

# Analiza wpływu usztywnienia paneli cienkościennych na wybrane parametry pracy

dr inż Paweł Lonkwić

Konstrukcje cienkościennie wykonywane z blach stanowią bardzo szeroki segment przemysłowy. Najczęstsze stosowanie wyrobów cienkościennych można zauważyć w branży samochodowej, kotłowej, dźwigowej. Zachowanie odpowiedniej sztywności konstrukcji wraz z zachowaniem właściwej wytrzymałości jest przedmiotem badań wielu ośrodków badawczych. Wraz z rozwojem konstrukcji cienkościennych, w obecnym czasie dynamicznie rozwija się aspekty wizualne oferowanych na rynku produktów. W publikacji [4] Autorzy skupiają swoją uwagę na trzech modelach numerycznych różnych rozwiązań w zakresie przetłoczeń w centralnej części ściany bocznej kabin windy. W pracy [1] Autorzy oceniają wpływ pamięci kształtu rolek poliuretanowych na komfort podróżujących dźwigiem osób.

## Budowa kabiny dźwigu osobowego

Kabina dźwigu osobowego przedstawiona na rysunku 1 składa się ze ścian,



Rys. 1. Kabina dźwigu osobowego [5]

dachu, podłogi oraz drzwi. Rynek zmieniając się dynamicznie pod względem estetycznym wymaga ciągłej weryfikacji utartych już rozwiązań. W związku z tym, konstrukcja kabiny musi ewoluować

wraz ze zmieniającymi się tendencjami. Ponieważ zmiany polegają głównie w wyglądzie, większość rozwiązań konstrukcyjnych jest zachowywana.

Istnieją jednak zmiany, które wpływają znacząco na dotychczasowe już rozwiązania. Do takich zmian należy szerokość paneli z których składają się ściany kabiny. Z jednej strony gabaryty kabiny są zależne od jej udźwigu, a z drugiej – wymiary paneli, z których składają się ściany kabiny są uzależnione od formatów blachy, z której je wykonano. Obecnie zmieniające się trendy wymagają, aby panele kabiny były jak najszersze. W związku z tym, im większa szerokość panelu kabiny tym mniejsza sztywność oraz większe prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska tzw. pudła rezonansowego, co niekorzystnie wpływa na komfort podróżujących osób. Sztywność wszystkich elementów z jakich składa się kabina jest ściśle określona w normie [3]. Warunkami brzegowymi przedstawionej analizy są zatem dwa punkty normy [3], które definiują przedstawiony problem następująco:

Każda ściana kabiny powinna mieć taką wytrzymałość, aby siła 300 N, przyłożona w dowolnym miejscu prostopadle do ściany, skierowana od wnętrza kabin na zewnątrz i równomiernie rozłożona na płaszczyźnie w kształcie koła lub kwadratu o powierzchni 5 cm<sup>2</sup> nie powodowała:

- żadnych odkształceń trwałych;
- odkształceń sprężystych większych niż 15 mm.

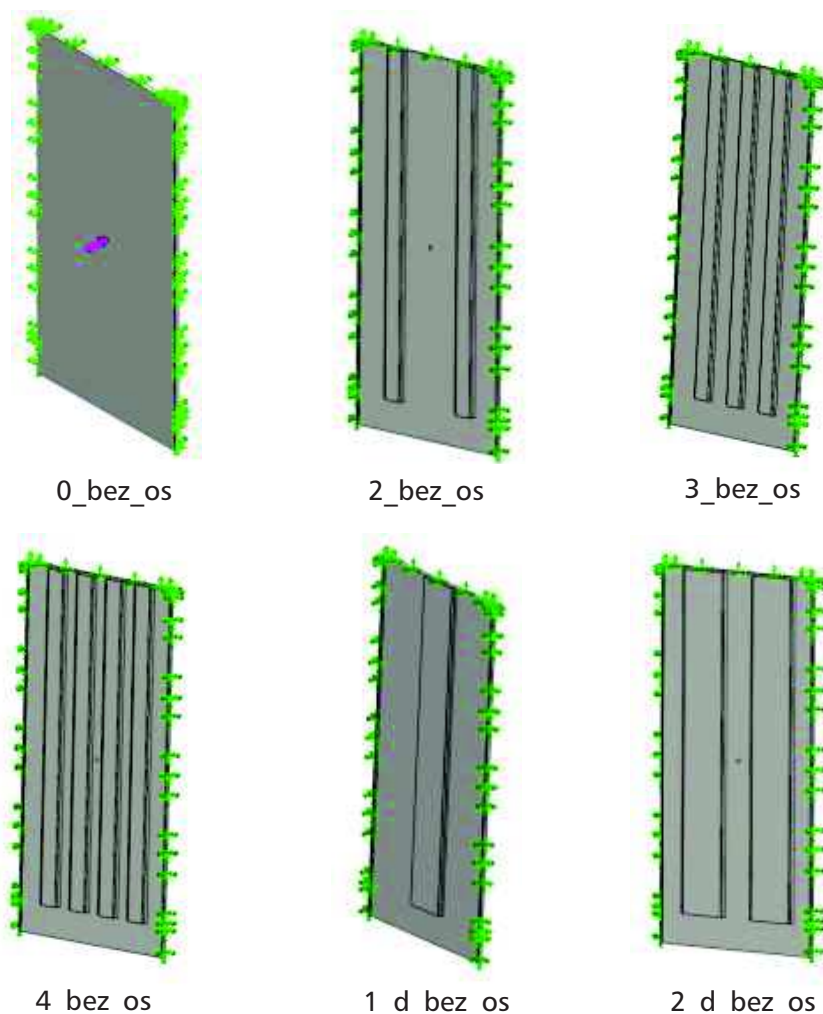
Tak zdefiniowane założenia są wyznacznikami dla konstruktorów do zastosowania odpowiednich rozwiązań dotyczących sztywności elementów kabiny dźwigu osobowego.

## Metody usztywnienia panelu kabiny

Metody usztywniania paneli kabiny są rozwijane równolegle z designem kabiny. Na rysunku 2 pokazano panele wraz z różnymi konfiguracjami usztywnienia typu „omega”. Analizie zostały poddane panele o szerokości 1000 mm wykonane z blachy stalowej

Tabela 1. Sposób oznaczenia paneli kabiny z różnymi odmianami usztywnienia

Panel bez usztywnienia bez osłony	0_bez_os
Panel z 2 usztywnieniami bez osłony	2_bez_os
Panel z 3 usztywnieniami bez osłony	3_bez_os
Panel z 4 usztywnieniami bez osłony	4_bez_os
Panel z 1 szerokim usztywnieniem bez osłony	1_d_bez_os
Panel z 2 szerokimi usztywnieniami bez osłony	2_d_bez_os
Panel bez usztywnienia z osłoną	z_os
Panel z 2 usztywnieniami z osłoną	2_z_os
Panel z 3 usztywnieniami z osłoną	3_z_os
Panel z 4 usztywnieniami z osłoną	4_z_os
Panel z 1 szerokim usztywnieniem z osłoną	1_d_z_os
Panel z 2 szerokimi usztywnieniami z osłoną	2_d_z_os



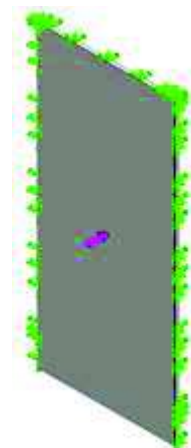
Rys. 2. Kombinacje paneli kabiny z usztywnieniami typu „omega”

o grubości 1.2 mm, gatunku S235. Usztywnienia zostały zamodelowane z tego samego materiału. Badania modelowe zostały przeprowadzone zgodnie z kluczem podanym w Tabeli 1.

W celu przeprowadzenia obliczeń zamodelowano dwa rodzaje usztywnień: wąskie o szerokości 100 mm oraz szerokie o szerokości 200 mm. Tak zamodelowane usztywnienia oraz ich liczba zostały pokazane na rysunku 2.

### Badania modelowe

Badania modelowe paneli przedstawionych na rysunku 2 posłużyły do oceny spełnienia wymagań zawartych w normie [3] oraz wymagań architektonicznych ujętych w obowiązujących standardach. Warunki brzegowe w jakich zostały zamodelowane panele to utwierdzenie na trzech ściankach, co pokazane zostało na rysunku 3.



Rys. 3. Warunki brzegowe panelu kabiny poddanego analizie

Obciążenie panelu o wartości 300 N zostało przyłożone w najbardziej niekorzystnym położeniu – w jego środku. Obciążenie w tym miejscu powoduje największe odkształcenie. Po wykonaniu modeli wszystkich odmian paneli, w oparciu o gotowe procedury MES zawarte w pakiecie SolidWorks 2012, zostały wykonane poszczególne etapy analizy wytrzymałościowej z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Na rysunku 4 pokazany został panel z naniesioną siatką MES.

W oparciu o sporządzoną siatkę wykonano obliczenia wytrzymałości oraz przemieszczeń w miejscu przyłożenia obciążenia. Wszystkie odmiany paneli

Tabela 2. Wartości naprężeń oraz przemieszczeń otrzymane w wyniku obliczeń metodą elementów skończonych

Naprężenie [MPa]											
0_bez_os	2_bez_os	3_bez_os	4_bez_os	1_d_bez_os	2_d_bez_os	z_os	2_z_os	3_z_os	4_z_os	1_d_z_os	2_d_z_os
5,097	4,274	3,604	1,191	1,492	3,04	6,385	3,258	2,592	1,5	2,739	3,214
Przemieszczenie [µm]											
0_bez_os	2_bez_os	3_bez_os	4_bez_os	1_d_bez_os	2_d_bez_os	z_os	2_z_os	3_z_os	4_z_os	1_d_z_os	2_d_z_os
0,033	0,022	0,013	0,0081	0,0094	0,019	0,034	0,022	0,013	0,007	0,008	0,018

wraz z usztywnieniem oraz tylną osłoną analizowano przy tych samym warunkach brzegowych.

W Tabeli 2 zestawiono wyniki obliczeń wykonane w środowisku SOLID-Works 2012.

### Wnioski

Przeprowadzone obliczenia naprężeń oraz przemieszczeń paneli kabiny dźwigu osobowego w różnych konfiguracjach

usztywnienia pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

– obliczenia paneli zostały wykonane w oparciu o zapisy normy [3],

– wszystkie panele poddane analizie nie wykazują większych przemieszczeń sprężystych co do wartości w miejscu przyłożenia obciążenia od 15 mm. W związku z powyższym, z punktu widzenia przemieszczeń oraz zapisów normy [3], zbędne jest umieszczanie

usztywnień gdyż podraża to koszty wykonania,

– wszystkie panele poddane analizie nie wykazują naprężeń większych niż granica plastyczności zastosowanego materiału, co świadczy o nie występowaniu odkształceń trwałych panelu w miejscu przyłożenia obciążenia,

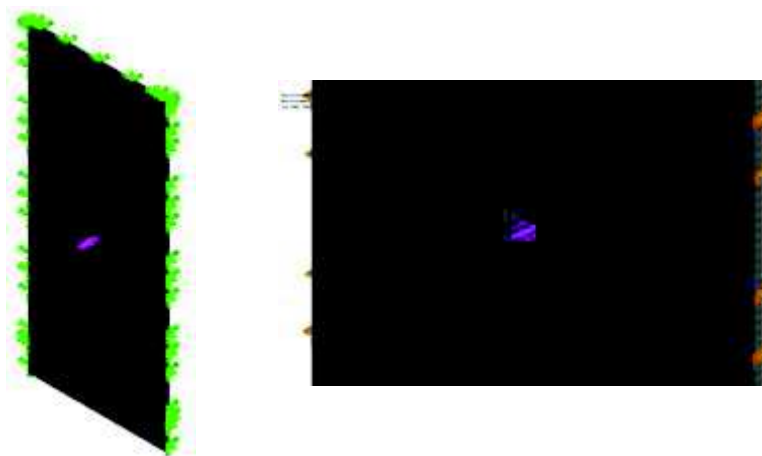
– z wyników obliczeń wynika, że najlepsze rezultaty w zakresie przemieszczeń dają 4 usztywnienia lub 1 szerokie usztywnienie zamocowane w środku panelu,

– z punktu widzenia wykonania takich paneli najlepszym rozwiązaniem jest 1 usztywnienie szerokie – nie podroży ono specjalnie wyrobu,

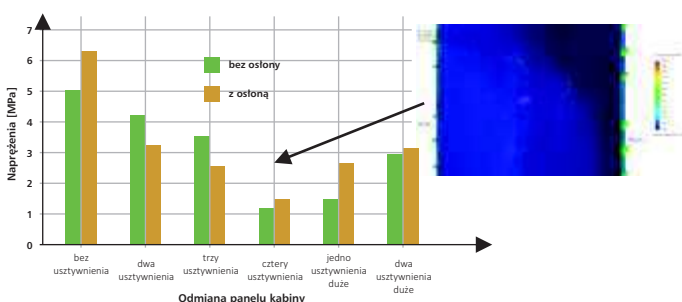
Kolejnym etapem analizy będą badania rozchodzenia się fal dźwiękowych w panelach we wszystkich przedstawionych konfiguracjach. Ostateczne rozwiązanie usztywnienia panelu będzie sumą najmniejszej wartości pogłosu oraz przemieszczenia.

### Literatura

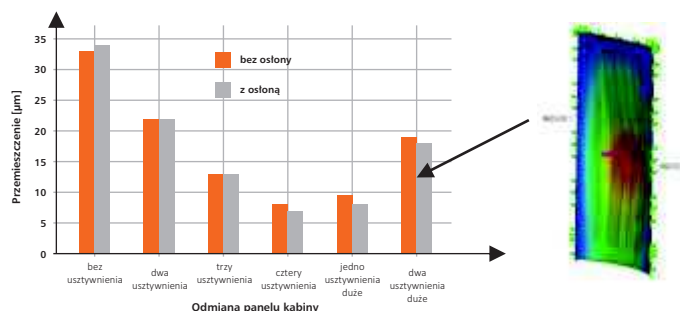
- Lonkwick P., Gardyński L.: *Testing polymer rollers memory in the context of passenger lift car comfort*, Journal of Vibroengineering, 16/2014
- Lonkwick P.: *Poprawa bezpieczeństwa dźwigów*, Dozór Techniczny nr 6, 2011
- Polska Norma PN EN 81.1:2002. *Przepisy bezpieczeństwa dotyczące budowy i instalowania dźwigów osobowych część 1. Dźwigi osobowe, z późniejszymi zmianami.*
- Włodarczyk M., Józwick J., Adamowicz D.: *Analiza numeryczna MES wybranych rozwiązań konstrukcyjnych ścian bocznych kabin dźwigów osobowych*, Postępy Nauki i Techniki 7, 2011
- www.lift.pl



Rys. 4. Panel z siatką MES oraz przyłożoną siłą (rózowe wektory) w środku panelu na powierzchni 5 cm<sup>2</sup>



Rys. 5. Wykres naprężeń w zależności od usztywnienia panelu oraz przykładowa mapa bitowa naprężeń w panelu w miejscu obciążenia



Rys. 6. Wykres przemieszczeń w zależności od usztywnienia panelu oraz przykładowa mapa bitowa przemieszczeń w panelu w miejscu obciążenia