ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLASKIEJ 2001
Seria: TRANSPORT z. 42 Nr kol.1524

Tomasz WOJDYŁA

WPŁYW PARAMETRÓW USPRĘŻYNOWANIA NA DYNAMIKĘ WAGONU KOLEJOWEGO I BEZPIECZEŃSTWO JEGO RUCHU

Streszczenie. W pracy zamieszczono charakterystykę programu pozwalającego na symulację zjawisk dynamicznych zachodzących podczas ruchu pojazdu szynowego (MEDYNA). Zamieszczono też wyniki badania wpływu zużycia wybranych elementów zawieszenia wagonu kolejowego na przyspieszenia poprzeczne wózka wagonu w ruchu po łuku toru.

THE INFLUENCE OF SPRINGING PARAMETERS ON RAIL CAR DYNAMICS AND SAFETY IN MOVEMENT

Summary. In this paper is presented the program of dynamic process simulation during the railway vehicle traffic (MEDYNA). The paper also describes results of investigation relates to the wear of selected elements of suspension system as influenced by dynamic process cart of carriage in motion on curved rail – track.

1. WSTĘP

Usprężynowanie wagonu jest to zbiór elementów sprężystych (sprężyny, amortyzatory i tłumiki) i części pomocniczych (np. wsporniki) łączących zestawy kołowe z ramą wózka, ramę wózka z ostoją pudła wagonu lub zestawy kołowe z ostoją pudła wagonu. Zadaniem usprężynowania jest zmniejszenie dynamicznego oddziaływania wagonu na tor i odwrotnie. Zewnętrznym przejawem oddziaływania dynamicznego są przemieszczenia i przyspieszenia poszczególnych elementów wagonu (zestawy kołowe, pudło wagonu, wózek) podczas jego jazdy na skutek wzajemnych oddziaływań kół kolejowych i szyn. W celu zmniejszenia szkodliwego działania sił zewnętrznych na wagony należy tak dobierać elementy sprężyste, aby zapewniały drgania poszczególnych elementów wagonu z małymi przyspieszeniami i z małą częstotliwością.

Usprężynowanie I stopnia ma wpływ na zachowanie się badanego wagonu podczas ruchu. Decyduje ono o spokojności biegu wagonu nie tylko podczas przejazdu przez łuki, ale także w ruchu po prostych odcinkach toru.

Usprężynowanie II stopnia ma za zadanie przede wszystkim zapewnić odpowiedni komfort podróży pasażerów w wagonach osobowych, a w wagonach towarowych – chronić ładunek przed uszkodzeniami.

Oprogramowanie służące do analizy dynamiki pojazdu odgrywa coraz większą rolę w dziedzinie badań i rozwoju nowoczesnych koncepcji pojazdów. Wysokie koszty związane z badaniami prototypowymi wymuszają zastosowanie symulacji komputerowych we wczesnym stadium badań nad nowymi pojazdami.

Do modelowania zjawisk dynamicznych zachodzących podczas ruchu pojazdu szynowego wykorzystywane są między innymi takie programy, jak ADAMS, VAMPIRE, DADS, SIMPACK, ERDE i MEDYNA.

Program MEDYNA pozwala na symulację zjawisk dynamicznych zachodzących podczas ruchu pojazdu nie tylko na prostych odcinkach, ale i na łukach toru.

W programie tym można symulować nie tylko wpływ parametrów konstrukcyjnych na charakterystyki dynamiczne związane z poszczególnymi elementami badanego pojazdu, ale także dla całego pojazdu lub grupy pojazdów.

Zaletą tego programu jest bogata biblioteka połączeń, która jest bardzo przydatna przy modelowaniu różnych układów dynamicznych. Zawiera ona liniowe, nieliniowe, statyczne, dynamiczne, bierne i czynne elementy służące do odwzorowania właściwości rzeczywistych połączeń w pojazdach.

2. BADANIA

Badaniom symulacyjnym w programie MEDYNA poddany został wagon pasażerski typu 127Aa z wózkami typu 4ANc. Model podzielono na układy mas połączonych ze sobą elementami podatnymi.

Założono, że średnice toczne kół monoblokowych wynoszą 920 [mm].

Do zamodelowania połączeń między masami przyjęto sprężyny i tłumiki o charakterystyce liniowej. Kontakt pomiędzy kołem a szyną założono jako nieliniowy.

Założono następujące czynniki zewnętrzne działające na pojazd podczas badanego ruchu:

1) promień łuku – 400 [m],
2) jako siły zewnętrzne przyjęto:
   - opór powietrza pochodzący od ruchu wagonu,
   - siłę pociągową pochodzącą od lokomotywy.

Modelowany tor kolejowy, po którym odbywał się ruch, był torem idealnym.

