

Tomasz Krotowski

mgr inż. arch. doktorant. Politechnika Łódzka. Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

## **EWOLUCJA ŚCIANY OSŁONOWEJ NA PRZYKŁADZIE PAWILONÓW WYSTAW ŚWIATOWYCH EXPO 1851 - 2012.**

### **I. WPROWADZENIE**

Podjęta w pracy problematyka koncentruje się na zagadnieniach ściany osłonowej. Pod tym pojęciem autor rozumie zewnętrzne przegrody budynku będące swojego rodzaju "opakowaniem", otaczającym funkcję przestrzeni użytkowej [1]. Zagadnienie ściany osłonowej jest utożsamiane z: elewacją, ścianą zewnętrzną, przegrodą zewnętrzną, fasadą, kurtynową i wypełniającą, "kopertą", "skórą", oraz współczesną obudową. Rozważania w pracy dotyczą niekonstrukcyjnych przegród pionowych (fasada), osłon poziomych (przekrycia) oraz wielopłaszczyznowych *skór budynku*. Metafora *skóry* w kontekście architektury przywołana przez Wiggintona i Harrisa dotyczy jej złożonych funkcji związanych z ochroną wnętrza organizmu, regulacją temperatury i wilgotności oraz reakcją na bodźce zewnętrzne [2].

Praca doktorska pt. "Ewolucja kształtowania ściany osłonowej na przykładzie pawilonów wystaw światowych Expo 1851 - 2012" była przygotowywana na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska w Łodzi pod kierownictwem prof. inż. arch. Niny Juzwy. Celem pracy jest ewolucja problemu kształtowania zewnętrznego wizerunku obiektów oraz wskazanie tendencji projektowych. Opracowanie składa się z dwóch części.

Pierwsza część przedstawia opis problemu w ujęciu historycznym i współczesnym. Prezentuje zagadnienia formy, konstrukcji i materiałów. Uzupełnia tematykę o rozwiązania funkcjonalne.

Druga część to analiza pawilonów wystaw światowych. Dzieli się na 3 główne etapy. W pierwszym zebrano obszerny materiał dotyczący wszystkich pawilonów wystaw światowych. W drugim wyróżniono ważne rozwiązania historyczne (1850-1980), wpływające na ewolucję obudowy. W trzecim przeprowadzono badania na 120 pawilonach stosujących obudowę (1980-2012), analizując jej czynniki formalne, materiałowe, konstrukcyjne i funkcjonalne.

### **II. ARCHITEKTURA PAWILONÓW WYSTAW ŚWIATOWYCH 1850-1980**

Złotym okresem wystaw światowych do 1980 roku był koniec XIX wieku. Na potrzeby wystawców konstruowano coraz większe konstrukcje i obudowy przestrzenne, osiągające najobszerniejsze wnętrza bez wewnętrznych podpór. Drugim istotnym okresem był początek XX wieku. Wizerunek architektury zdominowały żelbetowy szkielet konstrukcyjny i szklane fasady. Trzeci punkt kulminacyjny wystawy światowe osiągnęły w okolicy lat 60-tych XX wieku, wraz z innowacjami formalnymi, konstrukcyjnymi i estetycznymi. Wyróżnione przedziały pokrywają się z najistotniejszymi momentami faz industrializacji i okresami rozwoju cykli koniunkturalnych [3].

Pawilony zapisały się innowacjami związanymi z formą, strukturą oraz materiałami. Pierwszy oficjalny obiekt Expo - Pałac Kryształowy (Londyn, 1851), diametralnie zmienił podejście do ściany zewnętrznej, dzięki lekkiej, prefabrykowanej strukturze z żelaza i szkła. Galeria

