

MARCIN JANICKI , DARIUSZ HEIM*

ENERGETYCZNE EFEKTY ZASTOSOWANIA W SYSTEMACH DSF OSZKLENIA O RÓŻNYCH WŁAŚCIWOŚCIACH SPEKTRALNYCH

ENERGY EFFECT OF DIFFERENT SPECTRAL PROPERTIES OF TRANSPARENT COMPONENTS IN DSF SYSTEMS

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki obliczeń energetycznych fasad podwójnych wyposażonych w systemy oszkleńcia o różnych właściwościach spektralnych. Porównano czyste szkła białe, szkła wyposażone w powłokę niskoemisyjną, barwione w masie oraz przeszklenia wyposażone w żaluzje przeciwsłoneczne. Metodami symulacyjnymi wyznaczono miesięczne zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia oraz szczytowe moce urządzeń. Na tej podstawie dokonano oceny poszczególnych rozwiązań materiałowych skonfigurowanych w różnych układach ścian fasady podwójnej.

Słowa kluczowe: przeszklenie, promieniowanie słoneczne, właściwości spektralne, transmisja promieniowania, fasada podwójna, oszczędność energii

Abstract

The results of energy analysis of double-skin façade are presented in paper. The main goal was to analyze the effect of different transparent properties of internal and external skin on energy requirements of typical office room. Eight types of commonly used glass panes in different configuration were applied and compared using dynamic, simulation technique of heat and mass transfer in buildings. Presented results shows averaged monthly energy requirements and maximum heating/cooling load.

Keywords: glazing, solar radiation, spectral properties, solar transmission, double-skin façade, energy saving

* Mgr inż. Marcin Janicki, dr hab. inż. Dariusz Heim, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Politechnika Łódzka.

1. Wstęp

Zewnętrzne ściany osłonowe to przeważnie silnie przeszklone komponenty budowlane o bardzo szerokim spektrum rozwiązań projektowych. Podstawowe zagadnienia poddawane optymalizacji dotyczą rozwiązań konstrukcyjnych, fizyko-budowlanych i ekonomicznych. Prawdopodobnie dobrze dobrane proporcje i właściwości fasady zewnętrznej mogą przyczynić się do znacznego obniżenia zapotrzebowania na energię budynku (zarówno ciepła, jak i chłodu), a tym samym poprawy jego charakterystyki energetycznej. Jednocześnie nie bez znaczenia jest dodatkowa rola fasad polegająca na doprowadzeniu do wnętrza obiektu naturalnego światła słonecznego. Jest to szczególnie ważne we wszystkich budynkach eksploatowanych w ciągu dnia, czyli np. budynkach użyteczności publicznej [1]. Elementy transparentne, przeźierne okna i fasady są jednocześnie najsłabszym, pod względem izolacyjności cieplnej, elementem budynku.

Wykluczając możliwość ograniczenia wielkości powierzchni przeszklonych, większość przyszłych działań energooszczędnych sprowadzać się będzie do poprawy izolacyjności termicznej części transparentnych. Jednym ze sposobów jest zastosowanie systemu podwójnej ściany kurtynowej, czyli systemu DSF (ang. *Double Skin Facade*). Badania nad efektywnością zastosowania fasad podwójnych w budownictwie, prowadzone są na szeroką skalę w Polsce i na świecie [2–7]. Zagadnienia funkcjonowania oraz symulacji procesów fizycznych w fasadach [7–9], jak i poszukiwania rozwiązań optymalnych [10, 11] prezentowane były przez autorów wielokrotnie na specjalistycznych konferencjach krajowych i zagranicznych. Niniejsza praca jest fragmentem większego projektu poświęconego optymalizacji rozwiązań fasady podwójnej pod kątem jakości środowiska wewnętrznego oraz oszczędności energii.

