

dr hab. inż. Halina Garbalińska, prof. ZUT*

Inteligentne fasady jako sposób poprawy bilansu energetycznego budynków

W artykule zaprezentowano trzy różne rozwiązania fasad tzw. budynków inteligentnych IB (Intelligent Building). Omawiane obiekty zapewniają utrzymanie należytych warunków mikroklimatu wewnętrznego, przy znacznym ograniczeniu zużycia energii konwencjonalnej na ogrzewanie i klimatyzację.

W obiektach IB wykorzystuje się wyspecjalizowane systemy automatyki, których zadaniem jest sterowanie i zarządzanie całym budynkiem. O idei inteligentnego budynku można mówić tylko w przypadku zsynchronizowania działania wszystkich znajdujących się w nim instalacji. Inteligencja budynku zawiera się w skomputeryzowanym centralnym systemie zarządzania budynkiem BMS (Building Management System) wyposażonym w układy mikroprocesorowe, centralny interfejs użytkownika, sieć komunikacyjną oraz sterowniki DDC (Direct Digital Control).

Fasada „Sol-Skin®”

Fasada „Sol-Skin®” została zastosowana m.in. w inteligentnym budynku biurowym, zrealizowanym w Niemczech w okolicy Würzburga [1]. Kompleksowo przemyślana koncepcja budynku zagwarantowała nie tylko sprawne funkcjonowanie biurowca, ale również zminimalizowała zużycie energii, przy jednoczesnym zapewnieniu bardzo dobrej jakości środowiska wewnętrznego. Zainstalowany w biurowcu system BMS wykorzystuje informacje dostarczane przez „system nerwowy” budynku, bazujący na dwóch sieciach kablowych. Ponad 250 sensorów zaopatruje BMS w takie informacje, jak: kierunek i prędkość wiatru; opad deszczu; zewnętrzna temperatura i wil-

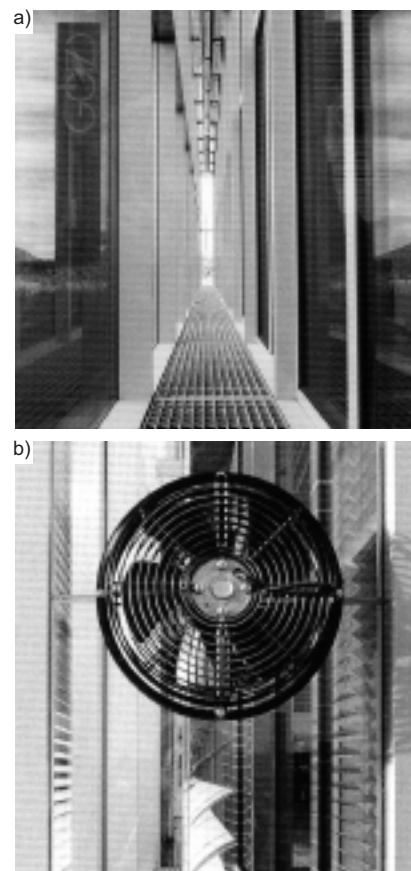
gotność; położenie Słońca na nieboskłonie i natężenie promieniowania; obecność na stanowisku pracy; intensywność oświetlenia oraz wewnętrzna temperatura i wilgotność. W odpowiedzi BMS komunikuje się z ponad 1000 operatorami w celu właściwego ustawienia kolektorów słonecznych, urządzeń generujących prąd i ciepło, systemów ogrzewania i chłodzenia, nastawienia żaluzji oraz wyregulowania wentylacji i sztucznego oświetlenia.

Ważną rolę w zapewnieniu prośrodowiskowego funkcjonowania budynku odgrywa aktywnie współpracująca z systemem BMS mobilna bryła budynku, w szczególności zewnętrzna elewacja rozwiązana jako **podwójna fasada szklana, bazująca na koncepcji „Sol-Skin®”** (fotografia 1 i 2), pełniącą funkcję klimatycznego bufora między światem zewnętrznym a wnętrzem budynku. Regulowane kłapy wentylacyjne umieszczone w zewnętrznej fasadzie w poziomie cokołu i attyki regulują naturalny przepływ konwekcyjny w przestrzeni międzyfasadowej, a napędzane elektrycznie wywiewne wentylatory stanowią element wspomagający efektywność systemu wentylacyjnego.

