

Zbigniew Barszcz, Krzysztof Podkowski

Stanowisko do badania wytrzymałości konstrukcji nośnej pojazdów, zgodnie z wymaganiami zawartymi w Regulaminie EKG ONZ nr 66

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.401

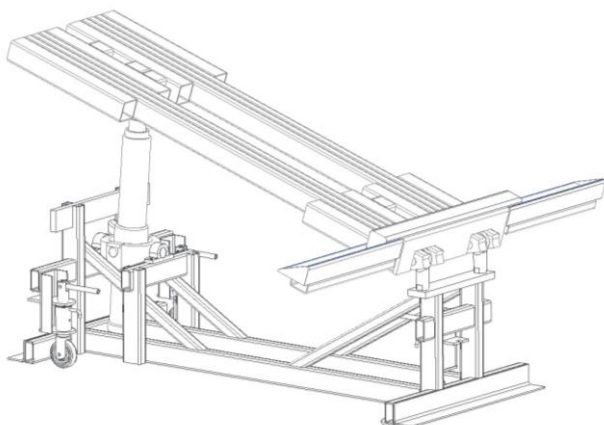
Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule omówione zostało stanowisko do badania wytrzymałości konstrukcji nośnej pojazdów pasażerskich – głównie autobusów, zgodnie z wymaganiami zawartymi w Regulaminie EKG ONZ nr 66

Słowa kluczowe: analizy numeryczne, metoda elementów skończonych, MES, Regulamin EKG ONZ nr 66, DIN 13500.

Wstęp

Regulamin EKG ONZ nr 66 [6], odnoszący się do bezpieczeństwa dużych pojazdów pasażerskich – autobusów (w uzasadnionych przypadkach Regulamin ten nie wyklucza innych pojazdów [11]), w zakresie wytrzymałości ich konstrukcji nośnej, narzuca potrzebę przeprowadzania odpowiednich badań. W Regulaminie zostało zdefiniowanych kilka metod oceny konstrukcji, od próby na rzeczywistym obiekcie, poprzez przebadanie wycinka pojazdu - segmentu, aż po analizy numeryczne na uprzednio zwalidowanych modelach obliczeniowych. Najważniejszym czynnikiem oceny konstrukcji autobusu podczas próby przewracania na bok, z określonej wysokości i przy określonych warunkach opisanych w Regulaminie EKG ONZ nr 66, jest ocena bezpieczeństwa biernego konstrukcji związana ze sprawdzeniem naruszenia tzw. przestrzeni chronionej. Wiąże się ono bezpośrednio z możliwością rozpraszania energii kinetycznej przez elementy konstrukcji nośnej autobusu (zamiana energii kinetycznej zderzenia w pracę odkształcenia konstrukcji). W Przemysłowym Instytucie Motoryzacji możliwe są do przeprowadzenia próby na rzeczywistych obiektach, jak i analizy numeryczne, także jako element wspomagania procesu homologacji. Dla potrzeb przeprowadzania prób przewracania zostało skonstruowane specjalne mobilne stanowisko – platforma przechylająca (wywrotnica) (rys. 1 i 2). Może ono pracować zarówno w tandemie (dla dużych, kompletnych struktur pojazdów (rys. 8, 9, 10, 11)), jak i w pojedynczo (dla wycinków struktury nośnej – w tym segmentów autobusów (rys. 7)).



Rys. 1. Model CAD platformy przechylającej - stanowiska do badania wytrzymałości konstrukcji nośnej pojazdów

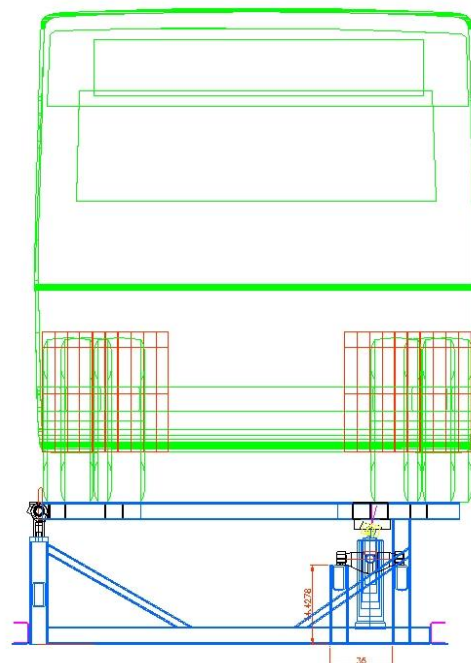
1 Regulamin EKG ONZ nr 66 – Ogólne specyfikacje i wymagania techniczne

1.1 Wymagania

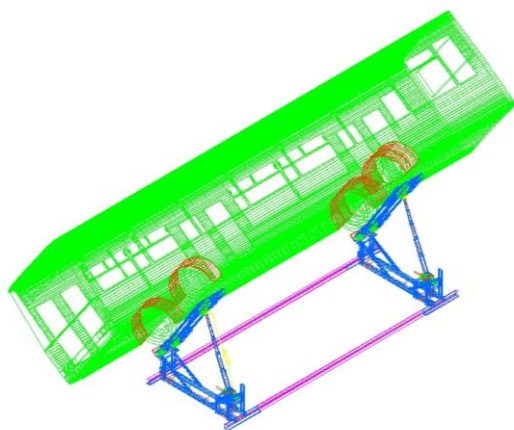
Zgodnie z Regulaminem [6] konstrukcja nośna pojazdu powinna wykazywać wystarczającą wytrzymałość, aby zapewnić brak uszkodzeń przestrzeni chronionej w czasie badania polegającego na przewróceniu kompletnego pojazdu i po nim.

W czasie badania żadna część pojazdu, która na początku badania położona jest poza przestrzenią chronioną (np. słupki, pierścienie zabezpieczające, półki na bagaż) nie może dostać się do przestrzeni chronionej. Oceniając przesunięcie do przestrzeni chronionej, należy pominąć wszelkie elementy konstrukcyjne, znajdujące się pierwotnie w przestrzeni chronionej (np. pionowe uchwyty, ścianki działowe, kuchenki, toalety).

Żadna część przestrzeni chronionej nie wystaje na zewnątrz kształtu odkształconej konstrukcji. Kształt odkształconej konstrukcji określa się kolejno, pomiędzy każdym sąsiadującym słupkiem okna i/lub drzwi. Kształt pomiędzy dwoma zniekształconymi słupkami będzie przestrzenią teoretyczną określoną liniami prostymi, łączącymi punkty wewnątrz kształtu słupków, które znajdowały się na tej samej wysokości powyżej poziomu podłogi przed badaniem metodą przewracania.



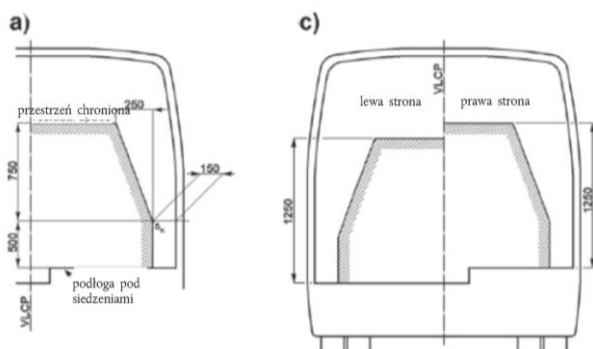
Rys. 2. Model CAD – pojazd ustawiony na platformie przechylającej



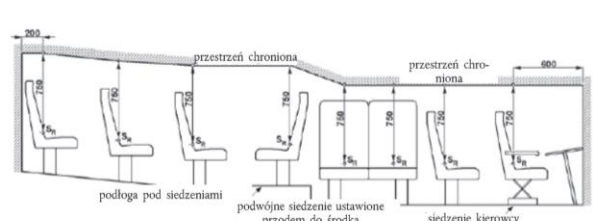
Rys. 3. Model CAD – pojazd w trakcie przewracania

1.2 Przestrzeń chroniona

Ogólnie zgodnie z Regulaminem EKG ONZ nr 66 zasięg przestrzeni chronionej ustala się, wykreślając poprzeczną pionową płaszczyznę w pojeździe o granicach określonych na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Określenie przestrzeni chronionej - ustawienia poprzeczne



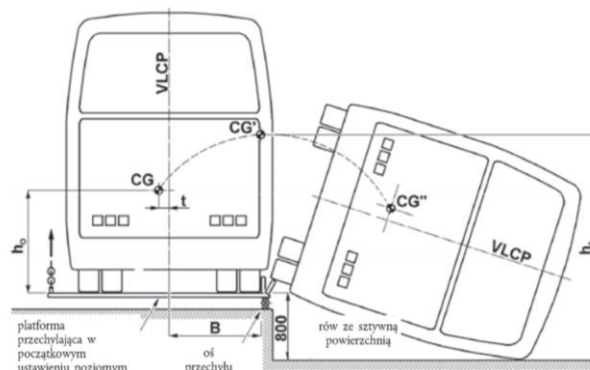
Rys. 5. Określenie przestrzeni chronionej - ustawienie wzdłużne

Punkt S_R znajduje się na oparciu siedzenia, każdego siedzenia zewnętrznego ustawionego przodem lub tyłem do kierunku jazdy, 500 mm powyżej podłogi pod siedzeniem, 150 mm od wewnętrznej powierzchni ściany bocznej.

Przestrzeń chroniona jest ciągła w przedziale pasażerskim, kabine obsługi i kierowcy, pomiędzy jej najbardziej wysuniętą do tyłu i do przodu płaszczyzną i określa się ją, przesuwając poprzeczną pionową płaszczyznę przez pojazd wzdłuż linii prostych przez punkty S_R po obu stronach pojazdu. Za punktem S_R siedzeń wysuniętych najbardziej do tyłu i przed punktem S_R siedzeń wysuniętych najbardziej do przodu, linie proste są poziome.

1.3 Specyfikacja badania metodą przewracania jako podstawowej metody homologacji

Badanie metodą przewracania to badanie poprzez wymuszenie przechyłu poprzecznego konstrukcji (rys. 3 i 6).



Rys. 6. Specyfikacja badania metodą przewracania kompletnego pojazdu (CG – położenie środka ciężkości pojazdu w trakcie przewracania)

Kompletny pojazd stoi na platformie przechylającej z zablokowanym zawieszeniem i jest wolno przechylany do pozycji równowagi niestabilnej. Jeśli typ pojazdu nie jest wyposażony w urządzenia przytrzymujące (pasy bezpieczeństwa), bada się go dla masy własnej. Jeśli typ pojazdu jest wyposażony w urządzenia przytrzymujące, bada się go dla łącznej skutecznej masy pojazdu.

Badanie metodą przewracania zaczyna się w niestabilnym położeniu pojazdu przy zerowej prędkości kątowej. Oś obrotu przechodzi przez punkty styku kół z podłożem. W tym momencie pojazd charakteryzuje energia odniesienia E_R .

Pojazd przewraca się do „rowu” o głębokości nominalnej 800 mm, którego podłoże jest poziome, suche, gładkie i wykonane z betonu.

