

Archivolta 1/2013, s. 10-23

Wrażliwa skóra. Wieże Al Bahar Towers, Abu Dhabi, ZEA **Sensitive skin of Al Bahar Towers in Abu Dhabi, UAE**

Krystyna Januszkiewicz
Mateusz Zwierzycki
WA Politechnika Poznańska

Słowa kluczowe: architektura, budynki wysokie, system zacienia, innowacyjna fasada
Keywords: architecture, tall buildings, shading system, innovative façade

Streszczenie

Innowacyjna, dynamiczna fasada Wież Al Bahar otwiera się i zamyka w odpowiedzi na drogę słońca. Ściana zewnętrzna została tak pomyślana aby miejsca pracy mogły być chronione przez uciążliwym nasłonecznieniem utrudniającym uzyskanie komfortowego mikroklimatu wnętrza, gdyż temperatura powietrza w ZEA często osiąga nawet 50° C. Ponadto, w budynkach zastosowano różnorakie rozwiązania poprawiające ich wydajność ekologiczną.

Dynamiczna zacieniąca fasada to układ komponentów, które niczym parasolki, mogą się otwierać i zamykać w odpowiedzi na drogę słońca. Każdy komponent posiada własny aktuator, czyli urządzenie mechaniczne, które na podstawie sygnału sterującego wypracowuje sygnał wejściowy do obiektu regulacji. Są to miniaturowe urządzenia mechaniczne, które znalazły się w prętach mocujących komponenty z fasadą. Na odpowiednio zaprojektowanym ruchomym stelażu rozpięta została prześwitująca, samoczyszcząca się membrana ETFE w kolorze piasku pustyni. Inżynierowie z londyńskiego studia Aedas wraz z inżynierami Arup, grupą badawczą Research & Development, opracowali zaawansowane techniki projektowania cyfrowego pomocne w realizacji projektu. Aedas zamówił opracowanie aplikacji do symulowania ruchu osłony w odpowiedzi na zmiany nasłonecznienia w cyklu dobowym.

Budynki biurowe *Albahar Towers* zostały w 2012 zgłoszone do corocznej edycji konkursu organizowanego przez Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH). Zdobyły Nagrodę za innowacje w nowo powstałej kategorii Best Tall Buildings Innovation, a także *Wieże Al Bahar* były finalistą w kategorii Best Tall Building Middle East & Africa.

Abstract

The *Al Bahar Towers* innovative dynamic façade opens and closes in response to the movement of the sun, reducing solar gain by more than 50 percent, creating a more comfortable internal environment for occupants and producing a distinctive external aesthetics which helps to define the building as a gateway to the UAE capital. The façade was conceived as a contemporary interpretation of the traditional Islamic “mashrabiya” a popular form of wooden lattice screen found in vernacular Islamic architecture and used as a device for achieving privacy while reducing glare and solar gain.

Completed in June 2012, the 145 meter towers mashrabiya shading system was developed by the computational design team at Aedas. Using a parametric description for the geometry of the actuated facade panels, the team was able to simulate their operation in response to the sun exposure and changing incidence angles during the different days of the year. The screen operates as a curtain wall, sitting two meters outside the buildings’ exterior on an independent frame. Each triangle is coated with fiberglass and programmed to respond to the movement of the sun. In the evening, all the screens will close. The dynamic translucent mashrabiya is a new branch idea for glass façade buildings. For the project’s sustainable engineering and sensitive cultural and urban approach, the towers were awarded the 2012 Tall Building Innovation Award by the Council of Tall Buildings and Urban Habitat.

Kontrolowana komputerowo, reagująca optymalnie na warunki nasłonecznienia i jasność światła dziennego dynamiczna fasada na wieżach Al Bahar, nigdy przedtem nie była zrealizowana w takiej skali. Ponadto, ekspresja tej skóry zewnętrznej wydaje się być głęboko zakorzeniana w lokalnym kontekście.

Chris Wilkinson
Wilkinson Eyre Architects
Sędzia konkursowy CTBUH Best Tall Building 2012

Budynki biurowe *Albahar Towers* zostały w 2012 zgłoszone do corocznej edycji konkursu organizowanego przez Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH). Zdobyły Nagrodę za innowacje w nowo powstałej kategorii Best Tall Buildings Innovation, a także Wieże Al Bahar były finalistą w kategorii Best Tall Building Middle East & Africa. W tej kategorii Nagrodę otrzymał obiekt biurowy *Doha Tower* zaprojektowany przez Jeana Nouvela wraz z inżynierami ze Studio Tecnico Ing. Rom. W konkursie tym nagradzane są budynki wysokie, które ze względu na swoje rozwiązania architektoniczne, techniczne, materiałowe mają pozytywny wpływ na miejskie środowisko życia i zrównoważony rozwój.