Zużycie sprężyn nośnych zamodelowano jako zmiana sztywności sprężyny. Dla dobrego usprężynowania założono, że sztywność może się różnić od wartości podanych w wymaganiach technicznych dla danego wagonu o 2%. Przyjęto, w oparciu o Polskie Normy, że sztywność sprężyny zużytej jest o 10% niższa niż sztywności podane w dokumentacji wagonu.

Celem badań było określenie wpływu zużycia usprężynowania I stopnia na przyspieszenie poprzeczne badanego wagonu podczas przejazdu przez łuk o zadanym promieniu.

W badaniach założono, że badany czas ruchu zawiera się w przedziale od 0,1 – 10 [s] od chwili wejścia wagonu w łuk toru o zadanym promieniu. Analizowano zachowanie się wózka wagonu, przy założeniu że badany wagon porusza się po tym samym torze z dwoma różnymi prędkościami (10 i 20 [m/s]).

Badania symulacyjne z wykorzystaniem programu MEDYNA przeprowadzono w kilku etapach.

W pierwszym etapie zasymulowano ruch pojazdu posiadającego usprężynowanie I stopnia o charakterystykach podanych przez konstruktora. Wyniki pokazano na rys. 1.

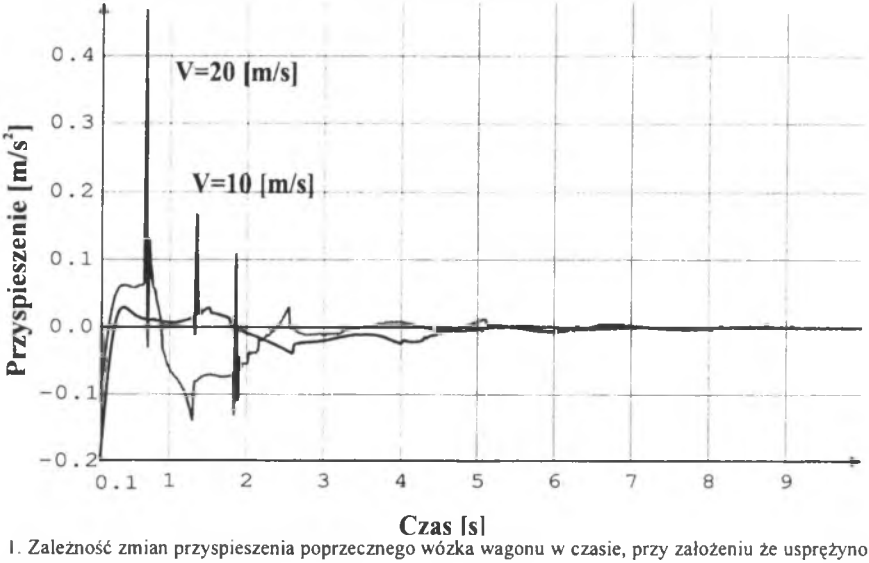
Następnie zbadano wpływ zużycia pionowego usprężynowania I stopnia na zachowanie się pierwszego wózka badanego wagonu. Założono, że zużyte jest całe usprężynowanie pionowe. Wyniki przedstawia rys. 2. W następnym etapie badań założono, że zużyciu ulega poziome usprężynowanie I stopnia. Wpływ jego zużycia na przyspieszenia pionowe wózka wagonu pokazano na rys. 3.

Ostatnim etapem pracy była symulacja zachowania się wagonu przy zużyciu całego usprężynowania I stopnia.

Wpływ takiego zużycia na ruch wózka wagonu przedstawia rys. 4.

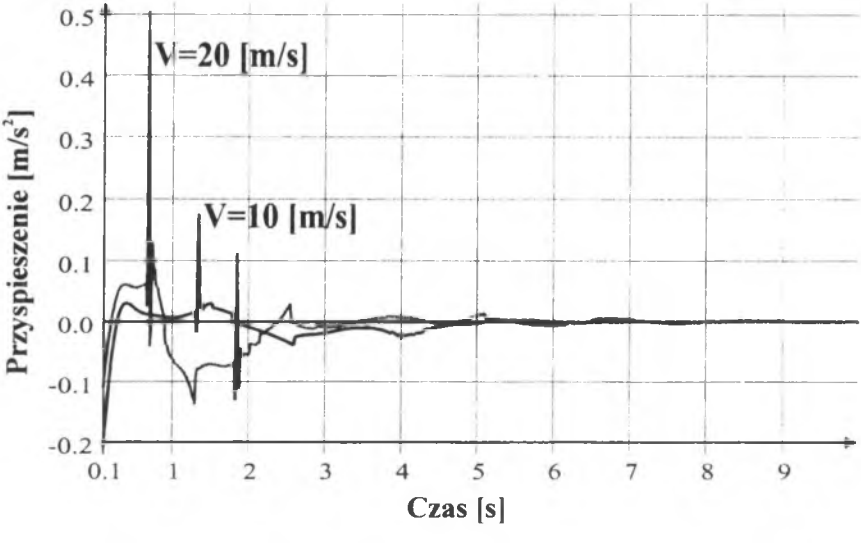
3. WYNIKI OBLICZEŃ

Otrzymane wyniki obliczeń przedstawiono na poniższych rysunkach.



