

Konstrukcja okien a bilans cieplny pomieszczenia

Dr inż. Magdalena Grudzińska, Politechnika Lubelska

1. Wprowadzenie

Wszystkie przegrody budowlane oddzielające pomieszczenie od powietrza zewnętrznego mają wpływ na zapotrzebowanie na energię do jego ogrzewania. Ich udział w bilansie energetycznym uzależniony jest od izolacyjności cieplnej oraz powierzchni. Niektóre przegrody są źródłem jedynie strat ciepła, a niektóre – np. przegrody przezroczyste, mogą generować również pewne zyski ciepła związane z transmisją do pomieszczenia energii promieniowania słonecznego.

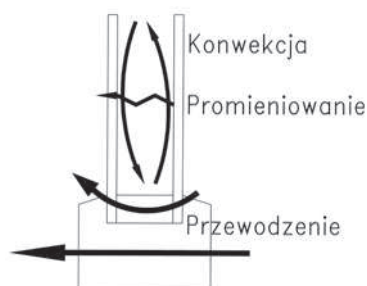
W przypadku przegród przeszklonych, zwiększonej izolacyjności termicznej towarzyszy na ogół mniejsza przepuszczalność promieniowania słonecznego, czyli ograniczenie strat cieplnych związane jest również z ograniczeniem zysków słonecznych. Niniejszy artykuł jest próbą określenia, który z powyższych czynników będzie miał bardziej istotny wpływ na sezonowe zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, na podstawie analizy bilansu cieplnego w przykładowym pomieszczeniu mieszkalnym o różnej konstrukcji okien.

2. Komponenty okien i ich wpływ na izolacyjność termiczną

Okna są elementami, w których zjawiska przepływu ciepła są dość złożone, ze względu na zróżnicowaną budowę ich części składowych.

W ramach okiennych dominuje przewodzenie ciepła (w przypadku profili pełnych) lub przewodzenie połączone z konwekcją i promieniowaniem (w przypadku profili komorowych). Izolacyjność termiczna pełnych ram drewnianych zależy od rodzaju materiału – miękkie drewno iglaste (np. sosnowe) ma współczynnik przenikania ciepła o około 20% niższy niż twarde drewno liściaste (np. dębowe), ze względu na mniej zwartą strukturę. W przypadku profili komorowych z PCW lub aluminium, izolacyjność termiczna rośnie wraz ze zwiększeniem ilości przegród wewnętrznych, ograniczających cyrkulację powietrza w komorach. Zarówno w ramach pełnych, jak i komorowych można stosować wypełnienia wewnętrzne z materiałów termoizolacyjnych, np. z pianki poliuretanowej.

Układy równoległych szyb przekazują ciepło głównie na drodze promieniowania między szybami i konwek-



Rys. 1.1.
Schemat wymiany ciepła przez elementy okna

cyjnych ruchów gazu w przestrzeni międzyszybowej. Izolacyjność termiczną zestawu szyb zespolonych można zwiększyć w następujący sposób:

- zwiększając ilość szyb oraz odległość pomiędzy nimi;
- stosując szyby z powłokami niskoemisyjnymi odbijającymi promieniowanie ciepłe do wewnątrz pomieszczeń;
- stosując wypełnienie z gazu szlachetnego pomiędzy szybami, pozwalające na zmniejszenie strat ciepła przez konwekcję.

Zabiegi te najczęściej skutkują zmniejszeniem transmisyjności promieniowania słonecznego i ograniczeniem słonecznych zysków energetycznych.

Metalowe ramki dystansowe łączące szyby zespolone stanowią mostek termiczny, zwiększający intensywność przepływu ciepła w miejscu osadzenia szyb w ramie okiennej. Jego widocznym efektem może być wykraplanie się wilgoci wzdłuż krawędzi szyby. W oknach o podwyższonych parametrach izolacyjnych, zamiast typowych ramek metalowych można stosować elementy pozwalające na ograniczenie niekorzystnego wpływu mostków cieplnych. Do rozwiązań takich zalicza się:

- ramki ze stali nierdzewnej;
- profile z tworzyw sztucznych ze wzmocnieniem z folii lub taśmy metalowej;
- ramki z elastycznych taśm lub mas uszczelniających nakładanych wzdłuż krawędzi szyb.

Izolacyjność termiczną całego okna określa wypadkowy współczynnik przenikania ciepła U_w , uwzględniający rodzaj ram okiennych, szyb i ramek dystansowych. Oblicza się go ze wzoru [6]:

$$U_w = \frac{U_f A_f + U_g A_g + \Psi_g l_g}{A_f + A_g} \quad (1.1.)$$

gdzie:

U_f – współczynnik przenikania ciepła przez skrzydła ram i ościeżnicę [W/m²K]

U_g – współczynnik przenikania ciepła przez oszklenie [W/m²K]

Ψ_g – liniowy współczynnik przenikania ciepła uwzględniający mostek cieplny w miejscu połączenia ościeżnicy, szyby i ramki dystansowej [W/mK]

A_f – pole powierzchni ram i ościeżnicy [m²]

A_g – pole powierzchni oszklenia [m²]

l_g – łączna długość krawędzi oszklenia [m].

Orientacyjny udział poszczególnych składników w izolacyjności całego elementu przedstawia się następująco.

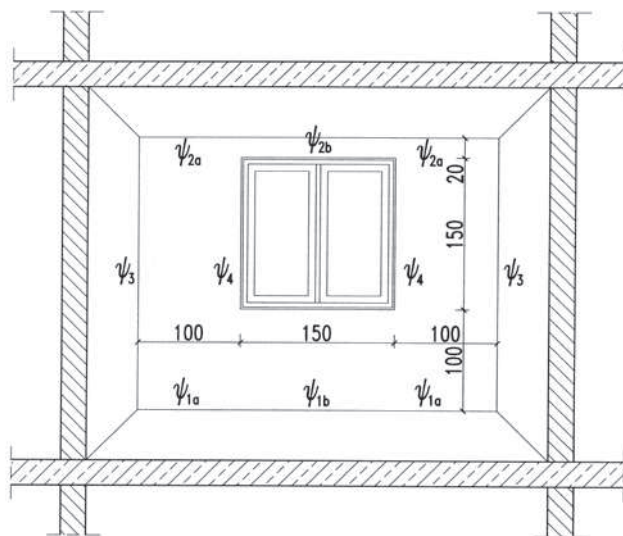
Tabela. 1.1. Udział elementów okna w stratach ciepła, wg [5]

Element	Udział w stratach ciepła przez okno [%]
Ramy okienne	40 ÷ 55
Szyby	40 ÷ 50
Ramki dystansowe	5 ÷ 10

3. Założenia przyjęte w obliczeniach

Obliczenia przeprowadzono w oparciu o normę PN-EN ISO 13790 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia” [8]. Norma prezentuje metody szacowania rocznego zużycia energii z uwzględnieniem strat ciepła przez przenikanie i wentylację oraz zysków wewnętrznych i pochodzących od nasłonecznienia dla poszczególnych pomieszczeń lub całego budynku.

Analizy przeprowadzono na przykładzie pokoju mieszkalnego o powierzchni podłogi 3,5 x 2,5 m. Pomieszczenie ma jedną ścianę zewnętrzną, o współczynniku przenikania ciepła 0,298 W/m²K (cegła kratówka 25 cm ocieplona metodą BSO za pomocą



Rys. 2.1. Schemat analizowanego pomieszczenia

stropianu gr. 15 cm). Przegroda spełnia wymagania izolacyjności cieplnej zawarte w rozporządzeniu [4]. W obliczeniach uwzględniono mostki cieplne w połączeniach ścian i stropów oraz na obwodzie okna, przyjmując liniowe współczynniki przenikania ciepła zgodnie z [1]. Szkic pomieszczenia i przegrody zewnętrznej wraz z oznaczeniem mostków liniowych przedstawia rysunek 2.1.

W ścianie zewnętrznej przewidziano okno o wymiarach w świetle otworu 1,5 x 1,5 m, dwuskrzydłowe ze słupkiem stałym. Wymiary oszklenia spełniają zalecenia związane z naturalnym oświetleniem pomieszczeń, zawarte w [4]. W obliczeniach zmieniano konstrukcję ram i oszklenia, oznaczając elementy w następujący sposób. Grupy okien o stałej transmisyjności promieniowania słonecznego (wynikającej z jednakowego rodzaju oszklenia) oznaczono cyframi

Tabela 2.1. Oznaczenia i komponenty analizowanych okien

Symbol	Rama (przykładowo)	U_f [W/m ² K]	Szyby (przykładowo)	U_g [W/m ² K]	U_w [W/m ² K]	Transmisyjność promieniowania słonecznego
Ia	PCW 5-kom.	1,3	dwukomorowe niepowlekanie	1,8	1,80	0,70
Ib	PCW 5-kom. z pianką poliuret.	1,1	dwukomorowe, niepowlekanie	1,8	1,72	0,70
Ic	drewniana z pianką poliuret.	0,7	dwukomorowe, niepowlekanie	1,8	1,57	0,70
IIa	PCW 5-kom.	1,3	jednokomorowe z powł. niskoem.	1,6	1,68	0,67
IIb	PCW 5-kom. z pianką poliuret.	1,1	jednokomorowe z powł. niskoem.	1,6	1,60	0,67
IIc	drewniana z pianką poliuret.	0,7	jednokomorowe z powł. niskoem.	1,6	1,44	0,67
IIIa	PCW 5-kom.	1,3	dwukomorowe z powł. niskoem.	1,0	1,32	0,50
IIIb	PCW 5-kom. z pianką poliuret.	1,1	dwukomorowe z powł. niskoem.	1,0	1,24	0,50
IIIc	drewniana z pianką poliuret.	0,7	dwukomorowe z powł. niskoem.	1,0	1,08	0,50

rzymskimi I, II i III. W obrębie każdej z grup zróżnicowano rodzaje ram okiennych (oznaczenia „a”, „b” i „c”), co pozwoliło uzyskać różne współczynniki przenikania ciepła całego elementu. Współczynniki przenikania ciepła komponentów okien założono na podstawie normy [6], monografii [3] oraz przykładowych danych prezentowanych przez producentów stolarki. Dane przyjęte do obliczeń zestawiono w tabeli 2.1.

Temperaturę powietrza wewnętrznego w rozważanym pomieszczeniu i pomieszczeniach sąsiednich przyjęto $+20^{\circ}\text{C}$, temperatura zewnętrzna w ciągu sezonu grzewczego zmienia się zgodnie z danymi dla typowego roku meteorologicznego w miejscowości Lublin. Pod względem helioenergetycznym, region podlasko-lubelski jest jedną z najbardziej korzystnych lokalizacji na terenie kraju [2], a zróżnicowane warunki nasłonecznienia uwzględniono zakładając, że przegroda zewnętrzna z oknem może być skierowana na północ, wschód, zachód lub południe.

4. Wyniki analiz

Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania pomieszczenia $Q_{H,nd}$ obliczane wg metody miesięcznej opisanej w [8] przedstawia się następująco:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad (2.1.)$$

gdzie:

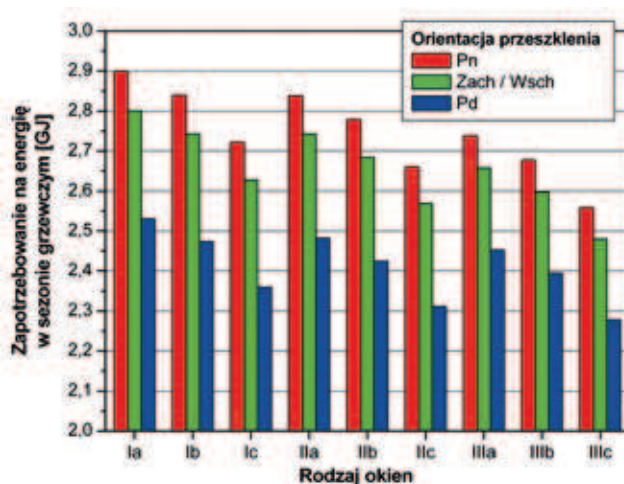
$Q_{H,ht}$ – całkowite przenoszenie ciepła, uwzględniające straty ciepła przez obudowę budynku lub pomieszczeń i straty ciepła na ogrzanie powietrza wentylacyjnego

$Q_{H,gn}$ – całkowite zyski ciepła, uwzględniające zyski bytowe i pochodzące od promieniowania słonecznego
 $\eta_{H,gn}$ – bezwymiarowy czynnik wykorzystania zysków ciepła.

W pracy obliczono zapotrzebowanie na ciepło w czasie sezonu grzewczego w przykładowym pomieszczeniu, przy zmieniających się rodzajach okien i ich orientacji względem stron świata. Bilans cieplny dla różnych orientacji przeszkleń przedstawiono na rysunku 3.1.

Dla każdego rodzaju okien, największe zużycie energii w sezonie grzewczym wiąże się z orientacją północną, a najmniejsze – z południową. Różnice między tymi przypadkami wynoszą około 13% w grupie okien I i II, oraz około 11% w grupie okien III. Wynika to z najmniejszej transmisyjności promieniowania słonecznego w grupie III, ograniczającej zyski energetyczne. Różnice w zużyciu energii między orientacją północną i wschodnią oraz zachodnią są znacznie mniejsze i wynoszą około 3% we wszystkich grupach okien.

W poszczególnych grupach elementów o stałej przepuszczalności promieniowania (I, II i III), zapotrzebowanie na energię do ogrzewania maleje wraz

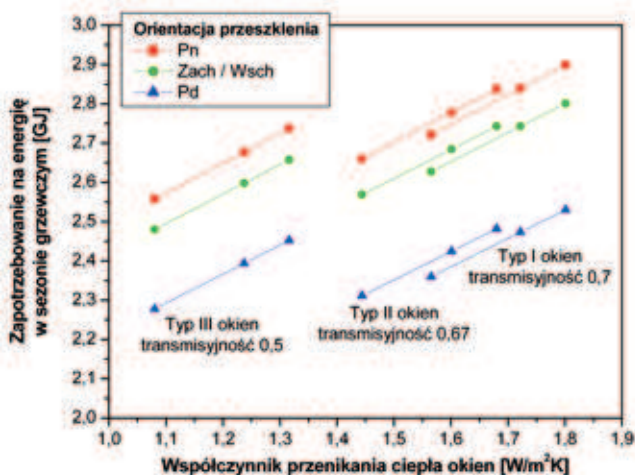


Rys. 3.1. Zapotrzebowanie na energię w zależności od rodzaju okien i ich orientacji

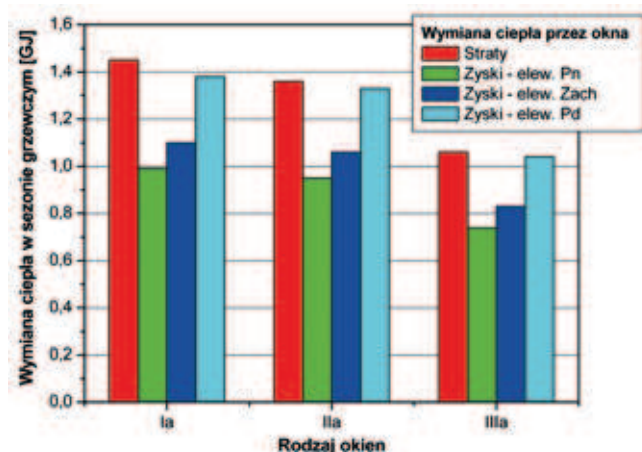
ze zmniejszeniem współczynnika przenikania ciepła całego okna. Różnice bilansu cieplnego między pomieszczeniami z oknami o najlepszych i najgorszych parametrach izolacyjnych (typ „a” i „c”) wynoszą dla wszystkich orientacji względem stron świata 6÷7%. Całkowite zużycie energii w czasie sezonu grzewczego jest najmniejsze w grupie III.

Dane przedstawione na rysunku 3.1. zaprezentowano również w nieco innej formie graficznej, uzależniając bilans cieplny od współczynnika przenikania ciepła okien.

Wykresy przedstawione na rysunku 3.2. wskazują na liniową zależność między zapotrzebowaniem na energię a współczynnikiem przenikania ciepła okien. Poszczególne linie są przesunięte w przypadku przeszkleń o różnej transmisyjności promieniowania słonecznego, ale ich nachylenie względem osi układu współrzędnych jest stałe w rozpatrywanym zakresie danych. Może to pozwolić na prognozowanie bilansu



Rys. 3.2. Zapotrzebowanie na energię w zależności od współczynnika przenikania ciepła okien i ich orientacji



Rys. 3.3. Straty i zyski ciepła w pomieszczeniu w przypadku różnej lokalizacji okien – typ „a”

energetycznego dla okien o parametrach innych niż przyjęte w obliczeniach.

Na wykresie 3.3. porównano zyski i straty ciepła przez okna dla pomieszczeń o różnej lokalizacji względem stron świata. Zyski pochodzące od promieniowania słonecznego uwzględniono wraz ze współczynnikiem ich wykorzystania $\eta_{H,gn}$, uzależnionym od bezwładności cieplnej obudowy pomieszczenia. Prezentację wyników ograniczono do okien o najniższej i najwyższej izolacyjności przy danym typie oszklenia (okna Ia, IIa, IIIa oraz Ic, IIc i IIIc).

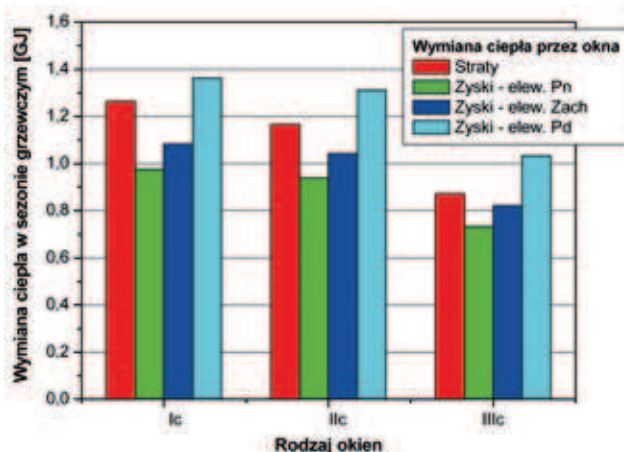
Bez względu na rodzaj okien (tzn. ich izolacyjność cieplną i zdolność transmisji promieniowania), na elewacji północnej i zachodniej straty ciepła w ciągu sezonu grzewczego przewyższają słoneczne zyski energetyczne.

Na elewacji południowej proporcja zysków i strat uzależniona jest od rodzaju okien. W grupie stolarki o najniższej izolacyjności („a”) straty ciepła dominują nad zyskami energetycznymi, przy czym dla okien typu III różnica strat i zysków jest najmniejsza. W grupie o izolacyjności najwyższej („c”) zyski od promieniowania słonecznego są większe niż straty ciepła przez okna, a „naddatek” energii w stosunku do strat wynosi 8, 12 i 18% odpowiednio dla okien typu I, II i III.

Proporcje te wskazują okna typu III (o największej izolacyjności cieplnej i najmniejszej transmisyjności promieniowania) jako najbardziej korzystne z uwagi na całkowity bilans cieplny, mimo najniższych zysków energetycznych wynikających z ich zastosowania. Potwierdzają to również zależności przedstawione na wykresie 3.1.

5. Wnioski

W analizowanym przykładzie, czynnikiem najbardziej istotnym dla ograniczenia zużycia energii na cele grzewcze pomieszczeń o orientacji północnej, wschodniej i zachodniej jest izolacyjność cieplna okien. Przy założonych wymiarach przeszklenia, prze-



Rys. 3.4. Straty i zyski ciepła w pomieszczeniu w przypadku różnej lokalizacji okien – typ „c”

puszczalność promieniowania słonecznego jest czynnikiem drugorzędny, a zyski energetyczne w ciągu sezonu grzewczego nie przewyższają strat ciepła przez okna.

W przypadku okien skierowanych na południe, straty ciepła przez przegrody przeszklone również są decydujące dla kształtowania potrzeb energetycznych pomieszczenia, mimo że zyski ciepła są większe niż dla pozostałych orientacji i mogą przewyższać straty w czasie sezonu grzewczego.

Pełna ocena możliwości wykorzystania zysków energii pochodzących od promieniowania słonecznego będzie możliwa po uwzględnieniu w obliczeniach zmiennych powierzchni przeszklenia. Analiza ta będzie przedmiotem kolejnego artykułu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dylla A., „Praktyczna fizyka cieplna budowl”, Wydawnictwa Uczelniane UTP Bydgoszcz, Bydgoszcz 2009
- [2] „Konwersja termiczna energii promieniowania słonecznego w warunkach krajowych”, praca zbiorowa pod red. W. Gogoła, KTiS PAN, Warszawa 1993
- [3] Laskowski L., „Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynków”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008

WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [4] Rozporządzenie ministra infrastruktury z 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. Nr 201, poz. 1238 z 2008 r.
- [5] Stola S., „Elementy konstrukcyjne okna oraz ich wpływ na izolacyjność cieplną”, praca dyplomowa pod kier. dr inż. M. Grudzińskiej – studia podyplomowe „Audyt energetyczny na potrzeby termomodernizacji i ocena energetyczna budynków”, Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, Lublin 2009
- [6] EN ISO 10077-1 „Ciepłne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 1: Postanowienia ogólne”
- [7] EN ISO 13789 „Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację. Metoda obliczania”
- [8] PN-EN ISO 13790 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia”