

MODUŁOWE ABC

Bioniczny moduł abc?

Forma, struktura, powłoka

Część 4



dr inż. arch.
Piotr Grodecki
Politechnika Warszawska

Moduły abc mimo antropomorficznej, ortogonalnej formy, mogą być z racji struktury czy powłoki zaliczone do rodziny obiektów bionicznych, a w technologiach modułowych rozwiązania „bioniczne” stanowią ważny aspekt kształtowania budynków niskoenergetycznych i energooszczędnych.

Nie bez powodu w tytule czwartego i ostatniego odcinka serii znalazł się znak zapytania. Bo czy jest uzasadnione żeby modułowe obiekty architektoniczne (patrz numer styczeniowy, lutowy i marcowy 2015) mogły być bioniczne? Przecież te, którym nadajemy takie miano, w mniejszym lub większym stopniu nawiązują formą do kształtów znanych ze świata przyrody. Najbardziej popularna forma przestrzenna modułowa, czyli prostopadłościenny moduł abc (znana z pierwszego odcinka), jest kompletnym zaprzecze-

niem formy bionicznej. Przyroda takiej formy nigdzie nie wygenerowała, nie dysponowała linią i trójkątem. To my stworzyliśmy antropomorficzne wytwory, podporządkowane trzem prostopadłym do siebie kierunkom: długości, szerokości i wysokości. A jednak chciałbym zwrócić uwagę, że nawet tak obce naturze obiekty ortogonalne (jak np. moduł abc) mogą być zaliczone do bionicznych, nawet jeśli pierwsze skojarzenie jest zupełnie odmienne. Bo czy forma nawiązująca bezpośrednio lub pośrednio do kształtów znanych ze świata przyrody

jest jedynym kryterium zaliczającym obiekty do tej kategorii? Czy obiekty tak obce naturze jak kubik lub prostopadłościan mogą mieć cechy bioniczne? Okazuje się, że tak.

Bioniczne czyli jakie?

Do bionicznych można zaliczyć te obiekty, które oprócz formy mają też strukturę bioniczną i... powłokę bioniczną. Jeśli te cechy oznaczmy trzema mianami F – forma, S – struktura, P – powłoka, to posiadanie przez obiekt jakiegokolwiek z trzech wyróżnionych cech – F, S lub P – pozwala zaliczyć obiekt do bionicznych. Oczywiście taki, który spełnia wszystkie trzy warunki jest najbardziej zbliżony do ideału. Warto jednak zwrócić uwagę, że najbardziej zauważalna cecha bioniczna, czyli forma, nie jest tak charakterystyczna dla obiektów bionicznych. S (struktura) i P (powłoka) szczególnie teraz, kiedy szukamy rozwiązań zrównoważonego rozwoju w budownictwie, nabierają nowego, niezwykle znaczenia. Dynamiczny rozwój technologii budowlanych, szczególnie w obszarze przegród budowlanych, pozwala wywołać wkrótce prawdziwy przewrót w tej dziedzinie i pozwoli stworzyć obiekty nowej generacji, o zdecydowanie mniejszym zapotrzebowaniu na energię konieczną do ich wybudowania oraz eksploatacji. To przecież rośliny i istoty żywe w procesie ewolucji stworzyły optymalne rozwiązania pozwalające żywym organizmom dostosować się do zmieniających się warunków środowiska naturalnego. Potrzeba drastycznego ograniczenia zużycia energii w budownictwie wymusiła poszukiwanie no-

Obiekt bioniczny – czynnik S – struktura



Dyplom inżynierski Anny Szustak, PW. Promotor: dr inż. arch. Piotr Grodecki. Projekt wykonano w technologii dsd/3dT (cz II cyklu „Modułowe ABC”).

wych rozwiązań zarówno w obszarze S (struktury), jak i P (powłoki). Okazało się, że sporo z nich zastosowała już sama natura. Trzeba jedynie dokładniejszej obserwacji i sprytu, by wykorzystać je w praktyce, nie tylko w budownictwie. Oczywiście najbardziej ekspozowaną cechą bioniczną obiektów budowlanych jest ich forma, w mniejszym lub większym stopniu nawiązująca do kształtów zauważalnych w przyrodzie. Te najbardziej znane, jak np. terminal lotniczy TWA zaprojektowany w latach 60. przez Eero Saarineną w Nowym Yorku (lotnisko JFK), od razu narzuca takie skojarzenie. Medal wybitny na cześć obiektu nawiązuje do ptaków w locie, z charakterystycznie rozpostartymi skrzydłami. Sam budynek jest takim samym „ptakiem” zatrzymanym w kadrze. Nazwa na medalu brzmi: The Great Frozen Bird. Budynek, których projektanci inspirowali się kształtami stworzonymi przez naturę, jest wiele i łatwo można je zidentyfikować na pierwszy rzut oka. Znacznie trudniejsze jest zrozumienie i „rozpoznanie” struktur i powłok bionicznych. Tu potrzeba większej wiedzy i doświadczenia.

Rozpoznanie struktur...

Już jako student podczas stypendium w Stanach Zjednoczonych miałem okazję zetknąć się z problematyką struktur bionicznych w architekturze. Na Wydziale Architektury w Ames (stan Iowa) były prowadzone zajęcia z konstrukcji z udziałem biologa. Naukowiec ten badał strukturę organizmów morskich żyjących na dużych głębokościach w morzach i oceanach. Ponieważ panujące tam ciśnienie jest co najmniej kilkadziesiąt razy większe niż na powierzchni Ziemi, badacz analizował zasady ich budowy strukturalnej. Wyjaśniał tajemnice budowy tych organizmów oraz skład chemiczny ich „kośćca”, który pozwalał na przetrwanie w tak ekstremalnych warunkach. Tego rodzaju uniwersyteckie analizy były przyczynkiem do przeniesienia ich na grunt praktyki budowlanej. Chociażby przy rozwiązaniu takiego problemu: jak przy minimum materiału uzyskać maksimum efektywności strukturalnej. Dziś można rozbudować ten problem: jak przy zużyciu minimum energii koniecznej do produkcji materiałów niezbędnych do zbudowania odpowiedniej struktury przestrzennej oraz by jednocześnie spełniała narzucone wymagania konstrukcyjne.

Zostaliśmy też wtedy zaproszeni do biura projektowego SOM (Skidmore, Owings and Merrill) w Chicago. Tam jeden z projektantów konstrukcji najwyższego budynku wtedy na świecie – SEARS Tower (obecnie Willis Tower) – wyjaśniał (głównym projektantem budynku był Fazlur Khan), jak wykorzystanie struktur bionicznych pozwoliło na zaprojektowanie budynku o tak nieprawdopodobnych właściwościach – wysokość 446 m i podstawa 60 x 60 m. Budynek Willis Tower jest powszechnie znany, stanowi wiązkę dziewięciu modułów (3 x 3) na planie kwadratu 20 x 20 m związanych

ze sobą. Wiązki te kończą się na różnych wysokościach nadając budynkowi niepowtarzalną architekturę. Mimo ortogonalnej formuły przestrzennej, budynek ma konstrukcję absolutnie bioniczną, zapożyczoną ze świata przyrody. Projektanci nie kryli, że to zapożyczenie było nieprzypadkowe. Tylko tą metodą udało się uzyskać cechy strukturalne budynku, biorąc pod uwagę jego wysokość i odporność na działanie dużych, dynamicznych sił poziomych od wiatru. Chicago to w końcu wietrzne miasto. Nieco inne rozwiązanie przyjęto w równie znanym i oryginalnym budynku, również projektowanym przez SOM (główny projektant Fazlur Khan) w Chicago: John Hancock Centre. Zastosowane tu rozwiązanie strukturalne było wymuszone funkcją budynku (biura, sklepy, siedziby stacji tv, mieszkania). Ale i w tym przypadku zapożyczono je z rozwiązań, które podpowiedziała natura. Jeden z najnowszych projektów biura SOM, wieżowiec Burj Khalifa w Dubaju, również ma strukturę bioniczną. Forma budynku w wielu partiach (w tym rzut budynku) nawiązuje do ornamentyki ze świata islamu, ale jego struktura powstała z inspiracji budową sekwoi. Problemem było przeniesienie obciążeń tak wysokiego budynku na dolne jego partie. Rozwiązania strukturalne z wieżowców takich jak Sears Tower okazały się w tym przypadku niewystarczające.

... i powłok bionicznych

Istotnym aspektem uwzględnianym przy projektowaniu współczesnych budynków, i to niezależnie od ich wielkości i funkcji „od narodzin do śmierci”, jest wpływ na środowisko naturalne. Wg metodologii LCA jest tzw. jedenaście komponentów, które poddawane są ocenie, by stwierdzić, w jakim stopniu budynek wpływa na każdy z nich. Jak na razie czynnikiem uwzględnianym w procesie projektowania jest energia niezbędna do eksploatacji budynków. Trzeba zatem dążyć do tego, by nowo projektowane i realizowane obiekty były i energooszczędne, i niskoenergetyczne (patrz część lutowa i marcowa cyklu). Budynki m.in. w technologii dsd/3dT i CTL spełniają oba te kryteria, a ich istotną cechą, wpływającą na relatywnie niskie zapotrzebowanie na ciepło (w naszym klimacie), jest przegroda zewnętrzna, czyli bioniczny czynnik P – powłoka. W algorytmie charakterystyki energetycznej istotny jest parametr A/V, gdzie A – powierzchnia zewnętrzna obiektu, a V – jego objętość, co oznacza, że obiekty zwarte z definicji algorytmu mają lepszą charakterystykę energetyczną. Jednak odpowiednio zaprojektowana „powłoka” budynku – przegrody zewnętrzne – pozwala uzyskać doskonałe efekty i zmniejszyć zapotrzebowanie na ciepło. Potwierdza to raport Wolfganga Feista, zaprezentowany w ramach europejskiego projektu badawczego CEPHEUS, w którym podano analizę budynki mieszkalne jedno- i wielorodzinne zaliczone do grupy budynków pasywnych. Szczególne znaczenie przywiązano

Obiekt bioniczny – czynnik P – powłoka



Dyplom magisterski Michała Rogozińskiego, PW



Struktury systemów modułowych, a szczególnie przegród zewnętrznych budynków, spełniają kryterium bioniczne. Przykładem jest koncepcyjny projekt budynku bionicznego Centrum Kongresowego w Dubaju autorstwa Michała Rogozińskiego wykonany na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej.



w raporcie do odpowiednio zaprojektowanych przegród zewnętrznych, które w istotny sposób zmniejszają zużycie ciepła w trakcie eksploatacji budynków. Konkluzje tego raportu są zbliżone z wynikami badań przeprowadzonych w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych (w technologii drobnowymiarowego szkieletu drewnianego) w Stanach Zjednoczonych, opublikowanymi w raporcie Amerykańskiej Agencji ds. Poszanowania Energii.

Okazuje się, że rozwiązanie wielu problemów z zakresu kształtowania przegród budowlanych o bardzo niskim współczynniku U odpowiada również natura. Dokładna analiza, z wykorzystaniem mikroskopów elektronowych, organizmów żywych, w tym roślin, może nasunąć wiele praktycznych rozwiązań przegród budowlanych, pozwalających na znaczące zmniejszenie zużycia energii ze źródła zewnętrznego (bez konieczności zastosowania jeszcze dość drogiej ogniw fotowoltaicznych. Pozornie proste, „ściągnięte” z natury rozwiązania pozwalają znacząco wpłynąć na jakość przegród budowlanych. Zastosowano je w systemie dsd/3dT oraz w rozwiązaniach modułów mieszkalnych produkowanych przez firmę UNIHOUSE (III cz. cyklu). Stosowanie dwupowłokowych izolacji termicznych z powłokami parochronnymi jednokierunkowo oraz powłok aluminiowych w tych systemach jest standardem

technologicznym, pozwalającym w naszym klimacie zachować cechy przegrody (parametr U) przez cały rok. Niezbyt kosztowne rolety czy żaluzje drewniane lub nawet okiennice były prostym, ale skutecznym sposobem na zaoszczędzenie ciepła niezbędnego do uzyskania komfortu termicznego w budynku. Sposób „zachowania” się wielu roślin jest przecież dokładnie taki sam. Polecam tutaj wykłady Michała Pawlina, można je obejrzeć i wysłuchać ich w Internecie. Autor ten, jako admirator i propagator technologii bionicznych w budownictwie, podaje liczne przykłady wykorzystania rozwiązań wprost ze świata natury w powłokach budowlanych. Łatwiej wtedy zrozumieć, że „zamykanie się na noc” – niższa temperatura, brak światła słonecznego – jest zachowaniem racjonalnym i często spotykanym w naturze.

Zasadę wykorzystania pozornie prostych rozwiązań (praktyka dowiodła, że niezwykle skutecznych) zastosowano m.in w budynku Council House 2 w Melbourne w Australii. Jedną z nich jest efektywne chłodzenie pomieszczeń bez konieczności stosowania niezwykle energochłonnych systemów klimatyzacyjnych. Krople wody, ściekając z dachu w pobliżu ściany zewnętrznej po specjalnie ukształtowanych powłokach, parują i pobierają ciepło z powietrza, w naturalny sposób schładzając powietrze zasysane do pomieszczeń budynku.



Wieżowiec Burj Khalifa w Dubaju ma strukturę bioniczną, powstała ona z inspiracji budową sekwoi.

Ciekawe, jak szybko zostanie opanowana technologia produkcji przepon dla przegród zewnętrznych budynków wykorzystująca zasadę budowy jajeczka muchy. W powiększeniu pod mikroskopem elektronowym okazało się, że otoczka jaja to układ wielorekuperacyjny. Zastosowanie w przegrodzie zewnętrznej budynku takiej przepony wykorzystującej system „wielorekuperacyjny” wymiany powietrza zdecydowanie podniesie jej walory technologiczne.

A jednak bioniczne

W tak krótkim artykule nie da się wyczerpać wszystkich wątków ani przekonać każdego, że również moduły abc mimo antropomorficznej, ortogonalnej formy mogą być z racji struktury (czynnik S) czy powłoki (czynnik P) zaliczone do rodziny obiektów bionicznych. Chciałbym jednak podkreślić, że w technologiach modułowych (opisanych w trzech poprzednich artykułach) rozwiązania „bioniczne” stanowią ważny aspekt kształtowania budynków niskoenergetycznych i energooszczędnych. Nawet jeśli ortogonalna forma systemów modułowych jest zaprzeczeniem form bionicznych, to struktury systemów modułowych, a szczególnie przegród zewnętrznych budynków, spełniają kryterium bioniczne. Przykładem takiego podejścia jest koncepcyjny projekt budynku bionicznego Centrum Kongresowego w Dubaju autorstwa Michała Rogozińskiego, wykonany na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej. Kubiczna bryła budynku została wybrana świadomie. Wyeksponowano tym samym rozwiązania bioniczne zastosowane w przegrodach zewnętrznych budynku i jego systemach instalacyjnych. ■



Schronisko młodzieżowe w Górach Świętokrzyskich



Obiekt bioniczny – czynnik S – struktura

Dyplom inżynierski Agnieszki Piwnik, PW. Promotor: dr inż. arch. Piotr Grodecki. Projekt wykonano w technologii CLT (Croos Laminated Timber – cz II cyklu „Modułowe ABC”).