Maszyn (Paryż, 1889) otworzyła nową erę obiektów wielkiej skali, wykorzystując w architekturze łuk przegubowy, dotąd stosowany wyłącznie w konstrukcjach inżynierskich. W historii Expo wyróżniły się pawilony L'Esprit Nouveau w (Paryż, 1925) i Rzeszy Niemieckiej (Barcelona, 1929), które wykorzystwały nowoczesny żelbetowy szkielet konstrukcyjny oraz lekkie ściany osłonowe. Innowacje materiałowe zastosowały pawilony Finlandii (Paryż, 1935), Czechosłowacji (Paryż, 1935) oraz Brazylii (Nowy York, 1939). Pierwszy umiejętnie zintegrował tradycyjny materiał osłonowy oraz modernistyczne proporcje. Dwa pozostałe odpowiedziały na nieadekwatne energetycznie i użytkowo właściwości szkła, wprowadzając szkło termiczne i *brise-soleil*. Kolejne innowacje dotyczyły formy. Pawilon Philipsa (Bruksela, 1958) zaprezentował innowacyjną krzywoliniową formę, stosując wielopłaszczyznowe wygięcie lekkiej osłony. Kopuła geodezyjna (Montreal, 1967) rozdzieliła funkcjonalnie strukturę pawilonu i obudowę. Jednocześnie odizolowała klimat wewnętrzny od warunków atmosferycznych dzięki stalowo-szklanej kopule, nowatorskiej optymalizacji CAD oraz innowacyjnym technologiom samoregulujących osłon przeciwsłonecznych. Wystawy światowe wprowadziły także nowatorskie konstrukcje przestrzenne (Zadaszenie Placu Festiwalowego, Osaka, 1970,), ciągnowe (Pawilon Niemiec, Montreal, 1967) oraz pneumatyczne (Pawilon USA, Osaka, 1967) [4].

### III. ARCHITEKTURA PAWILONÓW WYSTAW ŚWIATOWYCH 1980-2012

Po realizacji wielu utopijnych projektów na wystawie Expo '70 w Osace, świat uległ zmianie. Kryzys naftowy zahamował optymistyczny wyścig techniczny i wielkościowy, odbierając mu sensu i finansowanie. W publikacji *Limits to the Growth* Klubu Rzymskiego ostrzeżono przed zbyt inwazyjnym wykorzystaniem zasobów naturalnych. W konsekwencji w przemyśle i budownictwie rozpoczęto poszukiwania zasobooszczędne i energooszczędne, a później ekologiczne. Pojawiły się nowoczesne materiały konstrukcyjne i osłonowe. Pozwoliły one na coraz większą swobodę rozwiązań przestrzennych oraz nową estetykę obudowy [1].

Architekci kształtują współczesną ścianę osłonową w poszukiwaniu kompromisu między estetyką, ekonomią i funkcjonalnością. Po pierwsze, współczesna obudowa dąży do unikalności. Jej zadaniem jest przebicie się i wyróżnienie wśród wielu różnorodnych obiektów. Atrakcyjność wizualna wynika z indywidualnego podejścia i próby niekonwencjonalnego zaskoczenia obserwatora. Aby zostać zapamiętaną obudowa próbuje silnie oddziaływać na emocje obserwatorów. Po drugie, ważną rolę w kształtowaniu obudowy odgrywa konstrukcja. Szczególnie wyraźnie zaznacza się dążenie do minimalizacji ilości oraz wagi elementów kształtujących strukturę obudowy. Rozwinięciem są lekkie osłony, które przy nowoczesnych materiałach i niskiej wadze zapewniają te same właściwości co rozwiązania tradycyjnych przegród zewnętrznych [5]. Po trzecie, pojęcie obudowy zmieniło się w kierunku wyraźnej technologii, funkcji ekologii, które determinuje estetykę budynku. Zewnątrz przegroda jest w stanie odpowiadać za szereg skomplikowanych funkcji, między innymi za oszczędność i produkcję energii, zapewnienie komfortu użytkownika [6]. Jak piszą Velikov i Thun dzięki tym rozwiązaniom obudowa udowadnia, że architektura oprócz atrakcyjności wizualnej nie jest zadaniem bezcelowym [7]. Zastosowane powyżej tendencje wpływają na wszystkie aspekty obudowy. Kształtują formę, materiał, detale oraz wszelkie wspomagające elementy techniczne. Rozwiązania zachowują odpowiedni bilans między techniką i estetyką, nadając elementom uporządkowanie, rytm, kolor, tworząc z nich detal architektoniczny. Wśród wielu kierunków projektowych wyróżniono cztery najbardziej znaczące tendencje kształtowania obudowy: niekonwencjonalność, zasobooszczędność, efektywność energetyczną i komfort użytkownika.