Na podstawie gromadzonych informacji system BMS odpowiednio ustawia regulowane kłapy wentylacyjne w zewnętrznych fasadach, sterując naturalnym strumieniem powietrza w przestrzeni międzyfasadowej. Podwójna fasada gromadzi lub odprowadza energię solarną.

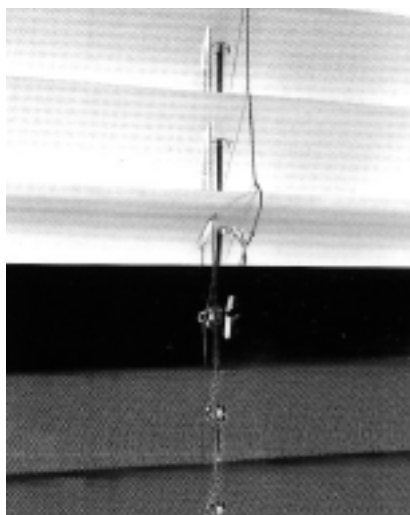
Zainstalowane w fasadzie rozsuwane ręcznie drzwi (fotografia 1a) umożliwiają dopływ świeżego powietrza do pomieszczeń, nie powodując przeciągu. W narożnikach budynku zamontowano gęsto rozstawione dmuchawy. Jeśli jest taka potrzeba, zapewniają one poziomy przepływ powietrza w podwójnej fasadzie, umożliwiający rozprawienie po obwodzie budynku solarnie nagrzanego powietrza, pobiera-

nego ze stref aktualnie wyeksponowanych na słońce (fotografia 1b). W przestrzeni międzyfasadowej zainstalowano dwa niezależnie od siebie sterowane pasy odpowiednio wyprofilowanych żaluzji aluminiowych, optymalizujących ilość światła wpadającego do budynku, które jest kierowane na rozpięte pod sufitem ekrany z tkaniny bawełnianej, skąd jako światło rozproszone trafia na stanowiska pracy biurowej. Po jednej stronie żaluzje pokryte są powłoką refleksyjną, a po drugiej absorpcyjną (fotografia 2), co ma zapewnić, w zależności od potrzeb, małe lub duże zyski solarne w fasadzie.



Fot. 1. Fasada „Sol-Skin®” z zainstalowanymi: a) ręcznie rozsuwanymi drzwiami; b) dmuchawami w narożach budynku [Fot. archiwum Permasteelisa Central Europe GmbH]

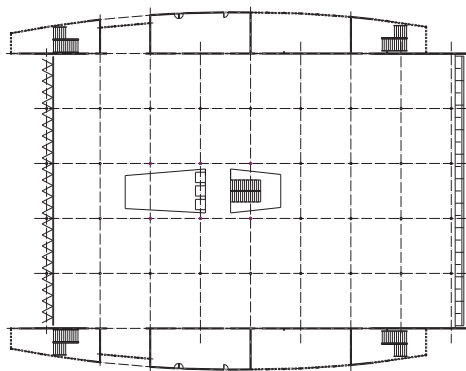
* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury



Fot. 2. Żaluzje w fasadzie „Sol-Skin®” pokryte są po jednej stronie powłoką refleksyjną, a po drugiej absorpcyjną [Fot. archiwum Permasteelisa Central Europe GmbH]

Phoenix Central Library

Phoenix Central Library w Phoenix, stolicy stanu Arizona, to kolejny obiekt inteligentny, który cechuje się jedy-nym w swoim rodzaju rozwiązaniem fasad [2]. Trudne warunki klimatyczne pa-nujące w tym rejonie, głównie bardzo wysoka temperatura w okresie lata, sta-nowiły duże wyzwanie dla projektantów obiektu przeznaczonego na centrum naukowo-kulturalne regionu. Budynek został zaprojektowany jako 5-kon-dygnacyjny, na rzucie prostokątnym 60 x 90 m (rysunek 1). Ściany boczne, rozciągające się na linii północ-południe, pokryto od zewnątrz elewacyjnymi panelami z perforowanej blachy mie-dzianej, przy czym zaprojektowano je jako elementy masywne z betonu gru-bości 30 cm. Dzięki takiemu rozwią-zaniu przegrody działają jak skuteczny balans termiczny, który absorbuje