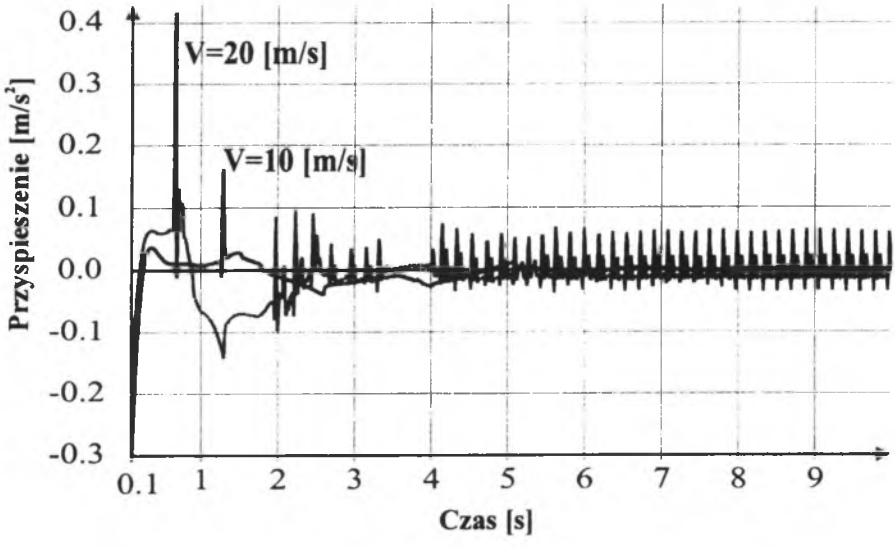
Rys. 1. Zależność zmian przyspieszenia poprzecznego wózka wagonu w czasie, przy założeniu że usprężynowanie I stopnia nie jest zużyte

Fig.1. Time changes dependence of transverse truck – car acceleration if springing of the first degree isn't worn



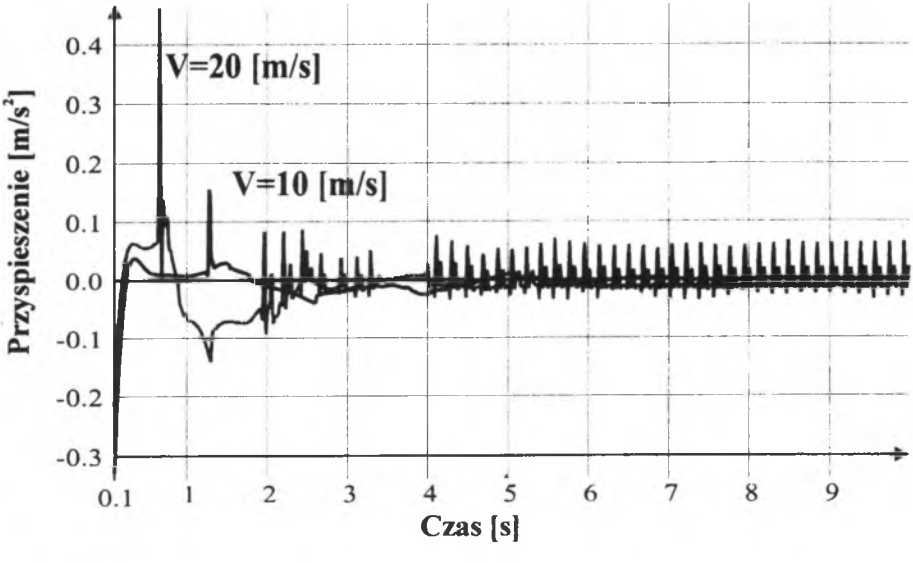
Rys. 2. Zależność zmian przyspieszenia poprzecznego wózka wagonu w czasie, przy założeniu że pionowe usprężynowanie I stopnia jest zużyte

Fig. 2. Time changes dependence of transverse truck – car acceleration if vertical springing of the first degree is worn



Rys. 3. Zależność zmian przyspieszenia poprzecznego wózka wagonu w czasie, przy założeniu że usprężynowanie I stopnia w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny toru kolejowego jest zużyte

Fig. 3. Time changes dependence of transverse truck – car if the whole springing of the first degree in the plane is parallel to the plane of the track



Rys. 4. Zależność zmian przyspieszenia poprzecznego wózka wagonu w czasie, przy założeniu że całe usprężynowanie I stopnia jest zużyte

Fig. 4. Time changes dependence of transverse truck – car if the whole springing of the first degree is worn

W tablicy 1 przedstawiono wartości liczbowe maksymalnych i minimalnych przyspieszeń pierwszego wózka badanego wagonu.

