

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Wybrane aspekty badania wytrzymałości złączy ruchomych prototypowej platformy-kontenera

Wiesław Krasoń¹, Grzegorz Sławiński¹, Jarosław Kiepora², Daniel Dobrowolski³, Wiktor Żmijewski³

¹Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna

²PKP Cargo S.A.

³Wydział Inżynierii Mechanicznej, Wojskowa Akademia Techniczna

email: wieslaw.krason@wat.edu.pl, grzegorz.slawinski@wat.edu.pl, jaroslaw.kiepora@pkpcargo.com
daniel.dobrowolski@student.wat.edu.pl, wiktorz.zmijewski@student.wat.edu.pl

STRESZCZENIE: Tani, prosty w budowie moduł podstawowy i zestawy multi-platformy, uzyskane z połączenia modułów podstawowych o wymiarach odpowiadających typowym kontenerom kolejowym: 10'-stopowy lub 20'-stopowy, mogą być używane do wspomagania intermodalnego transportu kolejowo-drogowego dłuźcy drewnianej i metalowej z uwzględnieniem rur, wyrobów przewożonych na paletach i materiałów sypkich. W pracy przedstawiono wybrane aspekty numerycznych badań wytrzymałości platform-kontenerów w konfiguracji podstawowej 10' stopowej i 20' stopowej zestawionej z dwóch platform podstawowych. W badaniach numerycznych wykorzystano metodę elementów skończonych i różnej klasy modele dyskretne badanych platform. W analizie wyników wielowariantowych badań z zastosowaniem granicznych obciążeń eksploatacyjnych szczególną uwagę zwrócono na wytyczenie złączy pomiędzy ruchomymi podzespołami platformy-kontenera.

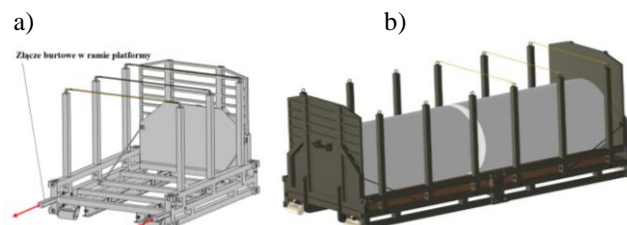
SŁOWA KLUCZOWE: transport intermodalny, dłuźca metalowa i drewniana, platforma prototypowa, projekt i badania wytrzymałości, analizy MES

1. Wstęp

Pojedynczy moduł-platformy do transportu intermodalnego ma wymiary kontenera kolejowego 10'-stopowego. Platforma podstawowa 10' ma budowę modułową [1, 2]. Może być montowana w różnych konfiguracjach w zależności od przeznaczenia. Kompletny moduł- pojedyncza platforma składa się ze stalowej ramy, obrotowej czołownicy ustawionej pionowo na jednym końcu ramy i zestawu demontowalnych kłonic z cięgnami opasującymi ładunek – rys. 1a. Dodatkowo pojedynczy moduł platforma może być wyposażona w demontowalne ściany boczne metalowe lub wykonane z kompozytu i roletowo składany dach. Zabudowa taka pozwoli zabezpieczyć przed opadami atmosferycznymi ładunki takie jak np. blacha w kręgach, materiały sypkie itp.

Zestaw dwóch platform-modułów 10'-stopowych, uzyskuje się z połączenia modułów podstawowych z pomocą trzpieniowych złączy burtowych – rys. 1. Zestaw taki, jak na rys. 1b, ma wymiary odpowiadające typowym kontenerom kolejowym: 20'-stopowym [1-3].

Zastosowanie takiej konstrukcji o różnych ww. wymiarach podłużnych, wyeliminuje konieczność wielokrotnego powtarzania operacji indywidualnego załadunku-wyładunku każdej jednostki transportowanego ładunku tj. np. pojedynczego kloca drewna, wiązki prętów, jako dłuźcy metalowej, pojedynczej rury itp. podczas każdego przeładunku na przykład z miejsca wycinki, produkcji, składowania i innych tego typu operacji.



Rys. 1. Platforma-kontener do transportu intermodalnego: a) 10' stopowy moduł podstawowy z widocznymi złączami burtowymi, b) Zestaw 20' stopowy uzyskany z połączenia dwóch platform podstawowych z ładunkiem

Dużą mobilność pojedynczej platformy zapewniają różne sposoby załadunku/wyładunku platformy. Możliwe jest przenoszenie platformy np. z ładunkiem dłuźcy za pomocą różnych środków transportu bliskiego, różnego typu technik załadowczo-wyładowczych, z samochodów dostawczych na różnego typu wagony kolejowe i odwrotnie bez konieczności opróżniania zestawu z ładunkiem. Można wykorzystać w tym celu: typowe zawiesie linowe i podnoszenie za pomocą dźwigu samobieźnego lub stacjonarnego, suwnicy itp., wózki i różnej klasy urządzenia widłowe oraz standardowe podejmowanie hakowe.

Ze względu na modułową budowę pojedynczego rozwiązania platformy 10 stopowej, przewidywaną dużą mobilność konstrukcji platformy do transportu dłuźcy, wynikającą z możliwości jej dowolnego konfigurowania w zależności od przeznaczenia, asortymentu

transportowanych towarów, a jednocześnie możliwość składania platformy na czas składowania i transportu bez ładunku, w koncepcji patentowej [1, 2] rozwiązania platformy przewidziano liczne połączenia sworzniowe i śrubowe.

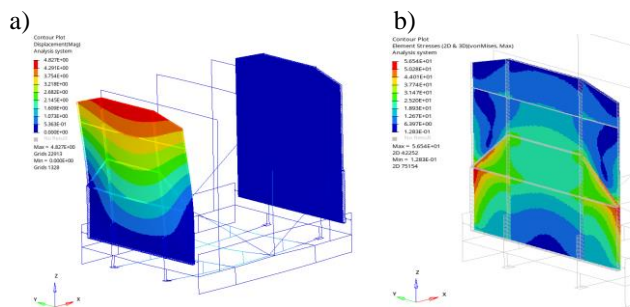
Wszystkie te połączenia ze względu na rodzaj ich obciążeń, ich zmienność w zależności od różnych wariantów eksploatacyjnych zastosowań, wymagają dokładnej weryfikacji wytrzymałości. W związku z powyższym w pracy przedstawiono wstępne założenia projektowe i wybrane aspekty numerycznych badań wytrzymałości platform-kontenerów w konfiguracji podstawowej 10' stopowej i zestawu 20' stopowego.

2. Badania numeryczne wytrzymałości platformy-kontenera podstawowego i zestawów

Na podstawie norm branżowych [4, 5] przyjęto wstępne założenia techniczne dotyczące projektowanego pojedynczego modułu platformy 10' i 20' stopowej:

- kryterium wytrzymałości - współczynnik bezpieczeństwa konstrukcji $n = 2$;
- materiał konstrukcyjny: stal spawalna S355; $R_{dop,n} = 240$ MPa, dla $n = 2$;
- masa własna kompletnego zestawu pojedynczego modułu platformy-kontenera $m_{max} \leq 2500$ kg,
- obciążenie ładunkiem dłużyca / ciężar dłużyca wynoszący maksymalnie $Q_{max} = 100$ kN,
- obciążenia maksymalne od wariantów eksploatacyjnych/przypadki podejmowania ładunku z powierzchni ziemi wynoszące $P_{max} = 100$ kN,
- kryterium kinematyczne bezpieczeństwa konstrukcji – dla wariantów obciążeń eksploatacyjnych podejmowania platformy za pomocą zawiesia linowego i załadunku widłowego $W_{max} \leq 2$ mm, a dla podejmowania platformy za pomocą mechanizmu hakowego $W_{max} \leq 5$ mm.

Zbudowano odpowiednie modele numeryczne, w których złącza odwzorowano w sposób uproszczony i wykonano analizy MES. W fazie wstępnej wykonano wielowariantowe badania platform 10' a także zestawu 20' stopowego jednorodnego, bez złączy burtowych w modelach uproszczonych z zastosowaniem granicznych obciążeń eksploatacyjnych, przy różnych metodach załadunku ładunku o maksymalnej wartości $Q_{max} = 100$ kN. W każdym wariantcie obciążeń uwzględniano także ciężar własny platformy. Na rysunku 2 pokazano wybrane wyniki takich wielowariantowych badań numerycznych.



Rys. 2. Mapy wyników dla platformy 10': a). przemieszczenia- $W_{max} = 4,8$ mm, b). naprężenia $H-\sigma_{max} = 56,5$ MPa

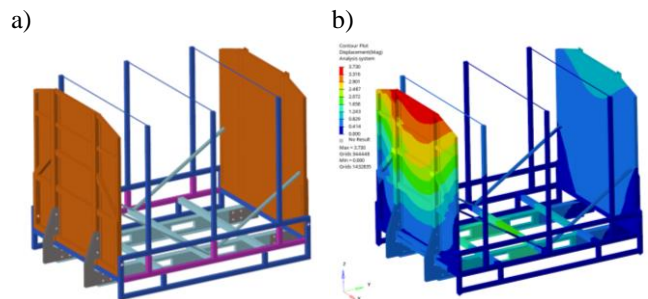
Wyniki z rysunku 2 odwzorowują krytyczny przypadek obciążenia w wariantcie załadunku dłużyca z zastosowaniem urządzenia hakowego.

3. Badania numeryczne wytrzymałości platformy-kontenera w wersji prototypowej z uwzględnieniem połączeń demontowalnych

Na podstawie wyników badań numerycznych przedstawionych powyżej opracowano projekt konstrukcyjny platformy w wersji prototypowej – rys. 3a, w której szczegółowo odwzorowano obszary złączy ruchomych pomiędzy podzespołami platformy.

Zbudowano odpowiednie modele 3D MES, w których precyzyjnie odwzorowano obszary złączy pomiędzy demontowalnymi podzespołami platformy-kontenera. Analizy MES wykonywano dla identycznych wariantów jw. z zastosowaniem granicznych obciążeń eksploatacyjnych, przy różnych metodach załadunku maksymalnego ciężaru ładunku $Q_{max} = 100$ kN.

Na rysunku 3b przedstawiono mapy przemieszczeń wypadkowych w wariantcie obciążenia odpowiadającym załadunkowi kontenera prototypowego z ładunkiem Q_{max} za pomocą urządzenia hakowego.



Rys. 3 Platforma-kontener 10' wersji prototypowej:

- a). Projekt konstrukcyjny – model 3D,
- b). Mapy przemieszczeń wypadkowych – $W_{max} = 3,73$ mm

4. Podsumowanie

- 1) Badania numeryczne platformy podstawowej-10' i zestawu 20' stopowego wykonano w celu pozyskania danych projektowych, zbudowania i certyfikowania prototypów platformy-kontenera.
- 2) Wstępne badania platform 10' i 20' stopowych jednorodnych bez złączy burtowych w modelach uproszczonych i poddanych oddziaływaniu granicznych obciążeń wykazały, że możliwe jest spełnienie przyjętych założeń technicznych.
- 3) Na podstawie wyników wielowariantowych badań numerycznych opracowano projekt konstrukcyjny platformy-kontenera 10'-stopowego ze złączami oraz jego wersję prototypową.

Pracę wykonano w ramach projektu UGB 22-770/WAT.

Literatura

- [1] Patent krajowy, Urząd Patentowy RP, Platforma do transportu kolejowo-drogowego zwłaszcza dłużyca drewnianej i metalowej, P.434261, 13.05.2022.
- [2] EU Application, A platform for rail-road transport, in particular wood and metal logs, EP21461538.7, 17.05.2021.
- [3] Sławiński G., Krason W., Selected functional and utility applications of a platform-container in intermodal transport, 7th International Conference CETRA, ISBN978-953-8168-55-0, pp. 167-173, 2022.
- [4] PN-EN Standards, 13232-1 Railway applications, Warsaw, 2004.
- [5] PN-EN Standards, 12663 Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies, Warsaw, 2002.