#### IV. WNIOSKI. TENDENCJEI KSZTAŁTOWANIA OBUDOWY

Wśród wielu kierunków kształtowania współczesnej ściany zewnętrznej i obudowy najbardziej wyróżnia się niekonwencjonalność rozwiązań estetycznych. Poza atrakcyjnością wizualną wielu autorów podkreśla wzrost znaczenia rozwiązań zasobooszczędnych, efektywnych energetycznie i komfortowych użytkowo. Rozpatrując powyższe tendencje można mówić o odrębnych podejściach. Jednak w większości przypadków są to metody zintegrowane i uzupełniające się.

##### IV.1 NIEKONWENCJONALNOŚĆ

Architektura współczesnego obiektów wystawowych jest silnie umotywowana cechami estetycznymi. Dąży do bycia unikalną, niepowtarzalną i wyjątkową. Jej zadaniem jest wyróżnienie obiektu wśród wielu interesujących rozwiązań. Atrakcyjność obudowy może zostać osiągnięta dzięki nieschematycznemu podejściu do formy (Pawilon Japonii, 2010), materiału (Pawilon Chrystusa, 2000) lub konstrukcji (Pawilon Trade Fair Hall 26, 2010). Każda z powyższych opcji wiąże się z zastosowaniem indywidualnego, niesystemowo rozwiązania. Realizacja unikalnej obudowy jest bardzo często eksperymentem, którego rezultaty mogą okazać się wyjątkowym sukcesem, a czasem porażką. Współcześnie, najczęstszym zabiegiem w osiągnięciu unikalnej i ekspresyjnej obudowy jest zastosowanie wielopłaszczyznowego wygięcia osłony (Pawilon Hiszpanii, 2010) lub eksperymentalnego materiału (Pawilon UBPA B3, 2010). Ekspresyjny materiał sugeruje prostą geometrię obudowy. Natomiast przy przestrzennym ukształtowaniu formy wskazana jest jednolita powierzchnia zewnętrznej przegrody, nie odciągająca uwagi od formy. Ponadto, zaoblenie obudowy eliminuje różnicę między dachem i fasadą, tworząc całkowite "opakowanie" obiektu (Pawilon Izraela, 2010). Zainteresowanie wzbudzają fragmenty nieoczywiste i "niemożliwe" do wybudowania. W wizerunku zewnętrznym odrodziło się zapotrzebowanie na materiały tradycyjne, w zastosowaniu kreatywnym (Pawilon Hiszpanii, 2005). W opozycji znalazły się materiały innowacyjne, dotąd niespotykane (Pawilon Cyclebow, 2000). Po stu latach zaobserwowano powrót do rozwiązań wernakularnych i ornamentu (Pawilon Polski, 2010).