2. Fasady podwójne

Innowacyjne rozwiązania fasadowe są obecnie stosowane częściej niż kiedykolwiek wcześniej. Nadal bowiem rośnie popyt na naturalną wentylację zapewniającą wysoką jakość środowiska wewnętrznego, przy jednoczesnej tendencji do ograniczenia zapotrzebowania na energię budynków. Zaawansowane elewacje powinny spełniać wymogi izolacyjności termicznej, ochrony przed hałasem, a jednocześnie maksymalnie wykorzystywać odnawialne źródła energii – głównie energii promieniowania słonecznego. Fasady podwójne stały się ważnym i coraz popularniejszym elementem architektury, zwłaszcza w budynkach biurowych, na w ciągu ostatnich 15 lat. Jednak nie wszystkie zrealizowane inwestycje dają dobre wyniki. W wielu przypadkach konieczne było zastosowanie złożonych systemów klimatyzacji, które w okresie lata eliminowały efekt przegrzewania się budynków [12]. Dlatego architektoniczne pomysły, w wielu przypadkach musiały zostać poddane weryfikacji, zaś same rozwiązania zoptymalizowane i zmodernizowane pod kątem wielkości zysków ciepła od promieniowania słonecznego na przestrzeni całego roku. Podstawowe elementy składowe podwójnej fasady możliwe do modyfikacji to: warstwa oszklenia zewnętrznego, przestrzeń buforowa (wyposażona często w dodatkowe elementy zaciemniające lub rozpraszające) oraz warstwa oszklenia wewnętrznego. Dla tych elementów modyfikować można następujące właściwości optyczne: refleksyjność, absorpcyjność i przepuszczalności promieniowania słonecznego.

3. Opis przypadków

Analizę przeprowadzono dla pięciokondygnacyjnej fasady budynku biurowego zlokalizowanego w mieście Łodzi. Warunki zewnętrzne opisano zgodnie z formatem WYEC Meteorologicznego Roku Odniesienia do Obliczeń Energetycznych, wyznaczonego wg procedury opisanej w pracy [13]. Jako model przyjęto jedynie pionowy wycinek całego obiektu, składający się z pięciu stref fasady oraz pięciu przylegających pomieszczeń o kontrolowanej temperaturze powietrza wewnętrznego. Wymiary fasady wynoszą $8\text{ m} \times 1\text{ m} \times 2,7\text{ m}$ (odpowiednio szerokość \times głębokość \times wysokość), zaś pomieszczenia $8\text{ m} \times 6\text{ m} \times 2,7\text{ m}$. W fasadzie przyjęto wentylację naturalną, przy zmiennej wielkości otwarcia wlotów i wylotów, odpowiednio 80% otwarcia dla sezonu chłodniczego oraz całkowite zamknięcie dla sezonu grzewczego. Wloty powietrza usytuowano w podłodze fasady (część nadwieszona), zaś wyloty w ścianie bocznej (nad budynek). Możliwość przepływu powietrza pomiędzy kondygnacjami przyjęto na poziomie 80%. Oznacza to, że międzykondygnacyjne przegrody w przestrzeni fasady są w 80% ażurowe.

Przegrodę zewnętrzną fasady oraz ścianę pomiędzy fasadą a pomieszczeniem zdefiniowano jako całkowicie transparentną o parametrach optycznych zależnych od kąta padania promieniowania słonecznego. Wybrane przypadki oszklenia to szyba: pojedyncza (SG), pojedyncza z wewnętrznymi żaluzjami (SGB), podwójna (DG), podwójna z powłoką niskoemisyjną (DGC) oraz szyby podwójne i antysłoneczne barwione w masie odpowiednio na kolor zielony (SGG), brązowy (SGW) lub szary (SGY). Konfiguracje poszczególnych rozwiązań zestawiono w tabeli 1, gdzie W oznacza przegrodę wewnętrzną pomiędzy fasadą a pomieszczeniem, zaś Z zewnętrzną pomiędzy fasadą a środowiskiem zewnętrznym. Jedyńm systemem dynamicznie reagującym na zmieniające się warunki środowiska wewnętrznego były szyby wyposażone w żaluzje (SGB).

Tabela 1

Analizowane przypadki transparentnej obudowy fasady

W \ Z	SG	DG	DGC	SGB	SGG	SGW	SGY
SG	1	2		3		4	
DG	5	6		7			
DGC	8			9		10	
SGB	11						
DGG	12						
DGW	13						
DGY	14						

Strategia sterowania uwzględniała dynamicznie zmieniające się warunki w strefie o kontrolowanej temperaturze powietrza wewnętrznego. Przyjęto najprostsze sterowanie polegające na całkowitym zamknięciu żaluzji, gdy temperatura powietrza wewnętrznego przekracza $24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. Wyniki analizy

Na rysunkach 1–4 zestawiono wyniki obliczeń szczytowej mocy grzewczej i chłodniczej oraz miesięcznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia. Porównano ze sobą różne przypadki konfiguracji przeszkleń zgodnie z danymi zestawionymi w tab. 1.

Porównując najprostsze układy fasady pojedynczej z systemami DSF (rys. 1), należy zauważyć niewielkie różnice w otrzymanych wynikach mocy dla okresu grzewczego oraz istotne (dla niektórych miesięcy dwukrotne) dla sezonu chłodniczego. Dobre wyniki uzyskuje się już w momencie zastosowania podwójnej fasady (SG_SG). Mniejszy wpływ na moc szczytową ma natomiast podwyższona izolacyjność wewnętrznej kurtyny, dzięki zastosowaniu podwójnego oszklelenia (DG_SG). Należy przy tym zaznaczyć, że zapotrzebowanie na ciepło w sezonie grzewczym jest zbliżone pod względem wartości do zapotrzebowania na chłód w okresie lata. Natomiast w przypadku zapotrzebowania na moc chłodniczą jest ona kilkakrotnie wyższa dla miesięcy letnich. Wynika to z faktu wysokich zysków od promieniowania słonecznego występujących stosunkowo krótko okres w czasie użytkowania pomieszczeń.

Na rysunku 2 porównano wpływ zastosowania na części zewnętrznej szkła o podwyższonej absorpcyjności (SG_SGW) oraz wyposażonego w żaluzje (SG_SGB). Zabieg tego typu nie ma znacznego wpływu na moce grzewcze, natomiast istotnie ogranicza zapotrzebowanie na moc chłodniczą. Podobne wnioski można sformułować w odniesieniu do zapotrzebowania na energię. Natomiast w przypadku zastosowania oszklelenia o podwyższonej absorpcyjności od strony wewnętrznej (SGB_SG) znacznie maleje zapotrzebowanie na ciepło kosztem podwyższonego zapotrzebowania na energię chłodniczą.

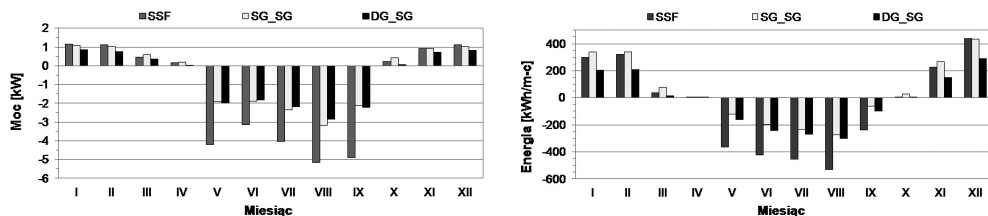
Na rysunku 3 zestawiono przypadki, dla których powłoka wewnętrzna wykonana jest z podwójnego przeszkleń, wyposażonego (DGC) bądź nie (DG) w powłokę niskoemisyjną. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, iż poprawa izolacyjności termicznej kurtyny wewnętrznej nie ma aż tak dużego wpływu na bilans energetycznych fasady, jak analizowana poprzednio podwyższona absorpcyjność przeszkleń.

Wyniki zamieszczone na rys. 4 dotyczą przypadków stosowania szkieł o różnej absorpcyjności na wewnętrznych powierzchniach fasady (szklonych podwójnie) i pojedynczym szkleniu części zewnętrznej. Tym razem wpływ nie jest aż tak znaczący, jak dla barwionej kurtyny zewnętrznej, dla której rezultaty obliczeń przedstawiono na rys. 2.

