

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2024

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15–18 października 2024

Badania numeryczne wpływu zawieszenia wózka kolejowego na parametry ruchu wagonu

Daniel Dobrowolski¹, Krasoń Wiesław¹, Grzegorz Sławiński¹

¹Institut Inżynierii Mechanicznej, Wojskowa Akademia Techniczna

email: daniel.dobrowolski@student.wat.edu.pl, wieslaw.krason@wat.edu.pl, grzegorz.slawinski@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: W pracy przedstawiono dobór właściwości zawieszenia w wózkach kolejowych Y25 poruszających się z prędkościami 100km/h i większych. Celem podjętych badań jest wpływ zawieszenia wózka kolejowego na parametry ruchu wagonu. Wykorzystano w tym celu metody numeryczne i symulacje ruchu wagonu na przykładzie wagonu prototypowego z obrotową platformą ładunkową. W związku z tym omówiono budowę innowacyjnego wagonu kolejowego z opisem charakterystycznych cech konstrukcyjnych oraz przedstawiono wyniki wpływu zmiany tłumienia na siły działające w kontakcie koło-szyrna w wózkach kolejowych przy poruszaniu się po znormalizowanym torze krzywoliniowym całej konstrukcji z prędkościami 100km/h oraz 120km/h.

SŁOWA KLUCZOWE: transport intermodalny, wagon kolejowy, wózek kolejowy, zawieszenie, tłumienie, norma EU-PN

1. Wprowadzenie

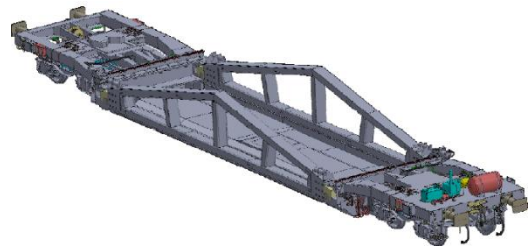
Badania nad wpływem zawieszenia w wózkach kolejowych przy przejazdach z dużymi prędkościami były prowadzone przez naukowców w naszym kraju oraz za granicą [1, 2]. Zawieszenie wózków kolejowych składa się z sprężyn oraz tłumików drgań [3]. Występujące charakterystyki sprężyn to charakterystyki liniowe lub linie łamane przy progresywnych sprężynach, które opisane są zależnością odkształcenia sprężyny do jej obciążenia [4, 5]. Przy stosowaniu sprężyn śrubowych, które posiadają praktycznie zerowe właściwości tłumiące należy zastosować dodatkowe tłumiki drgań, najczęściej cierne [4]. Zamontowane są w wewnętrznym komplecie sprężyn wózków Y25.

Problematykę doboru zawieszenia oraz jego wpływ na ruch wagonu opisana jest szczegółowo w literaturze dla różnych wariantów wózków, wagonów, toru ruchu oraz prędkości. Przeprowadzane są symulacje ruchu wagonu zmniejszając lub zwiększając sztywność usprężynowania wagonów obserwując zmiany sił działających w kontakcie koło-szyrna [5]. Większość wykonywanych symulacji przeprowadza się po torze prostym lub z łukiem [2, 6].

2. Przedmiot badań

W pracy [7] omówiono szczegółowo budowę i zasadę działania podstawowych podzespołów prototypowego wagonu z obrotową platformą ładunkową do przewozów intermodalnych. Trwające prace badawczo-rozwojowe mają na celu optymalizację wytrzymałości i masy własnej konstrukcji prototypowej i przygotowania do wdrożenia przemysłowego. Wagon (rys. 1.) umożliwia samodzielny załadunek oraz rozładunek naczep bez użycia dodatkowych urządzeń dźwigowych oraz specjalistycznych peronów. Konstrukcja wagonu zawiera wiele innowacyjnych rozwiązań. Stosując specjalne zamki burtowe i odpowiednio

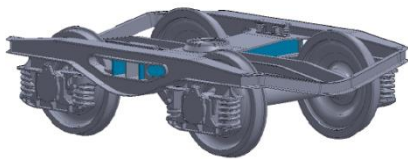
ukształtowaną obrotową platformę ładunkową uzyskano efekt odciążenia obniżonej ramy wagonu. Na podstawie przeprowadzonych analiz numerycznych wytrzymałości wagonu i badań funkcjonalnych stwierdzono, że stosowanie standardowych wózków z rodziny Y25 jest problematyczne z powodów konstrukcyjno eksploatacyjnych, co ogranicza prędkości dopuszczalne transportu towarowego wagonami kolejowymi z tego typu wózkami [7].



Rys. 1. Prototypowa konstrukcja wagonu [7]

Badany wagon specjalny w wersji prototypowej przedstawiony na rys. 1 składa się z następujących części: podwozia, nadwozia, układów pneumatycznych, wózka i odresorowania, urządzeń pociągowo-zderzakowych, urządzeń zewnętrznych, aparatury elektrycznej oraz z układów hydraulicznych [7]. Konstrukcja wagonu specjalnego z obrotową platformą oparta jest na dwóch wózkach typu Y25 powszechnie stosowanych w Europie (rys. 2.). Przyosiowe odsprężynowanie wózka składa się z 8 jednakowych kompletów sprężyn o różnej wysokości, włożonych jedna w drugą. Takie rozwiązanie zapewnia progresję sztywności i odsprężynowania. Przy każdym łożysku osiowym wewnętrzny komplet sprężyn wyposażony jest w tłumiki cierne drgań pionowych [3]. Najczęstszym problemem wózków Y25 jest trudność doboru odpowiednich charakterystyk zawieszenia dla poruszania się z dużymi prędkościami. W wyniku badań [1, 2, 5, 6] można

zoptymalizować wartości sił nacisku kół w zadanych prędkościach.



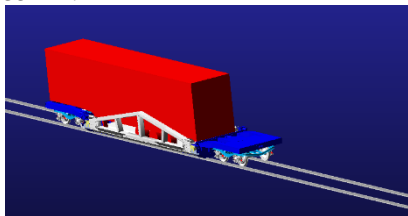
Rys. 2. Wózek kolejowy typu Y25 [7]

Wózek Y25 dopuszczony jest do poruszania się z prędkością 100 km/h przy maksymalnym obciążeniu osi i 120 km/h przy obciążeniu osi nieprzekraczającym 20 000 kg/oś.

3. Model numeryczny i metodologia

Badania numeryczne przeprowadzono w programie do analiz MBS, które wykorzystuje się do sprawdzania dynamicznego działania układów mechanicznych składających się z wielu połączonych ze sobą brył sztywnych łączonych ze sobą więzami kinematycznymi, elementami sprężysto-tłumiącymi.

Model numeryczny (rys. 3) został uproszczony w celu skrócenia czasu analiz; pominięte części konstrukcji posiadają małą masę i nie wpłynę to na ruch wagonu w symulacjach. Sprężyny oraz tłumiki zostały zastąpione elementami sprężysto-tłumiącymi, nie uwzględniono ślizgów bocznych, wózek z ostoją połączony został połączeniem przegubowo-kulistym z możliwością obrotu względem osi pionowej czopa skrętnego. Zestawy kołowe zdefiniowano jako jedną bryłę podobnie rama wózków. Szyny kolejowe zamodelowano w zarysie UIC60 o rozstawie 1435mm.

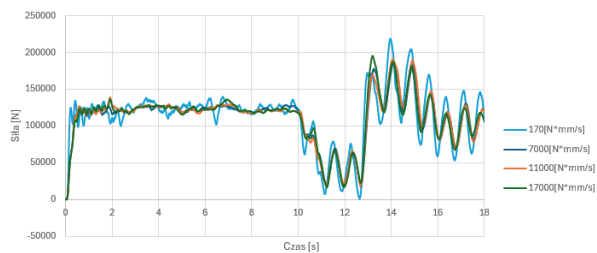


Rys. 3. Model numeryczny wagonu [opracowanie własne]

Symulacje przeprowadzono na torze krzywoliniowym z dwoma łukami (rys. 4) [norma EU-PN]. Dla toru krzywoliniowego konstrukcja rozpędza się do żądanej wartości (100km/h oraz 120km/h) przez tor prosty 135m, kolejno wymuszony zostaje zakręt w lewo o promieniu 250m, następnie zakręt w prawo o promieniu 250m i ostatecznie przejazd po torze prostym 135m. Symulacja trwa 18 sekund, wagon rozpędza się od 0,5 do 8s do żądanych prędkości. Masa wózka wynosi 4000kg, naczepy 40000kg, ramy z platformą 36000kg, natomiast wartości sił kontaktowych dobrano w analizie [3] oraz z własnego doświadczenia. Analizy przeprowadzono dla obu prędkości, dla 4 wariantów wartości tłumienia: wariant 1: 170[N*mm/s], wariant 2: 7000[N*mm/s], wariant 3: 11000[N*mm/s], wariant 4: 17000[N*mm/s].

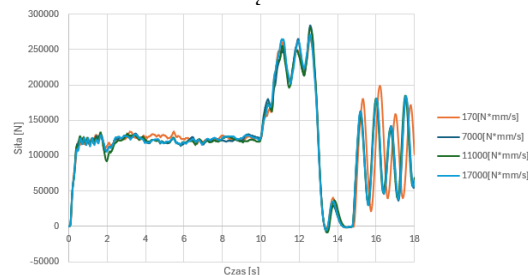
4. Wyniki badań dynamicznych

Zaprezentowany wykres na rysunku (rys. 4.) przedstawia wpływ zmiany tłumienia na nacisk koło-syna przy prędkości 100km/h dla toru krzywoliniowego. Zwiększenie tłumienia wpłynęło pozytywnie na ruch wagonu, w tym odzyskano efekt przyczepności koła w 14 i 15s.



Rys. 4. Wykres sił nacisku koła tylnego lewego z szyną – 120km/h

Przedstawiony wykres (rys. 5.) pokazuje wpływ zmiany tłumienia na nacisk koło-syna przy prędkości 120km/h dla toru krzywoliniowego. W wagonie poruszającym się z prędkością 120km/h w ok. 13s odrywa się przednie koło od główki szyny. Wartości sił nacisku przedstawiają mniejsze wartości wraz ze zwiększeniem tłumienia.



Rys. 5. Wykres sił nacisku koła przedniego prawego z szyną – 120km/h

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki symulacji ruchu wagonu kolejowego po krzywoliniowym torze z dwiema krzywiznami dla różnych wartości tłumienia zawieszenia w wózkach Y25 dla prędkości 100km/h oraz 120km/h. Podczas symulacji przejazdu wagonu zauważono efekt odrywania się kół od szyn oraz zjawisko wężykowania.

- 1) Dla ruchu wagonu z prędkością 100km/h uzyskano kontakt wszystkich kół wózków z główką szyny, czego nie uzyskano dla ruchu wagonu z prędkością 120km/h.
- 2) Zwiększenie wartości tłumienia zawieszenia wózków pozwoliło uzyskać zmniejszenie się sił kontaktowych koło-syna o 10% dla ruchu z zwiększoną prędkością.

Planowana jest kontynuacja prac nad rozwojem konstrukcji w szczególności poprawą rezultatów dla ruchu wagonu z prędkością 120km/h i większych. Jedną z możliwości jest zastosowanie modyfikacji zawieszenia wózka Y25, uzupełniając go o sprężyny piórowe, które wyeliminowałyby dodatkowe tłumiki cierne.

Literatura

- [1] Dumitriu M. Influence of the longitudinal and lateral suspension damping on the vibration behavior in the railway vehicles, Archive of Mechanical Engineering Vol. LXII 2015 Number 1.
- [2] Tomaszewski T. Symulacje komputerowe dynamiki pojazdów szynowych, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa.
- [3] Podemski J., Marczewski R., Wagony kolejowe wózki wagonowe, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- [4] Podemski J., Marczewski R., Wagony kolejowe Odsprężynowanie, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- [5] Śladkowski A., Wojdyła T., Wpływ parametrów usprężynowania wagonu na siły występujące w kontakcie pomiędzy kołem, a szyną. Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej 2005.
- [6] Bajer A., Jamroziak K., Majzer M.: Analiza ruchu wagonu kolejowego po torze krzywoliniowym, Zeszyty naukowe WSOWL, nr 4 (158), 2010, s. 15-28.
- [7] Barnat W., Krasoń W., Stankiewicz M., Konstrukcja prototypowego wagonu I wybrane element system kolejowego do transport intermodalnego, Zeszyty Naukowe WSOWL, Nr 2 (168) 2013.