

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Eksperymentalno – numeryczne badania resorów wielopiórowych z osprzętem

Wiesław Krasoń¹, Józef Wysocki², Paweł Bogusz¹, Zdzisław Hryciów²

¹Institut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna

²Institut Pojazdów i Transportu, Wojskowa Akademia Techniczna

email: wieslaw.krason@wat.edu.pl, jozef.wysocki@wat.edu.pl, pawel.bogusz@wat.edu.pl, zdzislaw.hryciow@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: W pracy omówiono badania ekperymentalno – numeryczne resorów wielopiórowych stosowanych w zawieszeniach samochodów ciężarowych oraz wskazano wybrane aspekty prac projektowych i modyfikacji stanowiska laboratoryjnego, zbudowanego w WAT, do badania charakterystyk statycznych i dynamicznych resorów wielopiórowych, w tym także konstrukcji z dodatkowym osprzętem – wieszakami, stosowanych w pojazdach ciężkich, np. w specjalnych wózkach kolejowych przeznaczonych do transportu intermodalnego. Prace projektowo – modernizacyjne pozwolą zbudować uniwersalne stanowisko badawcze, w którym na bazie maszyn wytrzymałościowych będzie można testować resory różnych typów – do zawieszonych pojazdów o różnym DMC, w tym także tych ciężkich, w których będą uwzględniane dodatkowe elementy wyposażenia i osprzętu zawieszenia pojazdów.

SŁOWA KLUCZOWE: zawieszenie zależne, resor wielopiórowy, wieszak, ekperyment, MES

1. Wstęp

Istotnym problemem w badaniach dynamiki pojazdu jest ocena poziomu sił niesprężystego oporu powstałych w jego zawieszeniu. W pracy [1] analizowano dynamikę układu tylnego zawieszenia samochodu osobowego (dmc~1t) na modelu obliczeniowym opracowanym w pakiecie MSC.Adams. Badania dynamiki pionowej zawieszenia ograniczono do analizy czasowej i częstotliwościowej drgań pionowych. Analizując warunki pracy resoru wielopiórowego można jednoznacznie stwierdzić, że w trakcie jego eksploatacji zmieniają się one w sposób ciągły [2]. W początkowym stanie pomiędzy piórami znajduje się zazwyczaj warstwa smaru grafitowego, która w trakcie współpracy piór jest sukcesywnie usuwana. W modelu uwzględniono stan powierzchni współpracujących piór, ich prędkości wzajemnego przemieszczenia oraz zmienne wielkości sił tarcia wywołane ugięciami zawieszenia. Oszacowano wpływ współczynników tarcia statycznego i kinetycznego na wielkość rozpraszanej w resorze energii. W artykule [3] przedstawiono wieloaspektowy problem badawczy związany z interwencyjnym transportem noworodków wysokiego ryzyka na typowej trasie między szpitalami podstawowej i średniej opieki. Wykonano badania ekperymentalne wpływu wibracji mechanicznych i wstrząsów drgań na całe ciało noworodka. Stwierdzono, że niezależnie od rodzaju drogi, dla wszystkich pomiarów uzyskano przekroczenie dziennej granicy wibracji. Na uwagę zasługuje także artykuł [4], w którym opisano badania ekperymentalne narażenia na wibracje całego ciała grupy kierowców – operatorów obsługujących różne typy ciężarówek wyposażonych w urządzenia dźwigowe. Dokonano pomiaru i rejestracji trójosiowych przyspieszeń na siedzeniu kierowcy i pionowych na podłodze kabiny oraz prędkości i trajektorie pojazdów w trakcie typowej

zmiany roboczej. Stwierdzono we wszystkich przypadkach przekroczenie dziennej granicy wibracji oraz zaproponowano istotne zalecenia interwencyjne w celu złagodzenia ich oddziaływań.

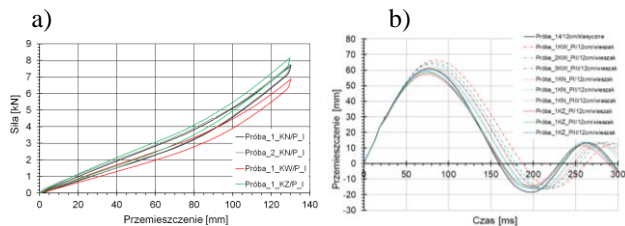
Powszechną praktyką na etapie projektowania lub modernizacji pojazdu jest symulowanie i testowanie parametrów drganiowych zawieszona na modelach o różnych poziomach złożoności i dokładności obliczeń np.[6]. W literaturze można znaleźć różnorodne modele elementów sprężystych – od prostych modeli dyskretnych do złożonych modeli numerycznych opracowanych z wykorzystaniem specjalnych technik modelowania. Do walidacji modeli numerycznych wykorzystuje się badania ekperymentalne (stanowiskowe lub testy drogowe) np. [5, 7].

W niniejszej pracy przedstawiono laboratoryjne badania stanowiskowe i wybrane wyniki symulacji numerycznych w zakresie oddziaływania obciążeń quasistatycznych i impulsowych w resorach wielopiórowych, w tym z uwzględnieniem dodatkowego osprzętu np. wieszaków. Prezentowane wyniki badań są wykorzystywane w pracach projektowych i modernizacyjnych uniwersalnego stanowiska laboratoryjnego do testowania różnych resorów wielopiórowych, w tym także takich do pojazdów ciężkich i specjalnych z zastosowaniami militarnymi, kolejowymi oraz innymi.

2. Badania stanowiskowe resorów obciążanych quasistatycznie i impulsowo

Badania ekperymentalne wykonano na stanowiskach laboratoryjnych, dostępnych w IMiO WAT [2, 5-7], w celu uzyskania podstawowych charakterystyk sprężystych w zakresie wymuszeń quasistatycznych – rys. 1a i dynamicznych (impulsowych) – rys. 1b resoru biliniowego [3, 5] do zawieszonych pojazdów o średnim DMC

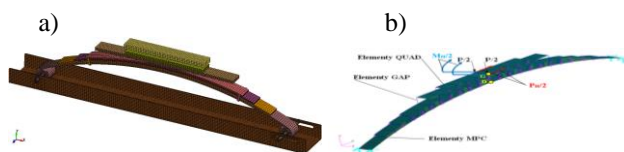
oraz innych danych niezbędnych do weryfikacji modeli oraz wyników analiz numerycznych. Są one wykorzystywane do wspomagania prac projektowych i budowy uniwersalnego stanowiska do badania różnego typu resorów wielopiórowych, w tym tych z uwzględnieniem osprzętu.



Rys. 1. Wyniki badań stanowiskowych resoru biliniowego: a). Testy quasistatyczne z wieszakiem w różnych ustawieniach początkowych, b). Testy z obciążeniami udarowymi resoru z wieszakami w różnych ustawieniach

3. Wybrane modele i analizy MES resorów z zastosowaniem różnych wymuszeń

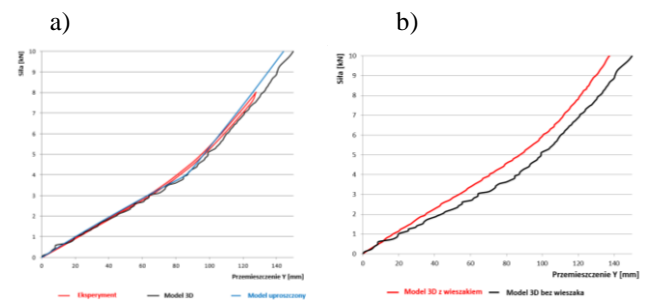
Na podstawie wyników wcześniejszych badań, prezentowanych w autorskich pracach [2, 5-7], ustalono że zastosowanie nawet najprostszych belkowych modeli resoru, wymagających najmniejszych nakładów pracy na etapie ich opracowania, prowadzi do otrzymania zadowalających wyników, szczególnie w zakresie charakterystyk sprężystych w odwzorowaniu testów quasistatycznych. Modele bryłowe – rys. 2a wykorzystywano w niniejszym opracowaniu do numerycznego wyznaczania przemieszczeń – rys. 3, wyteżenia podzespołów badanych resorów, osprzętu oraz innych danych wspomagających procedury projektowe i modernizacyjne stanowiska badawczego, w odwzorowaniach głównie quasistatycznych wariantów obciążeń. W prezentowanych w niniejszej pracy badaniach z obciążeniami impulsowymi zastosowano także modele 3D (rys. 2b), zbudowane z elementów powłokowych. Modele takie łączą zalety modeli przestrzennych, bryłowych i belkowych ze względu na prostą budowę, małe ‘koszty numeryczne’, związane z nakładem pracy przy modyfikacjach i krótkie czasy analiz w zakresie nieliniowym.



Rys. 2. Modele numeryczne biliniowego resoru wielopiórowego i stanowiska: a). Model 3D resoru bez wieszaków, b). Uproszczony powłokowy model przestrzenny z odwzorowaniem sił hamowania [2, 7]

Przykładowe wyniki analizy numerycznej resoru biliniowego w zakresie obciążeń quasiostatycznych pokazano na rys. 3a w postaci porównania charakterystyk sprężystych resoru biliniowego bez wieszaków, otrzymane na podstawie wyników badań eksperymentalnych i numerycznych w różnych modelach MES (uproszczonych i bryłowych) oraz na rys. 3b, jako zestawienie charakterystyk przemieszczeń w funkcji obciążenia, wyznaczonych numerycznie w modelach 3D MES dla

resoru biliniowego bez wieszaka i z wieszakiem przy uwzględnieniu minimalnego współczynnika tarcia.



Rys. 3. Przykładowe wyniki eksperymentalne i z analizy numerycznej 3D MES resoru biliniowego w zakresie obciążeń quasiostatycznych: a). resor bez wieszaka, b). resor – model bez wieszaka i z wieszakiem

4. Podsumowanie

W testach numerycznych wspomagających projektowanie i modyfikacje stanowiska do badań laboratoryjnych resorów wielopiórowych z osprzętem zastosowano różnej klasy modele numeryczne, w tym nieliniowe modele do badań drganiowych. We wszystkich badaniach modelowych wykorzystano metodę elementów skończonych i różne jej aplikacje zakodowane w programach komercyjnych.

- 1) Modele bryłowe resoru wielopiórowego i stanowisk badawczych wymagają największego nakładu pracy na etapie przygotowania symulacji numerycznej i najdłuższego czasu trwania obliczeń. Umożliwiają one jednak szczegółową analizę deformacji oraz wyteżenia poszczególnych piór, osprzętu resoru i stanowiska. Dają lepszą zgodność krzywych wyznaczonych numerycznie i eksperymentalnie w ich częściach załamania, kiedy włączony zostaje resor pomocniczy – resor biliniowy.
- 2) Przestrzenne modele uproszczone zastosowane w odwzorowaniu obciążeń impulsowych są szczególnie przydatne i wydajne do wykonania wielu wariantów obliczeń z różnymi modelami obciążeń np. w warunkach sprawdzania założeń projektowych.

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

Literatura

- [1] Dukalski P. i inni, *Dynamics of the vehicle rear suspension system with electric motors in wheels*, Maintenance and Reliability, 21 (1), pp. 125-136, 2019.
- [2] Krason W., Wysocki J., Hryciow Z., *Dynamics stand tests and numerical research of multi-leaf springs regarding clearances and friction*, Advances in Mechanical Engineering, Vol. 11, No 5, pp. 1-13, 2019.
- [3] Ryan D. M. i inni, *The effect of road type on neonate whole body vibration exposures during ambulance transport*, 7th American Conference on Human Vibration, pp. 76-77, 2018.
- [4] Ryou H., Johnson P. W., *Whole-Body Vibration Exposures Among Solid Waste Collecting Truck Operators*, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Ann. Meeting; pp. 860-864, 2018.
- [5] Krason W., Wysocki J., *Investigation of friction in dual leaf spring*, Journal of Friction and Wear, Vol. 38, No. 3, pp. 214-220, 2017.
- [6] Hryciow Z., Krason W., Wysocki J., *Evaluation of the influence of friction in a multi-leaf spring on the working conditions of a truck driver*, Maintenance and Reliability, Vol. 23, No. 3, pp. 422-429, 2021.
- [7] Bogusz P., Krason W. and Wysocki J., *Experimental investigations of dual multi-leaf spring subjected to impact load*, Journal of KONES Powertrain and Transport, No 19, pp. 45-51, 2012.