Innowacyjna, dynamiczna fasada Wież Al Bahar otwiera się i zamyka w odpowiedzi na drogę słońca. Dwuwarstwowa ściana zewnętrzna została tak pomyślana aby miejsca pracy mogły być chronione przez uciążliwym nasłonecznieniem utrudniającym uzyskanie komfortowego mikroklimatu wnętrza, gdyż temperatura powietrza w ZEA często osiąga nawet 50° C. Ponadto, w budynkach zastosowano różnorakie rozwiązania poprawiające ich wydajność ekologiczną.

Wieże Al Bahar znajdują się w Abu Dhabi, stolicy Zjednoczonych Emiratów Arabskich. Wzniesiono je na północnym brzegu wyspy Abu Zabi i należą do inwestycji miejskich podejmowanych przez Abu Dhabi Investment Council. Wznoszące się na 145 m w górę budynki stanowią nowy znak przestrzenny widoczny od strony wjazdu do miasta oraz są już ikoną szybko rozwijającego się regionu Zatoki Perskiej. Abu Dhabi jest dziś ważnym centrum gospodarczym, finansowym i kulturalnym, a także ważnym portem morskim i rybackim, o szeroko zakrojonym planie perspektywicznego rozwoju.

Emanowanie skrajnie nowoczesną architekturą ma także na celu ukazać emirat i miasto Abu Dhabi nie tylko poprzez gospodarkę napędzaną zyskami ze sprzedaży ropy naftowej, lecz także, a nawet przede wszystkim, jako jedno z bardziej atrakcyjnych miast regionu pod względem kreowania nowych możliwości rozwoju i prowadzenia biznesu.

Bliźniacze Wieże Al Bahar to tylko element wielowątkowego planu zagospodarowania przestrzennego, którego realizacja ma się zakończyć w 2030. Ważną część tego planu stanowi wyspa Saadiyat, która stanie się niebawem atrakcyjnym miejscem do mieszkania i spędzania wolnego czasu, a także wyjątkową „wyspą kultury” (patrz: AV 4/2012). Wieże Al Bahar zapewniają na 25 kondygnacjach 32 tys. metrów kwadratowych powierzchni biurowej, na których zorganizowano stanowiska pracy dla 21 tys. osób.

Na szczycie wieżowców przewidziano taras, z którego rozciąga się szeroki widok na zatokę i sylwetę położonego w oddali centrum miasta. Taras ten to rodzaj oranżerii, którą tworzy układ skonfigurowanych przestrzennie poziomów przeznaczonych dla ciepłolubnych gatunków. Nie brak tu także zbiorników i cieków wodnych. Chroniony po części aktywną osłoną przeciwsłoneczną stanowi doskonale miejsce relaksu. Przekrycie tarasu to system paneli fotowoltaicznych regulowany odpowiednio do kąta padania promieni słonecznych w celu zapewnienia optymalnej ich wydajności. Ta mała elektrownia dostarcza ponad 5 procent energii potrzebnej do funkcjonowania budynku, a zwłaszcza do podgrzewania wody i zasilania oświetlenia LEED Silver. Obniżono znacznie także zużycie wody wprowadzając tzw. obieg wody szarej, czyli wody już raz użytej, którą wykorzystuje się ponownie np. do spłukiwania toalet. Ponadto, na każdym poziomie biurowym, od strony południowej, znalazł się niewielki ogród z lustrem wody. W tym miejscu poziomy są otwarte, chronione są tylko przez membranową osłonę przeciwsłoneczną, której regulacja może być dostosowana do potrzeb roślin i użytkowników. Dzięki wprowadzeniu rozwiązań proekologicznych udało się emisję CO₂ obniżyć o 1 750 ton rocznie.

W podziemiu znalazły się dwie kondygnacje parkingów dla 750 pojazdów. Ich wentylacja jest grawitacyjna. Zastosowano bowiem, znane z tradycji tego regionu, szyby zapewniające naturalną wymianę i chłodzenie powietrza. Budynki połączone są swobodnie uformowaną przewiązką, która stanowi rodzaj podium dla dwóch budynków wysokich. Znalazły się tu restauracje, przestrzenie ekspozycyjne, sale do modlitwy oraz audytorium. Starannie opracowany teren działki zawiera system drenażowy nawadniający zieleń wysoką i niską i wzbogacony jest lustrem wody. Woda jest tu niezbędna nie tylko do utrzymania mikroklimatu zewnątrz, ale także bierze aktywny udział w regulacji temperatury we wnętrzach obiektu. Udostępniło łącznie 70 tys. metrów kwadratowych powierzchni wewnętrznych i zewnętrznych.

Aedas to jedna z największych na świecie firm o charterze międzynarodowym, która zajmuje się architekturą, jej projektowaniem i budowaniem, a także projektowaniem wewnątrz i wzornictwem, planowa-

niem urbanistycznym, projektowaniem miast i krajobrazu oraz dworactwem budowlanym. Firma ta posiada 39 biur w Europie, na Bliskim Wschodzie, Azji i obu Amerykach. Wspierana jest przez Reasach & Development, grupę naukowców i inżynierów, której prace uznawane są dziś za pionierskie w zakresie zrównoważonego rozwoju, projektowania komutacyjnego i zaawansowanego modelowania cyfrowego. Obecnie firma zaangażowana jest w projekty takie jak: National September 11 Memorial Museum w Nowym Jorku oraz Farringdon Stadion w Londynie. Aedas projektowało także większość budynków wysokich w Dubaju oraz dubaiskie naziemne metro czy też Cleveland Clinic w Mubadala. W Polsce dziełem Aedas są budynki biurowe Łużycka Business Park w Gdyni.

Forma

Al Bahar Towers czerpią swoją stylistykę z tradycyjnej architektury arabskiej. Arabowie i muzułmanie różnej nacji pozostawili pomniki architektury, które nawet dziś wywołują podziw swoją pomysłowością, rozwiązaniami konstrukcyjnymi i pięknem dekoracji artystycznej. Różnorakie geometryczne wzory, głęboko zakorzeniły się w kulturze Bliskiego Wschodu dając źródło inspiracji w tworzeniu nowych form. Projektanci sięgnęli po zasady geometrii takie jakie od wieków stosowane były w architekturze Islamu. Geometryczną kompozycję formy Wież Al Bahar definiują zatem figury geometryczne. Okręgi i ich rotacje są tu wyrazem poszukiwań unifikacji i jedności. Tak samo jak w utworach Natury, które w ten sposób uzyskują optymalną wydajność. Jest to istotna koncepcja Islamu, a także kształtującej się w XXI w. nauki zwanej biomimetyką.

Po ustaleniach wstępnych z klientem oraz rozpoznaniu miejsca lokalizacji projektanci z Aedas rozpoczęli opracowanie formy wież posługując się parametrycznymi technikami cyfrowymi, aby wygenerować już zdefiniowaną jej geometrię.

Najpierw wymodelowano dwie cylindryczne wieże oparte na okręgu. Okrąg jest najbardziej wydajny, ma korzystny stosunek powierzchni ściany do podłogi. Jest to istotne, zwłaszcza przy tworzeniu brył o dużej objętości. W modelowaniu kształtu bryły brano także pod uwagę obciążenia wiatrem, co wstępnie można określić korzystając programu cyfrowego Computational Fluid Dynamics (CFD). Jest to trójwymiarowy proces modelowania, który pozwala na elastyczne przetwarzanie bryły w poszukiwaniu najbardziej optymalnego jej kształtu w określonych warunkach wiatrowych czy w warunkach innego płynnego ośrodka. Takich narzędzi badawczych używa się od lat w przemyśle aerokosmicznym, samochodowym i okrętowym. Przypomnieć tu można, że ukształtowanie obiektów takich jak City Hall (1998-2002) i Swiss Re Bank (2002-2004) w Londynie projektu Foster & Partners wynika z takich właśnie analiz¹.

W wyniku tych analiz Wieże Al Bahar uzyskały cylindryczną formę, lekko wybrzuszoną i zwężającą się w dwóch kierunkach, niczym cygara. Z uwagi na wysokie temperatury panujące w Zatoce Perskiej wykonano również dobowe analizy termiczne. Na potrzeby projektu przyjęto, że średnia temperatura dzienna wynosi około 40°C przy opadach rocznych mniejszych niż 100 litrów/metr². W tak ekstremalnych warunkach niekorzystny kształt pociągałby za sobą realne koszty związane z późniejszym utrzymaniem obiektu.

Konstrukcja

Wieże biurowe Al Bahar zaprojektowano jako obiekty wysokie o jednym rdzeniu, konstrukcji najczęściej skowanej w tego rodzaju obiektach. Żelbetowy rdzeń posadowiony został na głębokich palach betonowych i wznoszony był metodą ślizgową. W rdzeniu tym znalazły się szyby windowe i instalacyjne. Oparte na okręgu rzuty kondygnacji został podzielone tak aby zredukować uciążliwość południowej ekspozycji przez wprowadzenie tam przestrzeni ogrodowej. Zewnętrzna ściana elewacyjna jest strukturą samonośną nie standardową. Zaprojektowana została tylko dla tych dwóch obiektów.

Mając już ustaloną geometrię projektanci byli w stanie tak ukształtować elewację aby wygenerować jej siatkę strukturalną, a także siatkę mocującą panele ze szkła. Widoczna na elewacjach stalowa siatka, o wzorze opartym na sześciokącie, została zoptymalizowana za pomocą cyfrowych narzędzi generatywnych. Opracowanie jej wirtualnego modelu pozwoliło przewidzieć trudności związane z wykonaniem niektórych węzłów. Dzięki technikom modelowania parametrycznego i asocjatywnej geometrii można

¹ Patrz: K. Januszkiewicz, *Eco-architektura – harmonia z Naturą*, w: Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym, Wyd. P Cz., Częstochowa 2007, s. 110.

było w szybki i elastyczny sposób wprowadzać kolejne zmiany². Zarówno do parametryzacji modelu jak i do sporządzenia jego wersji w systemie BIM zatrudniono firmę Gehry Technologies, mającą doświadczenie zdobyte przy projektowaniu i realizacji skomplikowanych obiektów. W rezultacie zaprojektowana siatka o wzorze plastra miodu spełniała doskonale wymagania dotyczące zagrożeń sejsmicznych.

Dynamiczna mashrabiya

W tym samym czasie gdy opracowywana była forma, poszukiwano sposobu ochrony budynków przed nadmiernym ich nagrzewaniem w wyniku insolacji. Wysoka w tym regionie średnią moc promieniowania przypadająca na jednostkę powierzchni wymagała namysłu nad zewnętrzną ochroną budowli. Niemiej Arabowie, wypracowali przez wieki sposoby, które przetrwały do dziś. Chodzi o ażurowe przesłony o geometrycznym wzorze wykonywane z drewna, zwane mashrabiya. Stosowano je w siedliskach pustynnych jako parawany czy przegrody, a w osadach miejskich montowano w oknach czy też obudowywano nimi wykusze elewacyjne w poszukiwaniu cienia i prywatności. Ten skuteczny środek zaradczy na stałe zakorzenił się w kulturze krajów Bliskiego Wschodu.

Projektanci Aedas opracowali nową koncepcję takiej przesłony, współczesną mashrabiye, nową aktywną przestrzenną strukturę mocowaną do elewacji. Stanowi ją układ komponentów, które niczym parasolki, mogą się otwierać i zamykać w odpowiedzi na drogę słońca. Każdy komponent posiada własny aktuator, czyli urządzenie mechaniczne, które na podstawie sygnału sterującego wypracowuje sygnał wejściowy do obiektu regulacji. Są to miniaturowe urządzenia mechaniczne, które znalazły się w przętach mocujących komponenty z fasadą. Na odpowiednio zaprojektowanym ruchomym stelażu rozpięta została prześwitująca, samoczyszcząca się membrana ETFE w kolorze piasku pustyni. Inżynierowie z londyńskiego studia Aedas wraz z inżynierami Arup, grupą badawczą Research & Development, opracowali zaawansowane techniki projektowania cyfrowego pomocne w realizacji projektu. Aedas zamówił opracowanie aplikacji do symulowania ruchu osłony w odpowiedzi na zmiany nasłonecznienia w cyklu dobowym. Konieczne było także umożliwienie sterowania „ręcznego” przez użytkowników – otwarcie lub uchylenie przesłony indywidualnie, poza systemem globalnie sterowanym. Przygotowano takie symulacje w kilku wariantach. Wygenerowano modele cyfrowe zachowań struktury membranowej w kolejnych fazach ruchu poszczególnych komponentów, a także symulacje zachowań całości systemu. Powstały także fizyczne modele robocze w mniejszej skali, pomocne do badań poglądowych³.

Istotne było także ustalenie odpowiedniej odległości od przeszklonej elewacji. Chodziło bowiem o zapewnienie tam ciągu powietrza i jego wymiany z wnętrzem budynku, a także określenie stopnia chłodzenia szklanej fasady. Nie bez znaczenie było również zbadanie oddziaływania przesłon na poczucie komfortu w przestrzeni biurowej.

Opracowane wcześniej przez Aedas i Arup techniki cyfrowe zostały później użyte do wyprowadzenia geometrii niezbędnej w fabrykacji systemu przesłon zintegrowanego już z budynkiem. Zanim ta aktywna mashrabiya znalazła się na elewacjach Wież Al Bahar wykonano prototyp złożony z kilku komponentów systemu w skali 1:1. Eksperymentalnego sprawdzenia wymagały zarówno system sterowania jak i praca stelaża oraz zachowania materiałowe poszczególnych jego modułów. Modułami tymi pokryto około 3/4 powierzchni zewnętrznej budynków, zostawiając stronę północną odkrytą. Ustalono to na podstawie cyfrowych symulacji drogi konta padania promieni słonecznych.

Na dwóch wieżach znajduje się niemal 2100 modułów rozkładanych „parasolek”, z których każdy ma wymiary około 4 x 6 m i waży 600 kilogramów. Każdy z modułów jest sterowany osobno poprzez centralny system. Akuatory i siłowniki, urządzenia niezbędne do sterowania i wykonania zmiany geometrii przesłon znalazły się w stelażu każdego ruchomego komponentu. Głównym zadaniem tych przesłon nie jest ozdabianie architektury, lecz ograniczenie kosztów jej eksploatacji oraz poprawienie mikroklimatu wewnątrz. Dynamiczna mashrabiya pozwoliła zredukować o 20 procent zapotrzebowanie urządzeń klimatyzacyjnych na energię elektryczną. Zmniejszono także średni poziom nasłonecznienia wewnątrz o 50 procent poprawiając komfort pracy. Projektanci zapewniają, że wieże zdobędą srebrny certyfikat LEED.

Po raz pierwszy w historii architektury zrealizowano aktywną skórę i to na tak szeroką skalę. Dynamiczna mashrabiya to struktura w pełni performatywna, która działa w określony sposób przeprowadzając

² Por. <http://aedasresearch.com/features/view/advanced-modelling/project/al-bahar-towers> (z dnia 12.02. 2013)

³ Por. <http://www.aedas.com/Research/ADIC-Responsive-Facade> (10.01.2013).

wyznaczone jej zadanie. Powstała w odpowiedzi na warunki środowiskowe i cechy materiału, z którego została wykonana⁴.

Ponadto, bliźniacze Wieże Al Bahar są znakomitym przykładem jak pogodzić stosowanie najnowszych technologii z kulturowym kontekstem. Tradycyjna architektura arabska przez wieki pozwalała przeżyć w ekstremalnych warunkach pogodowych. Obserwując słońce i ruch powietrza wypracowano systemy modulacji klimatu wewnątrz mieszkalnych i użytkowanych wspólnie targowisk i meczetów.

Podpatrywanie tych rozwiązań dziś prowadzi wprost do nowych rozwiązań opartych na prostych pomysłach. Abu Dhabi w swoim zrównoważonym rozwoju podąża w kierunku integracji kulturowej. Wieże Al Bahar są manifestują kreatywną koegzystencję nowego ze starym, a także są potwierdzeniem, że tylko myślenie holistyczne w projektowaniu zrównoważonym prowadzi do właściwych relacji Człowiek- Technologia- Natura- Kultura.

BIBLIOGRAFIA

[1] Aedas, *New headquarters Albahar Towers*, Abu Dhabi Investment Council, Abu Dhabi 2012.

[2] K. Januszkiewicz, *Eco-architektura – harmonia z Naturą*, w: Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym, Wyd. P Cz., Częstochowa 2007, s. 110.

[3] K. Januszkiewicz, *Architektura performatywna w Kolonii*, AV 2/2012, s. 32-45.

[4] <http://aedasresearch.com/features/view/advanced-modelling/project/al-bahar-towers> (z dnia 12.02. 2013).

⁴ Więcej o architekturze performatywnej patrz: K. Januszkiewicz, *Architektura performatywna w Kolonii*, AV 2/2012, s. 32-45.