Rys. 1. „Phoenix Central Library” – rzut piętego piętra [2]

ciepło w ciągu dnia i schładza się przez jego emisję w ciągu chłodniejszej nocy. Obydwie elewacje czołowe za-projektowano jako w pełni przeszklone, ale wyposażono je w system zacienia-jący. Na elewacji południowej zastoso-wano regulowany komputerowo sys-tem żaluzji aluminiowych, który ma za-pewnić maksymalną ochronę solarną, a w efekcie obniżyć do minimum obciążenie systemu klimatyzacyjnego. Dzięki BMS i magistrali komunikacyjnej pro-wadzona jest ciągła komputerowa re-jestracja drogi Słońca z jednoczesnym sterowaniem elektronicznym zespo-łem żaluzji. Przez dopasowanie ułożenia lamelli odpowiednio do pozycji Słońca zminimalizowano zyski ciepła oraz wyeliminowano efekt oślepienia użytkowników bezpośrednio pada-jącymi promieniami słonecznymi. Pół-nocna fasada (rysunek 2) również jest w pełni przeszklona. Wyposażo-ną w system 28 pionowych „zacienia-jących żagli”, rozpiętych na wyso-kości i szerokości fasady. Nad ich sterowaniem czuwa system BMS zbiera-jący dane dotyczące kąta padania i natężenia światła słonecznego. Po ich przetworzeniu wysy-lane są komunikaty do urządzeń steru-jących pracą żagli, które za pośred-nictwem aluminiowych zastrzałów i cięgien ustawiane są w optymalnym położeniu.



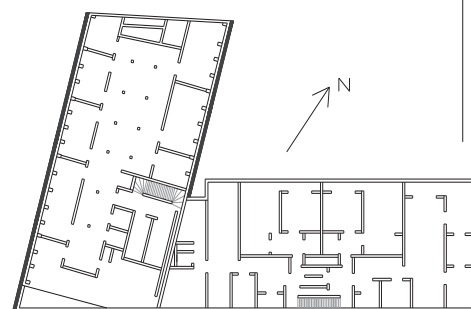
Rys. 2. Powlekane teflonową powłoką żagle chronią stronę północną przed bocznym słońcem [2]

Pionowe żagle wykonane są z tkani-ny z powłoką teflonową, a ich profile ustawiane komputerowo stosownie do potrzeby zacielenia wnętrza, przy jed-noczesnym zagwarantowaniu optymal-nego oświetlenia stanowisk pracy i za-dawalającej widoczności.

Budynek SUVA

Budynek SUVA (Schweizerische Unfall-Versicherungs-Anstalt) w cen-trum Bazylei, stanowiący siedzibę kan-tonalnej agencji towarzystwa ubezpie-czeniowego, poddano kompleksowej modernizacji, w ramach której zastoso-

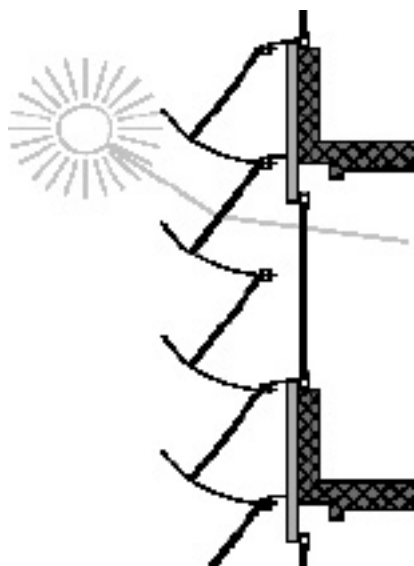
wano system BMS na rzecz poprawy efektywności energetycznej. Obniżenie zużycia energii na potrzeby biurowca uzyskano głównie przez wprowadzenie sterowanych systemowo elementów składowych elewacji oraz urządzeń wewnętrznych i peryferyjnych [3]. W związku z tym, że nie przewidywano żadnej ingerencji w układ istniejącej fa-sady, przyjęta ostatecznie koncepcja modernizacji sprowadziła się do obudo-wania istniejącego gmachu. Elewację z piaskowca osłonięto nową przeszkloną fasadą, której ruszt z aluminiowych ram ustawiono w odległości 10 cm od istniejącej elewacji (rysunek 3).



Rys. 3. Rzut poziomy budynku i usytuowanie dodatkowych fasad zewnętrznych [3]

Podwójną fasadę zastosowano w przypadku dwóch ścian frontowych, usytuowanych wzdłuż arterii komuni-kacyjnych krzyżujących się przy bu-dynku oraz jednej fasady sąsiadującej z wewnętrznym dziedzińcem. Nowo dobudowane zewnętrzne fasady o konstrukcji szkieletowej wypełniły uchylne panele elewacyjne w alumi-niowych ramach, w identycznym na każdej kondygnacji horyzontalnym układzie trójpasnowym, przy czym każde pasmo odznacza się innymi właściwościami i pełni inną funkcję. Ustawione parami równoległe siłow-niki, zamocowane pionowo na filar-kach między wewnętrznymi oknami, zapewniły niezależną, sterowaną sys-temem BMS, regulację położenia poszczególnych paneli szklanych, za-wieszonych na swojej górnej krawędzi (rysunek 4).

Dolne panele przesłaniają fragmen-ty podparapetowe kamiennej fasady i są przeszklone szkłem izolacyjnym. Dolne pasy elewacyjne, sięgające po-ziomu parapetu, wyposażono we współpracujące z BMS detektory ciepła, które dają sygnał do otwierania lub zamykania paneli, stosownie do tem-



Rys. 4. Trójpasnowy układ sterowalnych paneli [3]

peratury sczytywanej w przestrzeni między dwoma warstwami fasady.

Centralne pasmo widokowe usytuowane jest naprzeciwko pierwotnych otworów okiennych, zapewniając widok na zewnątrz i możliwość naturalnej wentylacji pomieszczeń. Panele centralne sterowane są komputerowo przez system BMS, ale mogą być również otwierane elektronicznie od środka przez indywidualnego użytkownika. Górne pasma doświetlające zbudowane są z izolacyjnego szkła pryzmatycznego. Pozycja najwyższych paneli dostosowywana jest do kąta wzniesienia Słońca. System komputerowy dokonuje stałego pomiaru parametrów nasłonecznienia, wyznacza kąt azymutalny i kąt wzniesienia Słońca w przypadku każdej z trzech fasad, optymalizując ustawienie górnych paneli.

Podsumowanie

Moim zdaniem najtrafniej opisuje budynek inteligentny następująca definicja [4]: *budynek inteligentny jest dynamiczną i wrażliwą architekturą, która dostarcza każdemu użytkownikowi produktywnych i wydajnych warunków środowiska przez ciągłe interakcje pomiędzy czterema podstawowymi elementami obiektu: budowlą (konstrukcja, struktura, udogodnienia), procesami (automatyka, sterowanie, systemy), ludźmi (usługi, użytkownicy) i zarządzaniem (konserwacja, działanie), a także ich wzajemnymi oddziaływaniami.*

Opisane w artykule trzy obiekty całkowicie odpowiadają tej definicji. Wykorzystane w nich systemy BMS w sprzężeniu z narzuconą własną aktywnością elementów składowych każdego z budynków dały rozwiązania, które w swoim funkcjonowaniu zaczynają przypominać żywy organizm, wykazujący umiejętności płynnego dostosowywania się do warunków otoczenia. Dzięki inteligentnym reakcjom dostosowawczym obiekty wspomagane techniką mikroprocesorową są w stanie efektywnie minimalizować niekorzystne oddziaływania i maksymalizować czynniki pożądane, a wszystko w celu utrzymania zużycia energii na możliwie niskim poziomie.

W pracy [1] opisano szerzej nie tylko funkcjonowanie fasady „Sol-Skin[®]”, ale również podjęte działania na rzecz optymalnego wykorzystania energii słonecznej, m.in. dzięki kolektorom słonecznym i ogniwoom fotowoltaicznym. Kompleksowe podejście oparte na współpracy wielu branż pozwoliło uzyskać w pełni sterowalny, samoregulujący się budynek.

Kolejny zaprezentowany obiekt stanowi przykład wykorzystania masywnych nośnych ścian betonowych jako skutecznego balansu termicznego, absorbującego ciepło w trakcie dnia i schładzającego się przez jego emisję w czasie chłodniejszej nocy. Zastosowany system sterowanych komputerowo „zacięniających żagli” zapewnia maksymalną ochronę przeciwsłoneczną, skutkując zmniejszeniem obciążenia systemu chłodzenia i zmniejszeniem zużycia energii na oświetlenie wnętrza. Temu celowi służy również schładzanie wnętrza obiektu przez atrium, wprowadzenie światła dziennego do stref z nim sąsiadujących oraz przyjęta koncepcja wykorzystania naturalnego oświetlenia na najwyższej kondygnacji [2].

Trzeci opisany budynek SUVA stanowi dobry przykład kompleksowo przeprowadzonej modernizacji. Dzięki wprowadzeniu dodatkowej mobilnej fasady sterowanej systemem BMS stworzono 100-osobowemu personelowi optymalne warunki pracy. Obiekt ten [3] z uwagi na przyjętą filozofię jego funkcjonowania, wykracza daleko poza dotychczasowy standard budynków inteligentnych. Duży nacisk położono na aspekty środowiskowe, proponując wiele rozwiązań proekologicznych, m.in.

produkcję energii elektrycznej przez ogniwa fotowoltaiczne oraz wytwarzanie c.w.u. w kolektorach słonecznych, a także samo funkcjonowanie fasady – przynoszącej duże oszczędności energii elektrycznej i cieplnej – z uwagi na zaproponowane doświetlenie pomieszczeń światłem dziennym oraz ograniczenie przegrzewania wnętrza latem i ucieczki ciepła zimą, z jednoczesnym wykorzystaniem energii słonecznej do dogrzewania przestrzeni buforowej. Dobrym przykładem dążenia do samowystarczalności jest również zainstalowany system c.o. – zasilany z pieca przeznaczanego do spalania odpadów powstających w biurowcu. Takie podejście wytycza kierunek projektowania budynków inteligentnych.

Projektowanie budynków samowystarczalnych energetycznie jest złożonym przedsięwzięciem. Faza przygotowania dokumentacji jest bardzo żmudna i bazuje na tzw. projektowaniu zintegrowanym, którego istotą jest współpraca wielu branż na etapie tworzenia globalnej koncepcji budynku i opracowywania szczegółowych rozwiązań. Proces projektowania wymaga nie tylko udziału architektów, inżynierów budowlanych, instalatorów (branży sanitarnej i elektrycznej), ale również automatyków, elektroników, specjalistów z dziedziny energetyki oraz inżynierii materiałowej. Wdrażanie nowych technologii i nowej filozofii projektowania i realizacji obiektów budowlanych stanowi obecnie największe wyzwanie dla budownictwa oraz kooperujących z nim specjalistów.

Literatura

- [1] Garbalińska H.: Uwzględnienie zasad energetyki słonecznej w inteligentnym budynku biurowym rozwiązaniem według koncepcji „Sol-skin[®]”. *Polska Energetyka Słoneczna*, 1/2005, s. 9 – 12.
- [2] Garbalińska H.: „Phoenix Central Library” – jako przykład budynku inteligentnego o zadanej aktywności służącej racjonalizacji zużycia energii. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 229, Budownictwo i Inżynieria Środowiska* z. 40, s. 113 – 118.
- [3] Garbalińska H.: Budynek „SUVA” w Bazylei – jako przykład inteligentnej i proekologicznej modernizacji tradycyjnego biurowca. *Czasopismo Techniczne „Budownictwo”* z. 5-B/2006, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, s. 131 – 138.
- [4] Mikulik J., Boryczko T.: Struktura zarządzania systemami automatycznego sterowania w budynkach inteligentnych (cz. 1), *Przeгляд Budowlany* 5/2003.