

Fasady szklane w budynkach energooszczędnych

DR INŻ. MAŁGORZATA FEDORCZAK-CISAK, DR INŻ. ALICJA KOWALSKA-KOCZWARA
POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII ŁADOWEJ, INSTYTUT MATERIAŁÓW
I KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH

Przemiany w sektorze budownictwa wynikające ze zmieniających się uregulowań prawnych, popartych wprowadzanymi zmianami w prawodawstwie, wpływają na kształtowanie się rynku budowlanego i rozwój nowych technologii. W ostatnich latach można zaobserwować na rynku technologii budowlanych wzrost sprzedaży systemów pozyskujących energię ze źródeł odnawialnych, takich jak kolektory słoneczne, pompy ciepła, systemy wentylacyjne z odzyskiem ciepła. Systemy te wspomagają tradycyjne systemy grzewczo-klimatyzacyjno-wentylacyjne. Drugi obszar działań to maksymalizacja ograniczenia zapotrzebowania na energię w wyniku projektowania szczelnej obudowy budynku, o coraz lepszych parametrach ochrony cieplnej.

Materiały konstrukcyjne i termoizolacyjne mają coraz niższe (lepsze) współczynniki przewodzenia ciepła. Aby osiągnąć wartości dla przegród pełnych na poziomie wymagań budynków niskoenergetycznych, pasywnych, wystarczy zwiększyć grubość warstwy termoizolacyjnej. W porównaniu z przegrodami pełnymi, okna i fasady, cały czas, z punktu widzenia ochrony cieplnej obudowy budynku pozostają w tyle (por. tab. 1). Nawet najnowocześniejsze rozwiązania przegród szklanych mają parametry kilkakrotnie gorsze od dobrze zaizolowanej ściany. Wyzwaniem technologicznym jest opracowanie okien o bardzo dobrych parametrach ochrony cieplnej, porównywalnej z przegrodami pełnymi, bez utraty właściwości pozyskiwania energii słonecznej oraz reagujących w dynamiczny sposób na potrzeby bilansu energetycznego budynku.

Wagę implementowania idei energooszczędności w budownictwie, a co za tym idzie poszukiwania nowych rozwiązań materiałowych wzmacnia przyjęcie dyrektywy 2010/31/EU z 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) [8], która wprowadza pojęcie „budynków o niemal zerowym zużyciu energii”. Wytycza ona kierunek maksymalnej poprawy izolacyjności przegród

Tabela 1. Wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród pełnych i przeszklonych.

Lata	Akty prawne	U_{max} Ściany zewnętrzne: przy $t_i \geq 16^\circ C$ $W/(m^2 \cdot K)$	U_{max} (okna przy $t_i \geq 16^\circ C$) $W/(m^2 \cdot K)$
2008-2013	Rozporządzenie MI z dn. 6.11.2008	0,30	1,8 (1,7) w zależności od strefy klimatycznej
1.01.2014	Rozporządzenie	0,25	1,3
1.01.2017	MTBiGM z dn. 5.07.2013	0,23	1,1
1.01.2021	Wytyczne Instytutu budynków pasywnych w Darmstadt	0,15	0,8

SŁOWA KLUCZOWE

fasady szklane, energooszczędność, wymagania ochrony cieplnej, innowacje

KEYWORDS

glass facades, energy efficiency, demand of thermal protect, innovations

Małgorzata Fedorcak-Cisak



Adiunkt w Zakładzie Budownictwa i Fizyki Budowli na Wydziale Inżynierii Ładowej Politechniki Krakowskiej, koordynator projektu Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego, kierownik projektu Małopolskiego Centrum Budownictwa Energooszczędnego, współautorka strategii rozwoju województwa małopolskiego w zakresie rozwoju budownictwa energooszczędnego.
mporanna@wp.pl

Alicja Kowalska-Koczwara



Adiunkt naukowo-dydaktyczny w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej, zastępca dyrektora Instytutu ds. Naukowo-Badawczych i Współpracy z Przemysłem; specjalizuje się w rozwijaniu normowych ujęć wpływu drgań na ludzi przebywających w budynkach. Doświadczenie w pomiarach wpływu drgań na budowlę i ich elementy zdobywała, biorąc udział w licznych ekspertyzach dotyczących wpływów komunikacyjnych m.in. Metro Warszawskie, Tramwaje Warszawskie, Tramwaje Krakowskie.
alicja.kowalska.koczwara@gmail.com

STRESZCZENIE

Zmiany uregulowań prawnych oraz moda na energooszczędność wymuszają na nowoczesnym budownictwie rozwój nowych materiałów i technologii. Fasady budynków, które do niedawna miały spełniać głównie funkcje reprezentatywne także muszą zostać dostosowane do tego trendu. Celem artykułu jest przegląd nowoczesnych systemów przeszklenia fasad budynków. Przedstawiono wymagania, jakie muszą spełniać fasady szklane, aby mogły być uznane za niskoenergetyczne. Zaprezentowano także możliwości pozyskiwania energii słonecznej w nowoczesnych systemach fasad i okien.

SUMMARY

Glass facades in energy-saving buildings

Changes in regulations and fashion for energy efficiency forces on modern building development of new materials and technology. Facades of buildings, which until recently have mainly representative functions, have to adapt to this trend. The purpose of this article is to review modern glazing facades systems of buildings. The requirements which must be fulfilled by glass facades to be considered for low energy were presented. There are also presented capabilities of obtaining solar energy in modern facades and windows.



Rys. 1. Fasady szklane firmy Vis Inventis [5].

zewnątrznych, którymi są także fasady i okna. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w dużym stopniu z energii pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych, wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu.

Jednym z głównych sposobów biernego pozyskania energii w budynkach niskoenergetycznych jest wykorzystanie energii słonecznej. Biernie źródło ciepła pochodzące z promieniowania słonecznego może być właściwie wykorzystane tylko pod warunkiem odpowiedniego pod względem usytuowania i rozwiązań projektu architektonicznego. Tego typu „darmowa” energia jest jednym z podstawowych źródeł ogrzewania tzw. budynków pasywnych, szeroko rozpowszechnionych w takich krajach, jak np.: Niemcy, Austria, Skandynawia oraz Stany Zjednoczone. W Polsce mamy kilka realizacji budynków pasywnych potwierdzonych certyfikatem pasywności wydanym przez instytut w Darmstadt i pierwsze doświadczenia z użytkowania budynków. Są to zarówno przykłady modelowych budynków mieszkalnych (Smolec pod Wrocławiem), jak i budynków użyteczności publicznej (hala sportowa w Słomnikach, kościół w Nowym Targu). W celu uzyskania możliwie największych biernych zysków cieplnych budynek powinien mieć od strony południowej duże powierzchnie przeszkleń, umożliwiające wzmożone oddziaływanie promieniowania słonecznego (por. rys. 1).

Parametry przeszkleń powinny być dobrane tak, aby zapobiec nadmiernym stratom ciepła zimą oraz przegrzewaniu latem („dodatni bilans energii”). Są to oczywiście sprzeczne oczekiwania, którym starają się sprostać producenci i konstruktorzy nowoczesnych okien i fasad szklanych. Rozwiązaniem tych wyzwań mogą być rozwiązania materiałowe przeszkleń o dynamicznie zmieniających się parametrach lub projektowanie przeszkleń na każdej orientacji indywidualnie z uwzględnieniem bilansu energetycznego przegród przezroczystych.

Wymagania dotyczące projektowania fasad i okien wg WT

Wymagania sprecyzowane w Warunkach Technicznych z 2002 r. z późniejszymi zmianami (oraz 2013 – nowelizacja WT) [1, 2] określają minimalną wielkość przeszkleń dla pomieszczeń przeznaczonych dla ludzi wyrażoną jako stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi. Wielkość ta powinna być nie mniejsza niż 1:8. Ograniczenia dotyczące okien w budynku produkcyjnym, magazynowym i gospodarczym mówią, że łączne pole powierzchni okien oraz ścian szklanych w stosunku do powierzchni całej elewacji nie może być większe niż: w budynku jednokondygnacyjnym (halowym) – 15%, w budynku wielokondygnacyjnym – 30%.

W dziale X Warunków Technicznych, dotyczącym oszczędności energii, minimalna powierzchnia okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ [nowelizacja WT z 5 lipca 2013 r.] zakłada minimalną powierzchnię przeszkleń o współczynniku $U > 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla budynku mieszkalnego i zamieszkania zbiorowego określona jest

jako A_o , Wartość ta nie może być większa niż wartość $A_{o_{max}}$ obliczona wg wzoru:

$$A_{o_{max}} = 0,15 A_z + 0,03 A_w \quad (1)$$

gdzie:

A_z – jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

A_w – jest sumą pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu A_z [1].

Dla obiektów użyteczności publicznej, warunek ten jest spełniony z zastrzeżeniem, że nie jest to sprzeczne z warunkami dotyczącymi zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym, określonymi w §57 ww. rozporządzenia. Paragraf 57 WT mówi, że pomieszczenia przeznaczone dla ludzi powinny mieć zapewnione oświetlenie dzienne, dostosowane do jego przeznaczenia, kształtu i wielkości, z uwzględnieniem warunków przesłania określonych w §13. Odległość budynku z pomieszczeniami przeznaczonymi dla ludzi od innych obiektów powinna umożliwiać naturalne oświetlenie tych pomieszczeń, co uznaje się za spełnione, jeżeli między ramionami kąta 60° , wyznaczonego w płaszczyźnie poziomej, z wierzchołkiem usytuowanym w wewnętrznym licu ściany na osi okna pomieszczenia przesłanianego, nie znajduje się przesłaniająca część tego samego budynku lub inny obiekt przesłaniający w odległości mniejszej niż:

a) wysokość przesłaniania – dla obiektów przesłaniających o wysokości do 35 m, b) 35 m – dla obiektów przesłaniających o wysokości ponad 35 m.

We wszystkich rodzajach budynków współczynnik przepuszczalności energii całkowitej okna oraz przegród szklanych i przezroczystych g_c liczony według wzoru

$$g_c = f_c \cdot g_g \quad (2)$$

gdzie:

g_g – współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla typu oszklenia,

f_c – współczynnik redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne.

Współczynnik f_c nie może być większy niż 0,5 (według nowelizacji WT nie większy niż 0,35) z wyłączeniem okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, których udział f_c w powierzchni ściany jest większy niż 50% powierzchni ściany – wówczas należy spełnić poniższą zależność:

$$g_c \cdot f_c \leq 0,25 \quad (3)$$

gdzie:

f_c – udział powierzchni okien oraz przegród szklanych i przezroczystych w powierzchni ściany.

Wymagania tego nie stosuje się w odniesieniu do powierzchni pionowych oraz powierzchni nachylonych więcej niż 60° do poziomu, skierowanych w kierunkach od północno-zachodniego do północno-wschodniego (kierunek północny $\pm 45^\circ$), okien chronionych przed promieniowaniem słonecznym przez sztuczną przegrodę lub naturalną przegrodę budowlaną oraz do okien o powierzchni mniejszej niż $0,5 \text{ m}^2$ [nowelizacja WT z 5 lipca 2013 r.].

Wartości współczynnika całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla typu oszklenia g_g należy przyjmować na podstawie deklaracji właściwości użytkowych okna. W przypadku braku danych wartość g_g należy przyjąć z tabeli 2. Natomiast wartości współczynnika korekcyjnego redukcji promieniowania ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne f_c określa tabela 3.

Niezmiernie istotną cechą budynków niskoenergetycznych jest zachowanie szczelności. W świetle nowelizacji Warunków

Tabela 2. Współczynnik g_g w zależności od rodzaju oszklenia

Rodzaj oszklenia	Współczynnik g_g przepuszczalności energii całkowitej
Pojedynczo szklone	0,85
Podwójnie szklone	0,75
Podwójnie szklone z powłoką selektywną	0,67
Potrójnie szklone	0,7
Potrójnie szklone z powłoką selektywną	0,5
Okna podwójne	0,75

Tabela 3. Współczynnik korekcyjny f_c

Typ zasłon	Właściwości optyczne		Współczynnik korekcyjny redukcji promieniowania f_c	
	współczynnik absorpcji	współczynnik przepuszczalności	osłona wewnętrzna	osłona zewnętrzna
Białe żaluzje o lamelach nastawnych	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Zasłony białe	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Zasłony kolorowe	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Zasłony z powłoką aluminiową	0,2	0,05	0,20	0,08

Technicznych z 2013 r. [2] w budynku mieszkalnym, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej oraz produkcyjnym przegrody zewnętrzne nieprzeźroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród, przejścia elementów instalacji oraz połączenia okien z ościeżnicami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza. W budynkach niskich, średnio wysokich i wysokich, przepuszczalność powietrza dla okien i drzwi balkonowych przy ciśnieniu równym 100 Pa wynosi nie więcej niż $2,25 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ w odniesieniu do linii stykowej lub $9 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$

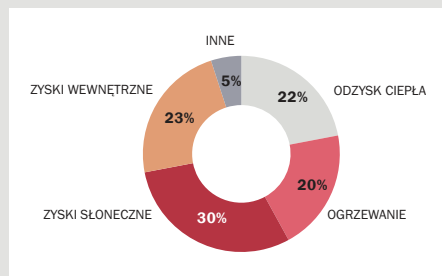
- w budynkach z wentylacją grawitacyjną lub hybrydową – $n_{50} < 3,0 \text{ 1/h}$,
- w budynkach z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją – $n_{50} < 1,5 \text{ 1/h}$.

Warunki Techniczne wstępnie regulują również problem przegrzewania budynków, zapisem, że budynek powinien być zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby ograniczyć ryzyko przegrzewania w okresie letnim. [1]

Systemy pozyskiwania energii słonecznej – fasady szklane, okna

Okna i systemy fasad są najważniejszym elementem budynku w sposób bierny oraz aktywny pozyskującym energię słoneczną do wnętrza budynku, poprawiając w znaczący sposób jego bilans energetyczny. Fakt ten, jak również względy estetyczne, sprawiają, że w architekturze fasady szklane stanowią ważny element, podkreślający m.in. prestiż obiektu.

Proces projektowania fasad i dużych przeszkleń wymaga od projektanta doświadczenia i podejścia popartego wnikliwymi analizami. Szyby są elementami o skomplikowanych właściwościach izolacyjnych i spektralnych. Zastosowane w przemyślny sposób znacznie poprawiają bilans energetyczny budynku [rys. 2], niestety zastosowanie szkła często może również być problemem – szczególnie w okresach letnich, gdy na skutek dużych przeszkleń od strony południowej dochodzi do przegrzewania pomieszczeń i nadmiernego



Rys. 2. Struktura bilansu cieplnego energooszczędnych budynków. Projekt IEA [4].

zapotrzebowania energii na klimatyzację. Nowoczesne okna reagują na zmienne warunki atmosferyczne, dostosowując do nich swoje parametry w sposób dynamiczny. Na rysunku 2 przedstawiono średni bilans energetyczny dla 15 budynków w ramach projektu IEA. W bilansie energetycznym zdecydowany udział ma energia promieniowania słonecznego pozyskiwana przez przeszklenia. Projektowanie fasad, okien jest szczególnie istotne z punktu widzenia projektów i użytkowania budynków o obniżonym zapotrzebowaniu na energię. Pomocne projektantom mogą być symulacje komputerowe wykonywane na specjalistycznym oprogramowaniu oraz doświadczenia z badań komfortu cieplnego pomieszczeń z dużymi przeszkleniami. Wyniki takich badań *in situ* mają duże znaczenie dla weryfikacji modeli obliczeniowych.

Istotna z punktu widzenia zapewnienia odpowiedniego komfortu w pomieszczeniach z przeszkleniami jest struktura budynku. Właściwości akumulacyjne przegród budowlanych pozwalają na magazynowanie nadmiaru energii promieniowania słonecznego i wykorzystywanie jej w czasie, kiedy pojawia się zapotrzebowanie na ciepło. Magazynowanie energii może być również wspomaganie użyciem materiałów fazowo zmiennych. Obecność masywnych przegród akumulacyjnych jest bardzo ważna przy projektowaniu dużych powierzchni przeszkleń, zwłaszcza w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię. Masywne przegrody w strukturze takich budynków pozwalają na obniżenie zapotrzebowania na ogrzewanie przeszklonych wewnątrz o ok. 40% i kilkukrotne zmniejszenie przegrzewania pomieszczeń [3].

Przykłady fasad i okien

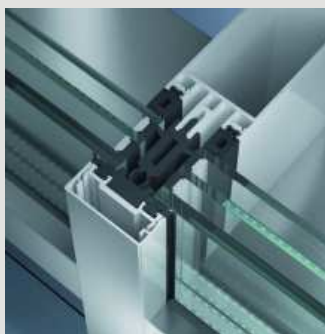
Zarówno szyby, jak i elementy konstrukcyjne w nowoczesnych fasadach i oknach są bardzo zawansowane technologicznie. Baza danych Lawrence Berkley National Laboratory zawiera ponad 2000 gatunków szyb. Daje to obraz różnorodnych właściwości i parametrów fasad i okien. Szyby zazwyczaj stosowane w konstrukcji fasad i okien to:

- szyby z powłokami niskoemisyjnymi, w których powłoka ogranicza straty ciepła z pomieszczenia na skutek małej emisji promieniowania niskotemperaturowego z powierzchni szyby, przez co w istotny sposób wpływają na zmniejszenie transmisyjności w pełnym zakresie promieniowania słonecznego,
- szyby spektralnie selektywne, charakteryzujące się dobrą izolacją termiczną (właściwości niskoemisyjne, ochrona przed przegrzaniem, mała transmisyjność, dobre właściwości refleksyjne dla promieniowania słonecznego).

Wypełnieniem zestawów szybowych są gazy o właściwościach izolacyjnych lepszych od powietrza. Zazwyczaj wypełnienie stosuje się z argonu, kryptonu czy ksenonu. Gazy te mają małą przewodność cieplną.

Nowoczesne rozwiązania, często jeszcze niedostępne na rynku, będące w fazie prototypów, ale pokazujące ogromne, czasem zaskakujące możliwości technologiczne okien przedstawiono poniżej.

Okna inteligentne z zastosowaniem szkła chromogenicznego. Szyby chromogeniczne dzielą się na: fotochromowe, termochromowe,



Rys. 3. Przekrój przez ramę okna dwukomorowego.



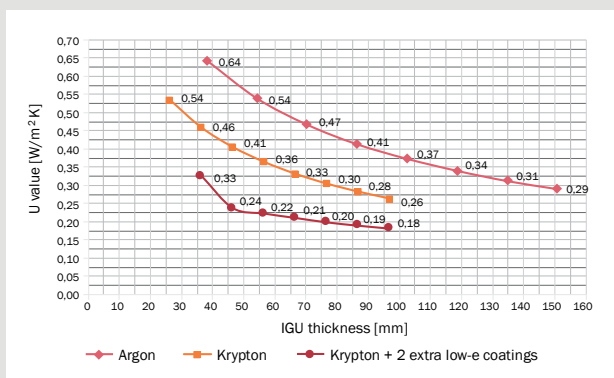
Rys. 4. Przekrój przez prototypowy zestaw szyby zespolonej o powiększonej szerokości. Widoczne podziały z ultracienkiego szkła pomiędzy szymbami zewnętrznymi [5].

elektrochromowe. Szkło termochromowe ilość przepuszczalnego promieniowania uzależnia od temperatury powietrza po obu stronach szyby. W konstrukcji szyby ważnym elementem jest powłoka polimerowa, zmieniająca właściwości geometrii strukturalnej, która przepuszcza lub blokuje światło widzialne o różnej długości fali. Szkło elektrochromowe natomiast, zmienia właściwości pod wpływem zadanego impulsu elektrycznego. Wszystkie opisane powyżej zestawy inteligentnych okien ograniczają wielkość strumienia promieniowania słonecznego przepuszczalnego przez szybę, na skutek zmian w strukturze wewnętrznej szkła. Widocznym efektem jest zmiana barwy szkła i stopnia zmatowienia, co oczywiście wpływa na przejrzystość i komfort wizualny.

Jednym z przykładów projektów nowych, innowacyjnych technologii szyb zespolonych przeznaczonych do budownictwa niskoenergetycznego i pasywnego są przeszklania typu Super Windows zaprojektowane przez polską firmę Vis Inventis.

Nowe rozwiązania, będące obecnie jeszcze w fazie prototypów objętych badaniami, pozwalają na osiągnięcie parametrów ochrony cieplnej fasady zbliżonych do parametrów przegród pełnych budynków, a więc na poziomie $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ przy zachowaniu parametrów optycznych i ciężaru, którymi charakteryzują się konwencjonalne szyby zespolone stosowane obecnie w budownictwie (LT=50%). Ich konstrukcję oparto na zastosowaniu warstw wewnętrznych wykonanych z ultracienkiego szkła o grubości od 50 do 280 μm , któremu nadano dodatkowo właściwości obustronnej antyrefleksyjności technologii konstrukcji warstw wewnętrznych. Projekt takich okien zakłada stworzenie szyb zespolonych i fasad szklanych o oporze cieplnym większym od $10 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ oraz transmisji widzialnego światła słonecznego powyżej 50% (por. rys. 4 i 5).

W zestawach szyb zespolonych zachodzą procesy wymiany energii w formie promieniowania podczerwonego i widzialnego, przewodzenie ciepła przez gaz i ramę oraz proces konwekcji. W szybach zespolonych typu Super Windows, przenikanie ciepła na drodze radiacji zostało zminimalizowane powłokami niskoemisyjnymi naniesionymi na powierzchniach zewnętrznych szyb zespolonych. Dodatkowo warstwa niskoemisyjna może być naniesiona lub wytworzona za pomocą trawienia na warstwach wewnętrznych wykonanych z ultracienkiego szkła. Ograniczono w ten sposób wymianę na drodze promieniowania. Ograniczenie kondukcji projektanci osiągnęli wypełnieniem przestrzeni międzyszybowej grubą, 12-centymetrową warstwą gazu o niższej przewodności cieplnej niż powietrze. Wzrost przewodzenia ciepła na skutek ruchów konwekcyjnych został ograniczony przez podziałki komory szyby zespolonej wspomnianymi wyżej warstwami ultracienkiego szkła. Przedstawione rozwiązanie pozwala uzyskać współczynnik U_g dla szyby poniżej $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ oraz współczynnik przepuszczania promieniowania słonecznego zbliżony do zestawów jednokomorowych, przy równoczesnych bardzo dobrych parametrach optycznych i zachowaniu masy przeszklania.



Rys. 5. Obliczenia współczynnika U dla szyb zespolonych, w zależności od zastosowanego gazu. Wartości obliczeniowe. Modele docelowe. [5]

Droga do innowacyjnych technologii – Małopolskie Centrum Budownictwa Energooszczędnego

Innowacyjne technologiczne rozwiązania są możliwe do zrealizowania, jeśli potrzeby rynku połączymy z wiedzą i doświadczeniem naukowców. W Małopolsce na Politechnice Krakowskiej powstało Małopolskie Centrum Budownictwa Energooszczędnego [7]. Jest to jednostka, której zadaniem jest m.in. nawiązywanie kontaktów pomiędzy przedsiębiorcami, którzy chcieliby udoskonalić swoje technologie i mają pomysły na super nowoczesne rozwiązania, a zespołami naukowymi Politechniki Krakowskiej, których zadaniem będzie wypracowanie i przebadanie takich technologii. Pierwsze wspólne działania przedsiębiorców i naukowców są bardzo obiecujące i liczymy, że ich wynikiem będą nowe innowacyjne technologie na skalę europejską.

Podsumowanie

Producenci nowoczesnych systemów przeszkleń, zarówno fasad, jak i okien muszą dostosowywać technologie do wymagań wynikających z konieczności projektowania budynków niskoenergetycznych. Istniejące na rynku standardowe systemy fasad/okien, technologicznie zmieniają się w systemy energooszczędne, parametrami dynamicznie dostosowując się do potrzeb użytkowników oraz wymagań nałożonych przez normy europejskie. Fasady i okna mogą kreatywnie kształtować bilans energetyczny budynków. Badania pokazują, że parametry ochrony cieplnej nowoczesnych fasad są w stanie konkurować z parametrami ochrony cieplnej przegród nieprzeźroczystych, równocześnie pozyskując energię słoneczną jako ważny element bilansu energetycznego. Są one doskonałym materiałem do testowania i opracowania idealnej obudowy budynków niskoenergetycznych. W opracowanie takich nowoczesnych technologii włączają się naukowcy Politechniki Krakowskiej, poprzez działanie Małopolskiego Centrum Budownictwa Energooszczędnego.

LITERATURA

- [1] 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).
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r.
- [3] Kisilewicz T.: *Wpływ izolacyjnych dynamicznych i spektralnych właściwości przegród na bilans cieplny budynków energooszczędnych*. Kraków 2008
- [4] Materiały Solar Low Energy Houses of IEA Task 13. Solar Heating & Cooling Programme IEA ed R. Hastings James & James London 1995
- [5] Materiały należące do Super Windows - <http://superwindows.eu/>
- [6] Celadyn W.: *Przegrody przeszklone w architekturze energooszczędnej*. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 2004
- [7] Materiał z www.mcbe.pl
- [8] 2010/31/EU z 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD)