średnia dobowa temperatura zewnętrzna

miesiąc	t_M	liczba godzin	$\theta_{e,n}$ [$^\circ C$]	$\theta_{e,n}-2^\circ C$ [$^\circ C$]
wrzesień	t_9	334:03	13,4	11,4
październik	t_{10}	411:48	8,5	6,5
listopad	t_{11}	454:53	3,1	1,1
grudzień	t_{12}	502:01	-0,7	-2,7
styczeń	t_1	487:53	-1,9	-3,9
luty	t_2	396:59	-1,0	-3
marzec	t_3	379:58	2,7	0,7
kwiecień	t_4	334:03	8,6	6,6
maj	t_5	411:48	14,2	12,2

Obliczenia cząstkowe

Dla ułatwienia dalszych obliczeń, ze wzoru (2) na całkowite straty ciepła przez przenikanie można wyłączyć mnożnik, na który wpływają dane astronomiczne i meteorologiczne zaprezentowane już powyżej.

Założenia

Dla tego celu założono, że rozpatrywane okno znajduje się w pomieszczeniu przeznaczonym na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonywujących w sposób ciągły pracy fizycznej w myśl normy PN-EN 12831:2006 (PN-EN 12831:2006), czyli na przykład zwykły pokój

mieszkalny. Takie założenie warunkuje średnią temperaturę wewnętrzną $\theta_{int,sh}, H=20^{\circ}C$.

Obliczenia

Obliczenia cząstkowe wykonano według wzoru:

$$Q_{tr,s,n} / H_{tr,s} = (\theta_{int,s,H} - \theta_{e,n}) \cdot t_M \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Zestawienie tabelaryczne wyników

Wyniki zestawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Mnożnik strat ciepła zależny od danych klimatycznych

miesiąc	$\theta_{e,n}-2^{\circ}C$ [$^{\circ}C$]	t_M [h: min]	$Q_{-(tr,s,n)} / H_{-(tr,s)}$
wrzesień	11,4	334:03	2,87
październik	6,5	411:48	5,56
listopad	1,1	454:53	8,60
grudzień	-2,7	502:01	11,40
styczeń	-3,9	487:53	11,66
luty	-3	396:59	9,13
marzec	0,7	379:58	7,33
kwiecień	6,6	305:21	4,09
maj	12,2	259:07	2,02
Σ			62,66

Obliczenia strat ciepła

Wartości skumulowanych strat ciepła w całym sezonie grzewczym przez hipotetyczne okno obliczono dla kilku wariantów współczynnika przenikania ciepła okna, sposobu osadzenia okna w przegrodzie oraz dodatkowego oporu cieplnego rolet zamkniętych. Obliczenia wykonano według wzoru:

$$Q_{tr,s} = \Sigma Q_{tr,s,n} / H_{tr,s} \cdot H_{tr,s} = 62,66 \cdot H_{tr,s} \quad [kWh] \quad (5)$$

Założenia

Zgodnie z zaproponowanym uproszczeniem wyrażonym równaniem (3) wartość całkowitego współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie dla strefy ogrzewanej jest zależna od wymiarów okna, jego współczynnika przenikania ciepła oraz ewentualnego współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego.

Wymiary okna

Rozpatrywano hipotetyczne okno o wymiarach 1m na 1m. Oznacza to, że jego powierzchnia wynosi 1m², co ułatwiło obliczenia oraz porównywanie ich wyników. Wymiary okna mają także wpływ na długość liniowego mostka cieplnego.

Okna o jednakowej powierzchni, ale różnych długościach boków mają różne wartości obwodu, a co za tym idzie różne wartości współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego, czyli ostatecznie także różne wartości współczynnika przenikania ciepła okna. Okna kwadratowe mają najmniejszy obwód. Przyjęte okno ma obwód długości 4m. Wpływ wymiarów okna, a przez to długości liniowego mostka cieplnego, na zróżnicowanie strat ciepła przez okno nie jest przedmiotem tego opracowania.

Współczynnik przenikania ciepła okna

Przyjęto zakres zmienności współczynnika przenikania ciepła okna, jak w Tabeli 4 w pierwszej części artykułu, co pozwoliło zaczerpnąć z niej wartości współczynnika przenikania ciepła okna z zamkniętą roletą o różnym dodatkowym oporze cieplnym.

Współczynnik przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego

Wartości współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego można przyjmować w sposób uproszczony Zgodnie z Tabelą A.2. normy PN-EN ISO 14683:2008 (PN-EN ISO 14683:2008) w zależności od sposobu osadzenia okna w ścianie względem warstwy materiału izolacyjnego. Wartość ta może się wahać od zera przy poprawnym rozwiązaniu technicznym do jedności przy rozwiązaniu szczególnie niekorzystnym. Nie jest rozpatrywany ewentualny wpływ obecności zamkniętej rolety na wartość współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego okna.

Obliczenia cząstkowe

Zgodnie z powyższymi założeniami wykonano obliczenia wartości współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie przy różnych wartościach współczynnika przenikania ciepła okna oraz liniowego mostka cieplnego według uproszczonego wzoru (3).

Następnie przy tak uzyskanych wartościach obliczono wartości współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie z uwzględnieniem dodatkowego oporu cieplnego rolet.

Przykładowo dla okna z roletą zamkniętą o współczynniku przenikania UWS =1,23 [W/m²K], osadzonego w przegrodzie w sposób uzasadniający zastosowanie współczynnika liniowego mostka cieplnego $\Psi=0,5$ [W/mK] obliczono wartość współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie:

$$H_{tr,ie} = A \cdot U + \Psi \cdot l = 1 \cdot 1,23 + 0,5 \cdot 4 = 3,23 \quad [W/K] \quad (6)$$

Zestawienie tabelaryczne obliczeń cząstkowych

Wyniki obliczeń zmiany wartości współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie w zależności od wartościach współczynnika przenikania liniowego mostka cieplnego zestawiono w Tabeli 3.

Tabela 3. Współczynnik przenoszenia ciepła okna przez przenikanie

$U_w [W/m^2 \cdot K]$	$\Psi [W/mK]$		
	0	0,5	1
1,4	1,4	3,4	5,4
1,2	1,2	3,2	5,2
1	1,0	3,0	5,0
0,8	0,8	2,8	4,8

W Tabelach 4a-c przedstawiono wartości współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie przy różnych wartościach współczynnika liniowego mostka cieplnego w zależności od wartości dodatkowego oporu cieplnego rolety zamkniętej.

Tabela 4a. Współczynnik przenoszenia ciepła okna z roletą

$\Psi = 0$	$\Delta R [m^2K/W]$			
$U_w [W/m^2 \cdot K]$	0	0,1	0,2	0,3
1,4	1,40	1,23	1,09	0,99
1,2	1,20	1,07	0,97	0,88
1	1,0	0,91	0,83	0,77
0,8	0,8	0,74	0,69	0,65

Tabela 4b. Współczynnik przenoszenia ciepła okna z roletą

$\Psi = 0,5$	$\Delta R [m^2K/W]$			
$U_w [W/m^2 \cdot K]$	0	0,1	0,2	0,3
1,4	3,40	3,23	3,09	2,99
1,2	3,20	3,07	2,97	2,88
1	3,00	2,91	2,83	2,77
0,8	2,80	2,74	2,69	2,65

Tabela 4c. Współczynnik przenoszenia ciepła okna z roletą

$\Psi = 1$	$\Delta R [m^2K/W]$			
$U_w [W/m^2 \cdot K]$	0	0,1	0,2	0,3
1,4	5,40	5,23	5,09	4,99
1,2	5,20	5,07	4,97	4,88
1	5,00	4,91	4,83	4,77
0,8	4,80	4,74	4,69	4,65

Jak można zauważyć, wystąpienie liniowego mostka cieplnego znacząco zwiększa wartość współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie. Korzystny wpływ dodatkowego oporu cieplnego wynikającego z zastosowania rolety zamkniętej jest procentowo mniejszy przy wyższych wartościach współczynnika liniowego mostka cieplnego.

Obliczenia

Obliczenia wykonane według wzoru (5).

Przykładowo obliczono stratę ciepła dla okna o współczynniku przenikania ciepła $U_w = 1,4 [W/m^2K]$ oraz rolety zapewniającej dodatkowy opór cieplny $\Delta R = 0,1 [m^2K/W]$. Bez mostka cieplnego. Dla

tego przypadku w Tabeli 4a. można odszukać następujące wartości współczynnika przenoszenia ciepła przez okno:

– bez rolety zewnętrznej $H_{tr,ie} = 1,40 [W/K]$

– z roletą zamkniętą $H_{tr,ie} = 1,23 [W/K]$

$$Q_{tr,s} = 62,66 \cdot 1,40 = 87,7 [kWh]$$

$$Q'_{tr,s} = 62,66 \cdot 1,23 = 77,0 [kWh]$$

$$\frac{Q_{tr,s} - Q'_{tr,s}}{Q_{tr,s}} \cdot 100\% = \frac{87,7 - 77,0}{87,7} \cdot 100\% = 12,3\%$$

W takim przypadku strata ciepła przez okno w całym sezonie jest o 12,3% mniejsza przy stosowaniu rolety zgodnie z wcześniejszymi założeniami.

Obliczono także nominalną zmianę strat ciepła przy różnych wartościach współczynnika przenikania ciepła okna w zależności od wartości dodatkowego oporu cieplnego rolety zamkniętej według wzoru:

$$\Delta Q_{tr,s} = Q_{tr,s,0} - Q_{tr,s,\Delta R} \tag{7}$$

Przykładowo dla danych, jak powyżej:

$$\Delta Q_{tr,s} = 87,7 - 77,0 = 10,8 [kWh].$$

Zestawienie wyników

Całkowite straty ciepła w całym sezonie ogrzewczym przedstawiono w Tabelach 5a -c.

Tabela 5a. Całkowite straty ciepła obliczone według założeń

$\Psi = 0$	$\Delta R [m^2K/W]$			
$U_w [W/m^2 \cdot K]$	0	0,1	0,2	0,3
1,4	87,7	77,0	68,5	61,8
1,2	75,2	67,1	60,6	55,3
1	62,7	57,0	52,2	48,2
0,8	50,1	46,4	43,2	40,4

Tabela 5b. Całkowite straty ciepła obliczone według założeń

$\Psi = 0,5$	$\Delta R [m^2K/W]$			
$U_w [W/m^2 \cdot K]$	0	0,1	0,2	0,3
1,4	213,1	202,3	193,9	187,1
1,2	200,5	192,5	186,0	180,6
1	188,0	182,3	177,5	173,5
0,8	175,5	171,7	168,5	165,8

Tabela 5c. Całkowite straty ciepła obliczone według założeń

$\Psi = 1$	$\Delta R [m^2K/W]$			
$U_w [W/m^2 \cdot K]$	0	0,1	0,2	0,3
1,4	338,4	327,6	319,2	312,4
1,2	325,8	317,8	311,3	305,9
1	313,3	307,6	302,9	298,9
0,8	300,8	297,1	293,9	291,1

W Tabelach 6a-c przedstawiono procentowe zmniejszenie strat ciepła względem stanu bez rolety. Zastosowano regułę wyróżnienia najkorzystniejszej

zmiany najbardziej intensywnym kolorem w odniesieniu do wszystkich tablic 6a -c.

Tabela 6a. Procentowe zmniejszenie strat ciepła przez okno z roletą

$\Psi = 0$	ΔR [m^2K/W]		
U_w [$W/m^2 \cdot K$]	0,1	0,2	0,3
1,4	12,3	21,9	29,6
1,2	10,7	19,4	26,5
1	9,1	16,7	23,1
0,8	7,4	13,8	19,4

Tabela 6b. Procentowe zmniejszenie strat ciepła przez okno z roletą

$\Psi = 0,5$	ΔR [m^2K/W]		
U_w [$W/m^2 \cdot K$]	0,1	0,2	0,3
1,4	5,1	9,0	12,2
1,2	4,0	7,3	9,9
1	3,0	5,6	7,7
0,8	2,1	3,9	5,5

Tabela 6c. Procentowe zmniejszenie strat ciepła przez okno z roletą

$\Psi = 1$	ΔR [m^2K/W]		
U_w [$W/m^2 \cdot K$]	0,1	0,2	0,3
1,4	3,2	5,7	7,7
1,2	2,5	4,5	6,1
1	1,8	3,3	4,6
0,8	1,2	2,3	3,2

Jak można zauważyć, w przypadku bez mostka cieplnego (Tabela 6a.), wartości procentowej zmiany strat ciepła przez przenikanie przez okno są takie same, jak procentowa poprawa współczynnika przenikania ciepła okna z roletą zamkniętą. Przy porównaniu z dalszymi częściami tabeli widać z kolei, że wymiar ograniczenia strat ciepła wyrażony procentowo jest tym mniejszy, im większy jest udział współczynnika przenikania mostka cieplnego w sumarycznym współczynniku przenoszenia ciepła okna.

Należy także zwrócić uwagę, że w przyjętym modelu nominalne zmiany strat ciepła są zależne od dodatkowego oporu cieplnego rolety oraz wyjściowego współczynnika przenikania ciepła okna, ale nie od współczynnika przenikania ciepła liniowego mostka cieplnego. Oznacza, to że nominalna wartość ograniczenia strat ciepła nie jest zależna od sposobu osadzenia okna w przegrodzie i dla trzech wariantów Tabeli 6 będzie taka sama. Wartości nominalne różnicy przedstawiono w Tabeli 7.

Tabela 7. Nominalna różnica strat ciepła po zastosowaniu rolet

	ΔR [m^2K/W]		
U_w [$W/m^2 \cdot K$]	0,1	0,2	0,3
1,4	10,8	19,2	25,9
1,2	8,1	14,6	19,9
1	5,7	10,4	14,5
0,8	3,7	6,9	9,7

PODSUMOWANIE

Przez analizę wzorów podanych w polskich normach technicznych oraz w przepisach stwierdzono, że wpływ rolet zewnętrznych na wielkość strat ciepła przez okna występuje i w zależności od wielu czynników może być znaczący. Zaproponowany sposób przeprowadzania obliczeń wielkości ograniczenia strat ciepła jest zgodny ze wspomnianymi normami i przepisami oraz uwzględnia założenia oraz uproszczenia umożliwiające jego zastosowanie w wielu sytuacjach i porównywanie wyników. W przeprowadzaniu obliczeń największe trudności może sprawić wiarygodne określenie wartości wszystkich warunków brzegowych wpływających na wynik.

Uzyskane wyniki po przeliczeniu na koszt energii mogą posłużyć do oceny opłacalności montażu rolet zewnętrznych, lub jako dane wyjściowe do bardziej złożonych problemów optymalizacyjnych.

Dodatkowym wnioskiem, który można wyciągnąć z obliczeń przeprowadzonych na potrzeby tej pracy jest stwierdzenie znaczącej roli w stratach ciepła przez okna mostków cieplnych. Występowanie mostka cieplnego ma znacznie większy wpływ na wielkość strat ciepła przez okna, niż nawet najlepszej klasy rolety.

LITERATURA

- Kubiak A., *Rolety zewnętrzne*, Materiały Budowlane 7/2001 (nr374)
- PN-B-02025 *Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego*
- PN-EN 12831:2006 *Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*
- PN-EN ISO 13790:2009 *Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia*

PN-EN ISO 14683:2008 *Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne*

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. *W sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie *Metodologii obliczania*

charakterystyki energetycznej budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej

Stachowicz A., Fedorczyk-Cisak M., 2009, *Ocena wpływu zastosowania rolet termoizolacyjnych na bilans energetyczny budynku i bierne wykorzystanie energii słonecznej*, Budownictwo Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej