

# XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

# TKI2022

## TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

### Ocena wytrzymałości kompozytowej ramy zabudowy pojazdu elektrycznego typu Van

Lukasz Golebiewski<sup>1</sup>, Piotr Żach<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Podstaw Budowy Maszyn Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska  
email: lukasz.golebiewski@pw.edu.pl, piotr.zach@pw.edu.pl

**STRESZCZENIE:** Problematyka projektowania ram nośnych i zabudów pojazdów dostawczych elektrycznych typu eVan jest przedmiotem opracowań dyskusji środowiska inżynierskiego na całym świecie. Metodyka projektowania zabudów pojazdów zakłada wykorzystanie profili o przekroju otwartym ze stali konstrukcyjnej. Dostępne są ramy zabudowy z wysoko wytrzymałych ze stali o podwyższonych parametrach wytrzymałościowych, nie mniej z uwagi na wysoką cenę konstrukcji rozwiązania stosowane są w pojazdach specjalnych. Autorzy zweryfikowali możliwość wytworzenia zabudów pojazdów Van z tworzyw konstrukcyjnych dedykowanych. W tym celu zaprojektowano i przeprowadzono szczegółową ocenę wytrzymałości kompozytowej ramy zabudowy pojazdu dostawczego. Opracowane rozwiązanie z uwagi na korzystne cechy sztywnościowo – wytrzymałościowe i obniżoną masę zabudowy dedykowane jest elektrycznym samochodom dostawczym.

**SŁOWA KLUCZOWE:** rama, kompozyty, eVan, zabudowa pojazdu, MES

#### 1. Zabudowy pojazdów dostawczych

Zabudowy pojazdów dostawczych wykonywane są w oparciu o konstrukcje ramowe, wytwarzane na bazie profili otwartych ze stali konstrukcyjnej lub zamkniętych ze stopów aluminium. Poszukiwanie nowych możliwości, w zakresie dostosowania rozwiązań konstrukcyjnych zabudów pojazdów pod kątem zastosowania w nowoprojektowanych pojazdach elektrycznych Van, było podstawą do zwrócenia uwagi na aktualnie, w tym zakresie, niestosowane materiały – kompozyty polimerowe. Autorzy przeprowadzili ocenę możliwości użycia kompozytów włóknistych do wytworzenia zabudowy skrzyniowej pojazdu dostawczego.

Opracowanie miało na celu ocenę sztywnościowo – wytrzymałościową oraz wyznaczenie wytrzymałości konstrukcji biorąc z uwagi na obciążenia eksploatacyjne pojazdu. W analizie uwzględniono warunki pracy zabudowy i wymagania kwalifikacji pojazdów wynikających z przepisów homologacyjnych pojazdów dostawczych [1].

Na podstawie [2] oraz w oparciu o [3] i [4] przyjęto założenia w zakresie parametrów charakterystycznych pojazdu:

- masa podwozia pojazdu (bez zabudowy)  $m_p = 1780$  kg (EC o numerze e9\*2007/46\*6109\*00),
- $m_p$  – masa podwozia do zabudowy – masa bez obciążenia (z wszystkimi płynami, zbiornikiem paliwa napełnionym w 90%),
- – masa pojazdu kompletnego  $m_{pk} = 1860$  kg (EC o numerze e9\*2007/46\*6109\*00),
- $l_c$  – długość całkowita pojazdu = 5943 mm,
- $s_c$  – szerokość całkowita pojazdu = 2050 mm,
- $l_z$  – długość zabudowy = 3505 mm,
- $s_z$  – szerokość zabudowy = 2350 mm,
- $b$  – rozstaw kół pojazdu,  $b = 1790$  mm,

- $l_o$  – rozstaw osi,  $l_o = 4035$  mm,
- $h_p$  – wysokość środka masy pojazdu (podwozia do zabudowy),  $h_p = 642 \pm 3$  mm,
- $m_z$  – masa zabudowy,  $m_z = 1910$  kg,
- $h_r$  – wysokość górnej powierzchni ramy zabudowy,  $h_r = 642 \pm 3$  mm,
- $m_{cmax}$  – maksymalne dopuszczalne obciążenie całkowite,  $m_{cmax} = 3345 \div 3500$  kg,
- $m_{pmax}$  – maksymalne dopuszczalne obciążenie oś przednia,  $m_{pmax} = 1850$  kg,
- $m_{tmax}$  – maksymalne dopuszczalne obciążenie oś tylna,  $m_{tmax} = 2000$  kg,
- $n_u$  – nośność użytkowa razem z kierowcą,  $n_u = 1640$  kg.

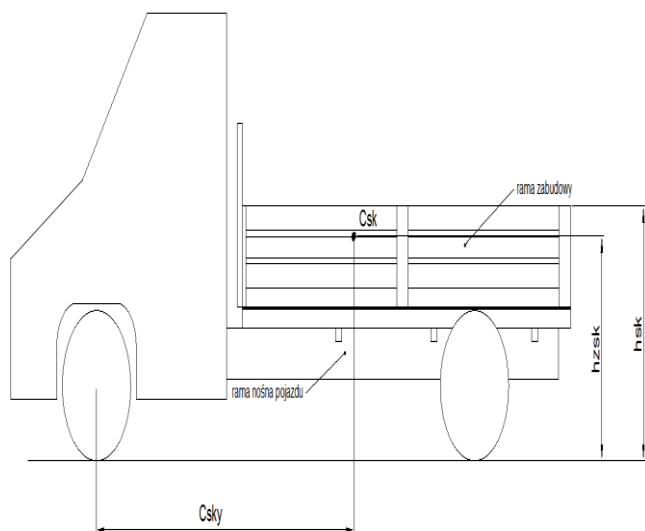
Dane charakterystyczne konstrukcji:

ramy nośnej:

- $l_{zr}$  – długość ramy = 3505 mm,
- $s_{zr}$  – szerokość ramy = 2280 mm,
- $s_{zr}$  – wysokość ramy = 202 mm,

zabudowy skrzyniowej – założenia w zakresie oceny położenia punktów charakterystycznych w konstrukcji zamieszczono na rysunku 1:

- $l_{zsk}$  – długość zabudowy skrzyniowej = 3560 mm,
- $s_{zsk}$  – szerokość zabudowy skrzyniowej = 2350 mm,
- $s_{zsk}$  – wysokość zabudowy skrzyniowej = 400 mm,
- $h_{zsk}$  – wysokość środka masy zabudowy skrzyniowej,  $h_{zsk} = 1063$  mm,
- $c_{skx}$  – położenie środka masy zabudowy skrzyniowej,  $c_{rxl} = 0$  mm,
- $c_{sky}$  – położenie środka masy zabudowy skrzyniowej,  $c_{ryl} = 2746$  mm,
- $h_{skl}$  – wysokość górnej krawędzi zabudowy skrzyniowej,  $h_{sk} = 1238$  mm,
- $m_{sk}$  – ciężar zabudowy skrzyniowej,  $m_{sk} = 72,8$  kg.



Schemat pojazdu z skrzyniową ramą zabudowy

## 2. Analiza ramy i skrzyni ładunkowej

Dokonano oceny zjawisk występujących w trakcie eksploatacji pojazdu dostawczego. Oznaczono przypadki istotne z uwagi na uzyskanie nominalnych warunków pracy układu zabudowa pojazdu – rama pojazdu Van: obciążenia pochodzące od ładunku, ciężaru własnego ramy zabudowy pod montaż plandeki, ciężaru plandeki opuszczonej i zabezpieczonej oraz jednostronnie podwiniętej, siły odśrodkowej bezwładności ruchu pojazdu po łuku z maksymalną gwarantującą bezpieczną eksploatację pojazdu prędkością, parcia wiatru: w kierunku zgodnym i przeciwnym z działaniem siły odśrodkowej, na tył pojazdu oraz kombinacji wariantów.

Sformułowano warunki badawcze wymagane do weryfikacji, których spełnienie warunkowało bezpieczną eksploatację ramy zabudowy w oparciu o [5-6].

Przeprowadzono weryfikację analityczną, przy wykorzystaniu Metody Elementów Skończonych, ramy zabudowy typu skrzyniowego dla pojazdu dostawczego do 3,5 tony ze stopu aluminium AW-6060 opracowanej przez ALU-S.V. [7].

Zaprojektowano kompozytową ramę zabudowy skrzyniowa i pod plandekę. Oceniono spełnienie wytycznych zawartych w [1] oraz zweryfikowano numerycznie zjawiska zachodzące w poliestrowo-szklanej zabudowie pojazdu dostawczego

Oznaczono współczynnik stateczności ramy zabudowy skrzyniowej i pod montaż plandeki. Zweryfikowano obciążenia przenoszone z ramy zabudowy pod montaż plandeki na elementy konstrukcyjne skrzyni ładunkowej i ramę nośną zabudowy.

## 3. Podsumowanie

Problematyka projektowania ram nośnych i zabudów pojazdów dostawczych elektrycznych typu eVan jest przedmiotem opracowań dyskusji środowiska inżynierskiego na całym świecie. Aktualnie w literaturze, prasie branżowej brak jest doniesień o wytworzeniu zabudowy pojazdu Van w oparciu o kompozyty włókniste.

Zweryfikowano numerycznie pracę handlowej zabudowy z stopu aluminium AlMgSi0,7 i autorskiej konstrukcji z kompozytu poliestrowo-szklanego. Masa

zabudowy wykonanej z kompozytu była o 20% mniejsza w stosunku do masy konstrukcji ze stopu aluminium

Zweryfikowano zjawiska zachodzące w konstrukcji poddanej statycznym obciążeniom o ciężaru własnego konstrukcji, ciężaru plandeki, obciążeń zewnętrznych eksploatacyjnych oraz wariantów ww. oddziaływań.

Stwierdzono, że dla większości przypadków głównym czynnikiem wpływającym na poziom maksymalnych naprężeń w ramie nośnej i zabudowie jest ciężar transportowanego ładunku, kolejno parcie wiatru na powierzchnię boczną zabudowy. Stwierdzono, że występuje silna zależność między umiejscowieniem ładunku, a charakterem pracy zabudowy wykonanej z AlMgSi 0,7. W przypadku rozwiązania wykorzystującego kraty kompozytowe ograniczono lokalny wpływ umieszczenia ładunku, co umożliwiło uzyskanie równomiernego wyętwienia całej struktury zabudowy. W autorskim rozwiązaniu zabudowy zmniejszono liczbę elementów składowych, co w konsekwencji będzie miało przełożenie na zmniejszenie kosztocłonności konstrukcji i czasu produkcji.

Wytrzymałość konstrukcji dla obu zweryfikowanych rozwiązań jest zbliżona. Różnice zawierają się w przedziale (30%). Oszacowana sztywność w przypadku zabudowy kompozytowej wynosi (2882 N/mm).

Zaprojektowane, autorskie rozwiązanie charakteryzuje się wysokim współczynnikiem bezpieczeństwa w stosunku do zabudowy handlowej, wynoszącym 2,73. Poziomy naprężeń i przemieszczeń oraz charakter pracy konstrukcji dla zweryfikowanych materiałów konstrukcyjnych są porównywalne.

## Literatura

- [1] Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council of 5 September 2007 establishing a framework for the approval of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles (Framework Directive).
- [2] Zabudowy skrzyniowe, Materiały handlowe ALU-S.V. 2018
- [3] Orzełowski S., 2009, Budowa podwozi i nadwozi samochodowych.
- [4] Zieliński A., Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych.
- [5] Reimpell J., Betzler W.J., 2001, Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji.
- [6] Reński A., Budowa samochodów: układy hamulcowe i kierownicze oraz zawieszenia.
- [7] Granovskii, M., Dincer, I., & Rosen, M. A., 2006, Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles. *Journal of Power Sources*, 159(2), 1186-1193.