5. Wnioski

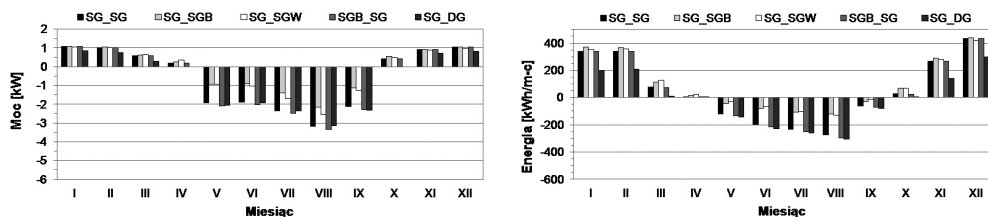
Na podstawie zaprezentowanych wyników należy stwierdzić, że rodzaj zastosowanego oszklelenia fasady podwójnej może mieć istotny wpływ na jej efektywność energetyczną. Przy pewnych szczególnych konfiguracjach i nietypowych właściwościach materiałowych możliwe jest zredukowanie miesięcznego zapotrzebowania na energię lub moc nawet 2–3 krotnie. Maksymalna moc chłodnicza dla fasady pojedynczej (szklonej podwójnie) wynosi około 5 kW, natomiast dla fasad podwójnych mieści się w przedziale 1–3 kW. Znacząca różnica w projektowanej mocy urządzeń chłodniczych przemawia zdecydowanie na korzyść bardziej „zrównoważonych” systemów DSF.

Efektem właściwego doboru i konfiguracji materiałów transparentnych może być znaczne ograniczenie miesięcznego zapotrzebowania na energię lub/i moc, zaś dla miesięcy przejściowych (wiosny i jesieni) całkowite zredukowanie zapotrzebowania na energię.



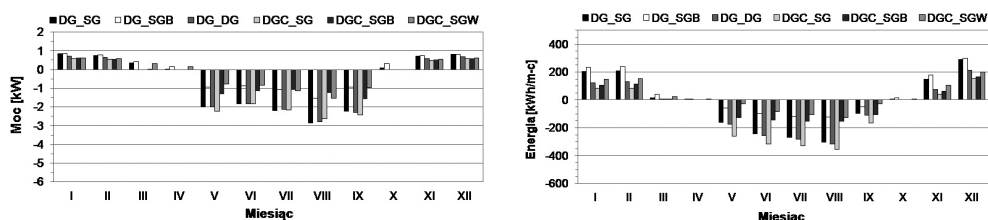
Rys. 1. Szczytowe moce urządzeń grzewczo-chłodniczych oraz miesięczne zapotrzebowanie na ciepło i chłód dla szyb SSF, SG i DG

Fig. 1. Heating-cooling load and monthly energy requirements for glasses SSF, SG & DG



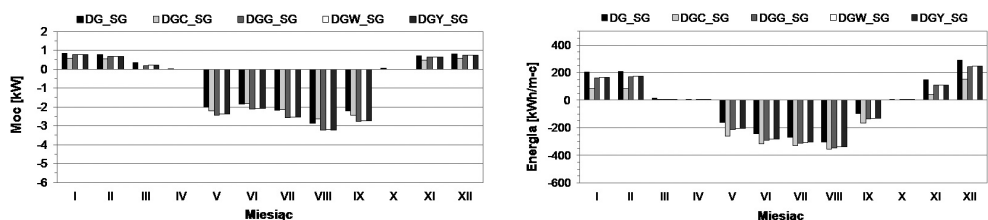
Rys. 2. Szczytowe moce urządzeń grzewczo-chłodniczych oraz miesięczne zapotrzebowanie na ciepło i chłód dla szyb SG, SGB, SGW i DG

Fig. 2. Heating-cooling load and monthly energy requirements for glasses SG, SGB, SGW & DG



Rys. 3. Szczytowe moce urządzeń grzewczo-chłodniczych oraz miesięczne zapotrzebowanie na ciepło i chłód dla szyb SG, SGB, SGW, DGC i DG

Fig. 3. Heating-cooling load and monthly energy requirements for glasses SG, SGB, SGW, DGC & DG



Ryc. 4. Szczytowe moce urządzeń grzewczo-chłodniczych oraz miesięczne zapotrzebowanie na ciepło i chłód dla szyb SG, DGC, SGW, DGG i DGY

Fig. 4. Heating-cooling load and monthly energy requirements for glasses SG, DGC, SGW, DGG & DGY

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2011-2013 jako projekt badawczy nr N N506 205940 „Optymalizacja fasad podwójnych pod kątem oszczędności energii i jakości środowiska wewnętrznego”.

Literatura

- [1] Poirazis H., *Double-Skin Facades for Office Buildings — Literature Review*, Lund University, Sweden 2004.
- [2] Bielek B., Bielek M., Palko M., *Dvojite transparentne fasady budov, 1. Diel: Historia, vyvoj, simulacia, experiment a konstrukcja torby*, Coreal, spol. S r.o., Bratislava 2002.
- [3] Gavan V., Woloszyn M., Roux J.J., Muresan C., Safer N., *An investigation into the effect of ventilated double-skin Facade with venetian blinds: Global simulation and assessment of energy performance*, Proc. of X IBPSA Conference BS 2007, Beijing 2007, 127-133.
- [4] Gertis K., *New façade developments – do they make sense from a building physics point of view? Part 2: Glass Double Façades*, Bauphysik 2, 54–66 (in German), 1999.
- [5] Hensen J., Bartak M., Drkal F., *Modeling and simulation of a double-skin façade system*, ASHRAE Transactions, vol. 108:2, Atlanta 2002.
- [6] Saelens D., Roels S., Hens H., *Strategies to improve the energy performance of multiple-skin facades*, Building and Environment, 43 (4), 2008, 638-650.
- [7] Heim D., *Comparison of sensible and latent thermal storage potential of double-skin façade*. [in:] *Research in Building Physics and Building Engineering*, Fazio P., Ge H., Rao J. & Desmarais G. (ed.), Taylor & Francis Publishers, 2006, 301-309.
- [8] Heim D., Sprysch M.V., Romanowska A., *Podwójna eksperymentalna fasada budynku uniwersyteckiego w Braunschweigu*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska z. 40., Energia Odnawialna – innowacyjne idee i technologie dla budownictwa, Rzeszów, nr 229, 2006, 213-218.
- [9] Heim D., Janicki M., *Modelowanie metodą sieciową zjawisk transportu ciepła i masy w podwójnych fasadach budynków*, 56 Konferencja Naukowa KILiW PAN oraz KN PZITB: Problemy naukowo-badawcze budownictwa, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2010, 97-104.
- [10] Heim D., Janicki M., Jędrzejuk H., Klemm P., Marks W., *Sformułowanie zadania optymalizacji w odniesieniu do fasad podwójnych*, Mat. XIII Konferencji Naukowo-Technicznej Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, Łódź 2011, 119-124.
- [11] Heim D., Janicki M., *Double criterion optimisation of transparent façades accounting solar thermal processes*, artykuł zaakceptowany na V International Building Physics Conference, Kyoto 2012.
- [12] Narowski P., Sowa J., *Problemy określania strumieni energii od nasłonecznienia w silnie przeszklonych budynkach o skomplikowanym kształcie*, Mat. VI Sympozjum Budownictwo Ekologiczne, Szklarska Poręba 2009, 51-69.
- [13] Narowski P., Janicki M., Heim D., *Meteorologiczny rok odniesienia do obliczeń energetycznych (WYEC2) dla potrzeb optymalizacji fasad budynków*, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, tom VI, nr 2, Łódź, 2011, 67-76.
- [14] Heim D., *Modyfikacja termo-optycznych właściwości transparentnych elementów obudowy budynków*, Warszawa 2011.