2 Próby na rzeczywistym obiekcie



Rys. 7. Pojedyncza platforma przechylająca z dodatkowo obciążonym siedzeniem [6] i wycinkiem struktury nośnej pojazdu



Rys. 8. Połączone ze sobą dwie platformy przechylające podczas badania kontenera medycznego, zamontowanego na konstrukcji zastępczej



Rys. 9. Połączone ze sobą dwie platformy przechylające podczas badania kontenera medycznego z elementami mocującymi do podłoża



Rys. 10. Połączone ze sobą dwie platformy przechylające

Stanowisko to daje również możliwość zastosowania w zakresie badania ambulansów drogowych z zabudową kontenerową, zgodnie z Normą DIN 13500 [11] bazującą na Regulaminie EKG ONZ nr 66, w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.

Podobnie jak w ww. Regulaminie analizowane jest również naruszenie przestrzeni chronionej we wnętrzu kontenera medycznego.



Rys. 11. Kontener medyczny podczas próby przewracania zgodnie z Regulaminem EKG ONZ nr 66 i Normą DIN 13500

3 Analiza numeryczna MES platformy przechylającej

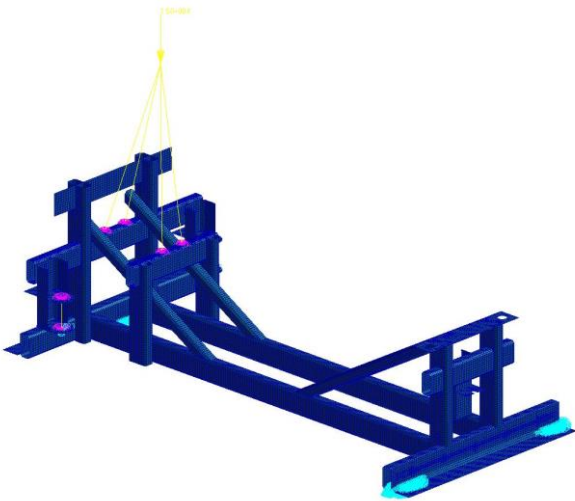
Została przeprowadzona analiza wytrzymałościowa konstrukcji stanowiska (wywrotnicy) metodą elementów skończonych – MES [1], [2], [3], [5].

Na podstawie wcześniej przygotowanego modelu CAD 3D, w programie MSC.FEA (MSC.PATRAN + MSC.NASTRAN) utworzony został model siatki MES stanowiska składający się z elementów powierzchniowych o odpowiedniej wielkości (rys. 12). Zostały zdefiniowane różne warunki obciążenia odpowiadające założonym próbom na rzeczywistych obiektach.

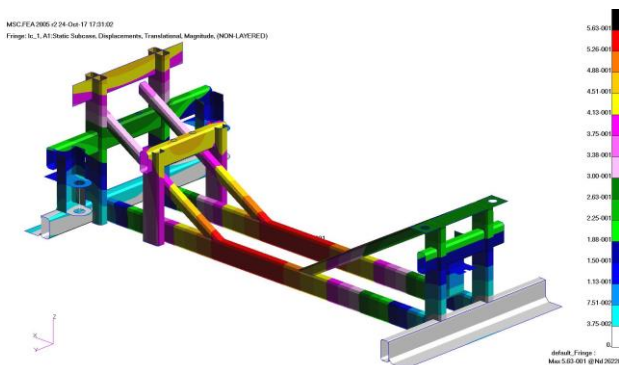
Całość konstrukcji została utwierdzona w miejscach odpowiadających rzeczywistym podporom.

Analiza została przeprowadzona w zakresie statyki liniowej dla uprzednio zdefiniowanych danych materiałowych.

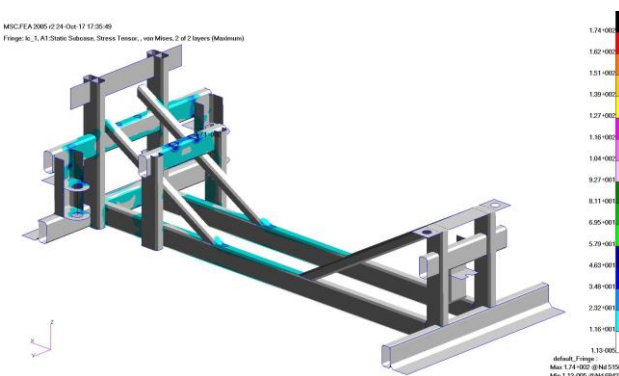
Przykładowe wyniki obliczeń zostały przedstawione na kolejnych rysunkach poniżej (rys. 13 i 14).



Rys. 12. Model numeryczny MES stanowiska



Rys. 13. Odształcenia wypadkowe [mm] powstałe w wyniku działania obciążenia



Rys. 14. Rozkład naprężeń zredukowanych [MPa]

Zakres odkształceń i naprężeń otrzymanych na drodze analiz wytrzymałościowych mieści się w akceptowalnym zakresie. Miejscowe spiętrzenia naprężeń są zjawiskiem naturalnym. Mogą one w czasie eksploatacji powodować lokalne odkształcenia plastyczne, a w dłuższym okresie eksploatacji mogą także skutkować miejscowym uszkodzeniem, dlatego więc należy przeprowadzać okresowe przeglądy elementów stanowiska badawczego.

Podsumowanie

Wyniki obliczeń numerycznych potwierdziły zasadność założonych parametrów geometrycznych. Stanowisko zostało przetestowane w warunkach rzeczywistych. Daje ono możliwość zastosowania w zakresie badania konstrukcji nośnej pojazdów pasażerskich zgodnie z wymaganiami Regulaminu EKG ONZ nr 66 jak również ambulansów drogowych z zabudową kontenerową zgodnie z Normą DIN 13500, bazującą również na tym samym Regulaminie.

Bibliografia:

1. Rusiński E., Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
2. Rusiński E., Czmochocki J., Smolnicki T., Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
3. Rakowski G., Kacprzyk Z., Metoda Elementów Skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2005.
4. Dyląg Zd., Jakubowicz A., Orłoś Z., Wytrzymałość materiałów, WNT, Warszawa 2003.
5. Niezgodna T., Analizy numeryczne wybranych zagadnień mechaniki, WAT, Warszawa 2007.
6. Regulamin EKG ONZ nr 66 – seria poprawek 02, Jednolite przepisy dotyczące homologacji dużych pojazdów pasażerskich w zakresie wytrzymałości ich konstrukcji nośnej.
7. Barszcz Z., Diupero T., Zachowanie się konstrukcji autobusów pod kątem wymagań zawartych w Regulaminie nr 66 EKG ONZ, Journal of KONES Powertrain and Transport, Warsaw 2006, Vol. 13, No. 1, str. 47 – 56.
8. Barszcz, Z., Krzemień-Ojak, P., Określenie energii pochłanianej przez profile zamknięte szkieletu nadwozia autobusu w zakresie dużych odkształceń plastycznych, Czasopismo Techniczne Mechanika, z. 7-M/2004, str. 67-74, Kraków 2004.
9. PAVLATA P., LACINA L., A methodology of the bus structure rollover simulation using FEM, Materiały konferencyjne, EUROPAM 2001, Heidelberg 2001.
10. Sprawozdania z badań na zgodność z Regulaminem nr 66 EKG ONZ, Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Warszawa.
11. Norma DIN 13500, Zabudowy kontenerowe do ambulansów drogowych – Wymagania i procedury badawcze.

Stand for testing the strength of the bus structure in accordance with the requirements of UN ECE Regulation No. 66

The article discusses the stand for testing the strength of the superstructure of passenger vehicles – mainly buses, in accordance with the requirements of UN ECE Regulation No. 66

Keywords: numerical analysis, fem, finite elements method, fea, finite elements analysis, UN ECE Reg. 66, DIN 13500.

Autorzy:

dr inż. **Zbigniew Barszcz** – Przemysłowy Instytut Motoryzacji
mgr inż. **Krzysztof Podkowski** – Przemysłowy Instytut Motoryzacji