##### IV.2 LEKKOŚĆ

Tendencja lekkiej i zasobooszczędnej ściany osłonowej wynika z chęci ograniczenia zużycia surowców budowlanych oraz zastosowania materiałów odnawialnych i możliwych do recyklingu i ponownego wykorzystania. Lekkość jest wynikiem możliwości jakie wprowadziła szkieletowa struktura ściany zewnętrznej. Ograniczenie wagi obudowy jest wynikiem optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych oraz zastosowania cienkościennych materiałów osłonowych. Najpowszechniejszą z metod jest zastosowanie rozwiązań wysoko efektywnych konstrukcji stalowych i lekkich przegród szklanych (Pawilon Wielkiej Brytanii, 1992). Lekkość uzyskiwana jest poprzez połączenie struktury i osłony obudowy w jedną niezależną obudowę, nie związaną z funkcją użytkową, na przykład jednowarstwowa powłoka szklana skonstruowana na zasadzie trójkątnych modułów (Pawilon Izraela, 2010). Najkorzystniejszym jest zastosowanie systemów konstrukcji rozciąganych w połączeniu z osłonami membranowymi. Nowoczesne materiały zewnętrzne wykazują się wysoką wytrzymałością i praktycznym brakiem ciężaru, na przykład folia ETFE (Pawilon La Sed, 2008). Równie wysoką skuteczność w kreowaniu lekkich obudów uzyskano dzięki niezawansowanym technikom budowy oraz użyciu niskoenergetycznych materiałów

#### IV.3 EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA I KOMFORT UŻYTKOWANIA

Ściana osłonowa jest kluczowym elementem rozwiązań dążących do efektywności energetycznej budynku. Umożliwia cyklicznie wykorzystanie zmiennych czynników klimatycznych. Współczesne rozwiązania funkcjonują na dwóch płaszczyznach: oszczędności i produkcji energii. Oba w dużej mierze związane są z wykorzystaniem promieniowania słonecznego oraz nowoczesnych technologii umożliwiających przetworzenie energii odnawialnej w formę użytkową. Wykorzystanie promieniowania wiąże się z optymalizacją obudowy względem stron świata i zmiennymi schematami projektowymi w ciągu roku. Proces oszczędności w okresach chłodnych polega na zwiększaniu zysków i ograniczaniu strat ciepła (Pawilon Włoch, 2010), natomiast w sezonie letnim, ograniczaniu nadmiernego wpływu słońca na wnętrze budynku (Pawilon Zjednoczonych Emiratów Arabskich, 2010). Metoda pasywna wykorzystania energii słonecznej przede wszystkim dotyczy przegród szklanych. Metoda aktywna poprzez obudowę skupia się na wykorzystaniu promieniowania do wytworzenia energii elektrycznej. Współczesne technologie oprócz tradycyjnych paneli solarnych umożliwiają wkomponowanie ogniw fotowoltaicznych w pionowe przegrody zwiększając powierzchnię zdolną do wytworzenia energii (Pawilon Szwajcarii, 2010). Pierwotne systemy energooszczędne zmierzały do ekspresji technologii poprzez specyficzną stylistkę. Obecnie zarówno metody oszczędzania i produkcji energii umożliwiły miniaturyzację i pełną integrację systemów z podstawowymi technikami budowy takimi jak szklane fasady BIPV (Pawilon Alzacji, 2010) czy zintegrowane z materiałami osłonowymi (Pawilon Japonii, 2010). Dzięki temu pozwalają na dowolną estetykę obudowy.

#### V. PODSTAWOWA LITERATURA

- [1] Schittich, C. (2001). *Building Skins Concepts Layers Materials*, Birkhauser, Kempton
- [2] Wigginton M., Harris J. (2002) *Intelligent Skins*, Elsevier, Wobur, Londyn,
- [3] Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeuer M. (2008). *Energy Manual: Sustainable Architecture*, Birkhäuser, Altusried-Krugzeil,
- [4] Friebe, W. (1985). *Buildings of the World Expositions*, Edition Leipzig, Leipzig
- [5] Celadyn, W. (2004). *Przegrody szklane w budownictwie energooszczędnym*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków,
- [6] Knaack, U., Klein, T., Bilow M., Thomas A. (2007), *Facades. Principles of construction*, Birkhauser, Berlin
- [7] Velikov K., Thun G. (2013). *Responsive Buildings Envelopes: characteristics and evolving paradigm*, fragm. Franca Trubiano, *Design and Construction of High-Performance Homes: Building Envelopes, Renewable Energies and Integrated Practice*, Routledge, USA, Canada
- [8] Kysiak, M. (1998). *Architektura pawilonów wystawowych. Funkcja, forma, konstrukcja*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa

