

# METALOWO-SZKLANE

## ściany osłonowe i przekrycia dachowe w praktyce

Część 3.

**Marzena Jakimowicz**  
Instytut Techniki Budowlanej

Projektowanie fasad metalowo-szklanych jest niezwykle ważną składową w całym procesie projektu inwestycji. Dobry projekt to nie tylko estetyka i wizja architekta oraz kompleksowe rozwiązywanie kwestii technicznych, ale również zapewnienie bezpieczeństwa i funkcjonalności użytkownika budynku.

Zaprojektowanie fasady tak, aby spełniała postawione wymagania, jest procesem skomplikowanym, w którym muszą brać udział projektanci, architekci, konstruktorzy i wytwórcy systemów. Niezwykle istotny jest również etap wykonania ściany metalowo-szklanej. Bez doświadczonych montażystów i odpowiedniego sprzętu nie jest możliwe prawidłowe jej wykonanie. Dlatego też w praktyce pojawiają się liczne błędy powstałe na etapie projektowania oraz na etapie wykonania.

Zaprojektowany system ściany osłonowej to system segmentowy, w którym zastosowano półwkłowe słupy i rygle wykonane z aluminiowych kształtowników skrzynkowych. Oszklenie zaprojektowano jako szyby dwukomorowe, w systemie szklenia strukturalnego.

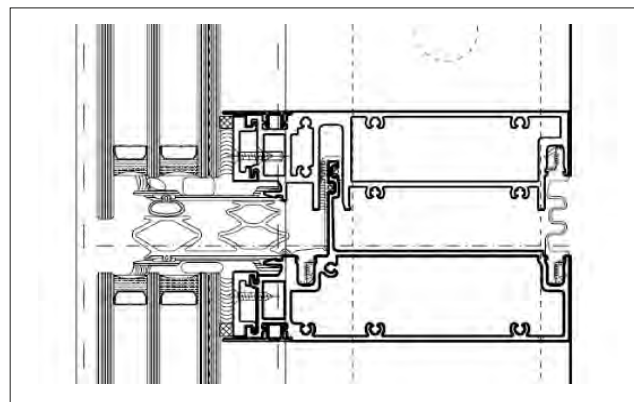


Rys. 1. Wizualizacja obiektu OLIVIA STAR, źródło: archiwum własne autora

Przykładem zagadnień, z jakimi boryka się projektant ścian osłonowych aluminiowo-szklanych, może być przedstawiony poniżej fragment trybu postępowania przy indywidualnym projekcie. Ściany osłonowe prestiżowych obiektów zazwyczaj tworzone są w oparciu o indywidualne rozwiązania projektowe. Tak jak w przypadku konstrukcji stalowych czy betonowych, towarzyszy im konieczność wykonania wielu obliczeń statycznych z uwzględnieniem obciążeń występujących na budynku.

### Tryb postępowania przy indywidualnym projekcie

Przykładem indywidualnego projektu jest budynek biurowo-usługowy OLIVIA STAR zlokalizowany w Gdańsku Oliwie (rozpoczęcie budowy w 2016 roku), o wysokości 156,2 m (rys. 1.). Zaprojektowany system ściany osłonowej to system segmentowy, w którym zastosowano półwkłowe słupy i rygle wykonane z aluminiowych kształtowników skrzynkowych. Oszklenie zaprojektowano jako szyby dwukomorowe, gdzie jedno z maksymalnych wymiarów osiągnęły wartości (szerokość x wysokość) 1430 x 4900 mm w systemie szklenia strukturalnego. Szyba zespolona dwukomorowa zamocowana została do elementów konstrukcyjnych ściany osłonowej, słupów i rygli za pośrednictwem spoiny silikonowej Dow Corning DC993 oraz, od strony zewnętrznej, punktowo za pomocą specjalnych aluminiowych płytek zabezpieczających szybę przed spadnięciem (rys. 2.).



Rys. 2. Przekrój przez rygiel fasady budynku OLIVIA STAR; źródło: archiwum własne autora – dokumentacja projektowa

Jako przykład przyjęto do analizy szyby (GL2) zamontowane na ostatnich kondygnacjach budynku: +31 do +34, w konfiguracji szyby narożnej, osadzone poprzez spoinę klejową i wsporniki (zapinki) w ramie aluminiowej w konfiguracji zespolenia: 10 ESG-H/16/6 ESG-H/14/6.6.2 ESG-H gr. 58,7 mm. Z uwagi na gabaryty szyby, jej masę oraz wysokość wbudowania przeprowadzono obliczenia statyczne m.in. w zakresie: dopuszczalnych naprężeń i ugięć od obciążenia równomiernie rozłożonego (działania wiatru). Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu obliczeniowego MES przy przyjęciu następujących założeń:

- (wg załącznika krajowego NA) strefa obciążenia wiatrem 2,
- kategoria terenu 0,
- bazowa prędkość wiatru 26 m/s,
- budynek o wysokości 156,2 m.

Obciążenie charakterystyczne wywołane działaniem wiatru przyjęto na poziomie 3,0 kN/m<sup>2</sup> dla ciśnienia zewnętrznego oraz dla ciśnienia wewnętrznego 0,55 kN/m<sup>2</sup>. Dodatkowo w obliczeniach segmentów ściany ostłonowej uwzględniono działanie sily poziomej (od naporu tlumu na wysokości 1,2 m) o wartości 1,0 kN/m. Ostatecznie przyjęto maksymalne obciążenie wiatrem na poziomie 3,55 kN/m<sup>2</sup>. Obliczenia dla ww. konfiguracji szyb zamontowanych w segmentach ściany wykonano jak dla płyt swobodnie podpartych na obwodzie z rozdziałem obciążeń dla każdej szyby.

Jako kryterium oceny obliczeń przyjęto:

- warunek nośności dla szyb zespolonych:  $\sigma_d = 50,0$  MPa;
- warunek ugięcia dla szyb pojedynczych w zespoleniu:  $L/65$ , gdzie  $L$  – krótszy bok szyby.

Dodatkowo przeprowadzono obliczenia statyczne w zakresie dopuszczalnych ugięć dla zaprojektowanych aluminiowych kształtowników skrzynkowych, przyjmując warunek ugięcia dla profili aluminiowych:

- w przypadku słupa –  $L/200$  lub 15 mm, gdzie  $L$  – rozpiętość elementu konstrukcyjnego;
- w przypadku rygla –  $L/500$  lub 15 mm, gdzie  $L$  – rozpiętość elementu konstrukcyjnego.

Na rysunkach 3–6 przedstawiono symulację ugięć i naprężeń dla omawianej szyby zastosowanej w segmencie ściany ostłonowej wraz z podaniem częściowych współczynników bezpieczeństwa przyjętych do kombinacji obciążeń.

Zaprezentowano jedynie mały fragment obliczeń statycznych. Podobna analiza powinna zostać przeprowadzona dla innych przeszkleń występujących na obiekcie oraz oczywiście dla głównych profili, tj. słupów i rygli. Konieczna jest także weryfikacja elementów mocujących konstrukcję ściany ostłonowej do konstrukcji budynku. Projektant posiada odpowiednie do tego narzędzia, jak programy obliczeniowe oparte o MES, ale nie jest możliwe poprawne zaprojektowanie fasady bez doświadczenia i dużej wiedzy praktycznej.

Projektant posiada odpowiednie narzędzia, jak programy obliczeniowe oparte o MES, ale nie jest możliwe poprawne zaprojektowanie fasady bez doświadczenia i dużej wiedzy praktycznej.

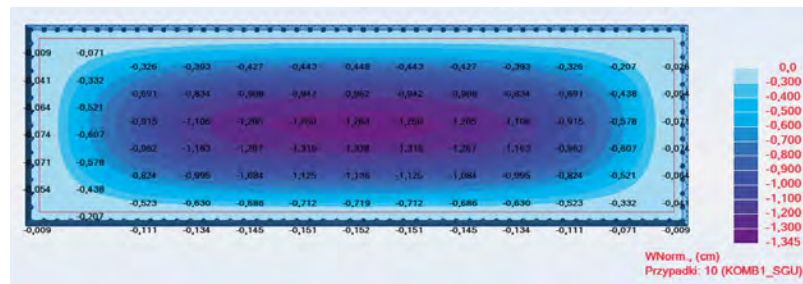
Symulacja ugięć i naprężeń dla omawianej szyby zastosowanej w segmencie ściany ostłonowej wraz z podaniem częściowych współczynników bezpieczeństwa przyjętych do kombinacji obciążeń:



Rys. 3 Naprężenia – szyba GL 2 1430 x 4900 (66.2); kombinacja obciążeń: ciężar własny (wsp. bezp. 1,10), siła pozioma (wsp. bezp. 0,66), parcie wiatru (wsp. bezp. 1,10), ssanie wewnętrzne (wsp. bezp. 0,66), ciśnienie izochoryczne (wsp. bezp. 0,66), źródło: archiwum własne autora – dokumentacja projektowa



Rys. 4. Naprężenia – szyba GL 2 1430 x 4900 (66.2); kombinacja obciążeń: ciężar własny (wsp. bezp. 1,10), siła pozioma (wsp. bezp. 0,66), ssanie wiatru (wsp. bezp. 1,10), ssanie wewnętrzne (wsp. bezp. 0,66), ciśnienie izochoryczne (wsp. bezp. 0,66), źródło: archiwum własne autora – dokumentacja projektowa



Rys. 5. Ugięcia – szyba GL 2 1430 x 4900 (66.2); ciężar własny (wsp. bez. 1,0), siła pozioma (wsp. bez. 0,2), parcie wiatru (wsp. bez. 0,9), ssanie wewnętrzne (wsp. bez. 0,2), ciśnienie izochoryczne (wsp. bez. 0,2), źródło: archiwum własne autora – dokumentacja projektowa



Rys. 6. Ugięcia – szyba GL 2 1430 x 4900 (66.2); ciężar własny (wsp. bez. 1,0), siła pozioma (wsp. bez. 0,2), parcie wiatru (wsp. bez. 0,9), parcie wewnętrzne (wsp. bez. 0,2), ciśnienie izochoryczne (wsp. bez. 0,2), źródło: archiwum własne autora – dokumentacja projektowa

## „Od ogółu do szczegółu”

Projektowanie fasad metalowo-szklanych jest niezwykle ważną składową w całym procesie projektu inwestycji. Dobry projekt to nie tylko estetyka i wizja architekta oraz kompleksowe rozwiązywanie wszystkich najważniejszych kwestii technicznych, ale również zapewnienie bezpieczeństwa i funkcjonalności użytkownika budynku. Zasady projektowania muszą być odniesione do oczekiwanych parametrów użytkowych obiektów i skorelowane z przepisami budowlanymi w zakresie wymagań podstawowych.

Ważnym elementem w projektowaniu i wykonywaniu fasad jest wieloaspektowość procesu, tj. przechodzenie „od ogółu do szczegółu”. Analizie powinna podlegać funkcja obiektu, jego komunikacja, technologia wykonania, uwarunkowania formalnoprawne, realizacja, a przede wszystkim eksploatacja obiektu pod kątem komfortu i ekonomii użytkownika. Wykonanie i projektowanie w fasadach aluminiowo-szklanych związane jest bezpośrednio z komponentami wskazanymi w danym projekcie architektonicznym. Ograniczenia mogą stanowić np. przeszklenia projektowane w postaci minimalnego promienia gięcia, minimalnej szerokości, maksymalnej wysokości, gdzie wskazany jest kontakt z dostawcami już na etapie wstępnej koncepcji elewacji. Użytkowanie obiektu związane jest bezpośrednio z komfortem pomieszczeń, gdzie warunki techniczne wskazują na takie zaprojektowanie i wykonanie obiektu, aby nie następowało przegrzewanie się pomieszczeń. Ochrona przed przegrzewaniem pomieszczeń związana jest bezpośrednio z rodzajem zastosowanego szkła i kontrolą słoneczną. Oznacza to, iż nie każda elewacja może być wykonana np. ze szkła z naniesionymi powłokami, które chroni pomieszczenie przed promieniami słonecznymi, ale nie może być dowolnie profilowane. Mogą być wykonywane z niego szyby płaskie i wypukłe, nie zawsze zaś wklęsłe.

Realizując zasadę „od ogółu do szczegółu”, kolejne etapy przygotowania projektu na etapie realizacji mogą wpłynąć na wielokrotną zmianę założonej wcześniej koncepcji. Zdarza się, iż z wcześniej założonych względów ekonomicznych realizacji inwestycji okładziny ściany, elementy konstrukcyjne (stupy, rygle, żebra szklane) wymagają dodatkowych wzmocnień z uwagi na obciążenia wiatrem, obciążenia użytkowe i ugięcia istniejącej konstrukcji, co może zmniejszać założony architektoniczny efekt wizualny. Zakłada się, iż projektując elewację, najważniejsze jest obciążenie użytkowe, tzw. dynamiczne, tj.: „obciążenie konstrukcji budowlanej związane z jej użytkowaniem”, co wpływa na właściwości zamontowanej fasady i właściwą współpracę jej komponentów: elementów konstrukcyjnych (stupy, rygle), oszklenia, uszczelki, elementów mocujących. Zdarza się, iż zmiana koncepcji może dotyczyć również zmiany funkcji obiektu, np. budynek Złota 44 stanowi przykład realizacji, gdzie po wykonaniu elewacji podjęto decyzję o zmniejszeniu powierzchni mieszkań, co spowodowało wymianę ponad 70 segmentów, aby dostosować budynek do nowej funkcji, co przekłada się na dodatkowe koszty i wprowadzenie dodatkowego etapu projektowego. Wymiana nowych segmentów związana była bezpośrednio z zaplanowaniem i realizacją takiego sposobu demontażu i montażu, aby potwierdzone wcześniej właściwości ściany w zakresie szczelności na wodę, powietrze i izolacyjność akustyczną zostały zachowane.

Prześcigające się wizje architektów oraz inwestorów szcycących się posiadaniem niepowtarzalnych obiektów stawiają przed projektantami i wykonawcami bardzo trudne zadania. Projektant, z uwagi na uwarunkowania rynkowe, nie odmówi realizacji projektowego etapu inwestycji, a wykonawca nie odmówi realizacji finalnej fasady, tj. zmontowania i zamocowania jej na konstrukcji istniejącej budynku. Często wykonawca dopiero po zdobyciu zlecenia poznaje szczegóły konstrukcyjne. Taka sytuacja niekiedy powoduje powstanie tzw. absurdów budowlanych, czyli rozwiązań niestandardowych, do tej pory niestosowanych. Jest to przyczyną rozwoju no-

wych, innowacyjnych technologii, materiałów oraz koncepcji. Przykładem może być budynek Q22 w Warszawie, gdzie na potrzeby obiektu zaprojektowano specjalny system dostępu do elewacji (na potrzeby konserwacji, napraw i mycia), zastosowano szyby parteru o wymiarach 2,70 x 4,20 m i segmenty ściany o wymiarach 2,70 x 7,20 m, co wymagało specjalnego transportu podczas montażu. W konstrukcji obiektu zaprojektowano stropy sprężone, co wymagało uzgodnienia z konstruktorem, gdzie mogą być zakotwione segmenty fasady.

## Podsumowanie

Aspekty projektowania i wykonywania fasad aluminiowo-szklanych oraz przekryć dachowych to trudna, wielofazowa realizacja wymagająca odpowiedniej „logistyki informacji” pomiędzy architektem, inwestorem, projektantem, producentem komponentów oraz finalnym wykonawcą ostatecznie odpowiadającym za wyrób i jego właściwości użytkowe. Błędy wynikające z niewłaściwie przyjętych założeń ww. etapów bezpośrednio wpływają na jakość wyrobu, jego parametry użytkowe i bezpieczeństwo użytkownika. ■

W kolejnej części: zagadnienia praktyczne z przykładem obliczeniowym.

## Bibliografia

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (EU) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 późniejszymi zmianami ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające Dyrektywę Rady 89/106/EWG.
- [2] PN-EN 13830:2003 (2015) Ściany osłonowe. Norma wyrobu.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami).
- [4] PN-EN 13116:2002 Ściany osłonowe. Odporność na obciążenie wiatrem. Wymagania eksploatacyjne.
- [5] PN-EN 12179:2002 Ściany osłonowe. Odporność na obciążenie wiatrem. Metoda badania.
- [6] PN-EN12600:2004 Szkło w budownictwie. Badanie wahadłem. Udarowa metoda badania i klasyfikacja szkła płaskiego.
- [7] PN-EN 14019:2004 Ściany osłonowe – Odporność na uderzenia – Wymagania eksploatacyjne.
- [8] PN-EN 12153:2004 Ściany osłonowe. Przepuszczalność powietrza. Metoda badania.
- [9] PN-EN 12152:2004 Ściany osłonowe. Przepuszczalność powietrza. Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja.
- [10] PN-EN 1991-1-4:2008/AC:2009 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- [11] PN-EN 12154:2004 Ściany osłonowe. Wodoszczelność. Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja.
- [12] PN-EN 12155:2004 Ściany osłonowe. Wodoszczelność. Badania laboratoryjne pod obciążeniem stałym.

## Abstract. PRACTICAL ASPECTS OF DESIGNING AND MONTAING OF METAL-GLASS CURTAIN WALL AND ROOFS.

Metal-glass curtain walls are now an inherent element of urban landscape. Due to the variety of forms, unlimited color range, high thermal and acoustic insulation, functionality dedicated not only to separating the external and internal environment they inspire admiration and delight. Their appearance can give the impression that they are uncomplicated structures. The reality is reversed. Metal-glass curtain walls are assembled from a number of functionally diverse elements. Designing the façade to meet the requirements is a complicated process where designers, architects, constructors and systems manufacturers must be involved. Very important is the stage of installation a metal-glass curtain wall. Without experienced assemblers and appropriate equipment, it is not possible to perform it correctly.

**Keywords:** glass, metal-glass curtain wall, design, façade