Tablica 1

Wyznaczone wartości przyspieszeń pudła wagonu

Lp.	Rodzaj zużycia usprężynowania	Wartości przyspieszeń w [m/s^2]					
		przy prędkości ruchu 10[m/s]			przy prędkości ruchu 20[m/s]		
		a_1	a_2	$\Delta a = a_2 - a_1$	a_1	a_2	$\Delta a = a_2 - a_1$
1.	uspr. Dobre	-1,93e-1	1,68e-1	3,61e-1	-1,4e-1	4,69e-1	6,09e-1
2.	uspr. Pionowe zużyte	-2,09e-1	1,76e-1	3,85e-1	-1,38e-1	5,06e-1	6,44e-1
3.	uspr. Poziome zużyte	-3,00e-1	1,63e-1	4,63e-1	-1,89e-1	4,18e-1	6,07e-1
4.	całe uspr. Zużyte	-3,28e-1	1,56e-1	4,84e-1	-2,17e-1	4,63e-1	6,8e-1

Oznaczenia:

a_1 – minimalna chwilowa wartość przyspieszenia poprzecznego wózka wagonu (znak minus oznacza, że kierunek działania tego przyspieszenia jest przeciwny do kierunku działania chwilowego maksymalnego przyspieszenia poprzecznego).

A_2 – maksymalna chwilowa wartość przyspieszenia poprzecznego wózka wagonu.

Δa – różnica pomiędzy wartością maksymalną i minimalną przyspieszeń wózka wagonu.

Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić:

a) dla prędkości 10 [m/s]:
- największa wartość minimalnego chwilowego przyspieszenia poprzecznego wózka występuje przy zużyciu całego usprężynowania,
- największa wartość maksymalnego chwilowego przyspieszenia poprzecznego wózka występuje przy zużyciu usprężynowania pionowego,
- największa różnica chwilowych przyspieszeń poprzecznych wózka występuje przy zużyciu całego usprężynowania;

b) dla prędkości 20 [m/s]:
- największa wartość minimalnego chwilowego przyspieszenia poprzecznego wózka występuje przy zużyciu całego usprężynowania,
- największa wartość maksymalnego chwilowego przyspieszenia poprzecznego wózka występuje przy zużyciu usprężynowania pionowego,
- największa różnica chwilowych przyspieszeń poprzecznych wózka występuje przy zużyciu całego usprężynowania,
- przy zużytym usprężynowaniu poziomym następuje minimalne (o około 0,3%) zmniejszenie różnicy chwilowych przyspieszeń poprzecznych wózka w porównaniu do wartości otrzymanych przy niezużytym usprężynowaniu.

4. WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań symulacyjnych dotyczących wpływu zużycia elementów usprężynowania I stopnia na przyspieszenia poprzeczne wózka stwierdzono:

- największy wpływ na zmianę różnicy chwilowych przyspieszeń poprzecznych zaobserwowano przy zużyciu całego I stopnia usprężynowania (dla prędkości 10 [m/s] zmiana wyniosła około 34,1%, a dla prędkości 20 [m/s] – 11,7%),

- przy prędkości 20 [m/s] zaobserwowano zmniejszenie się wartości różnicy chwilowych przyspieszeń poprzecznych wózka przy zużyciu usprężynowania poprzecznego o około 0,3% w stosunku do wartości tej różnicy otrzymanej przy niezużytym usprężynowaniu,
- przy zużyciu usprężynowania poprzecznego I stopnia przy prędkości 20 [m/s] zaobserwowano powstanie zjawiska rezonansu mogącego mieć wpływ na szybsze zużywanie się elementów usprężynowania,
- największą zmianę maksymalnych chwilowych przyspieszeń poprzecznych zaobserwowano przy zużyciu usprężynowania pionowego I stopnia (dla prędkości 10 [m/s] zmiana wyniosła około 4,8%, a dla prędkości 20 [m/s] – 7,9%).

Zaobserwowany wzrost chwilowych przyspieszeń poprzecznych wózka badanego wagonu może powodować nie tylko zużywanie się elementów usprężynowania, ale może wpływać też na wzrost sił działających na zestawy kołowe, które mogą doprowadzić do powstawania niekorzystnych zjawisk powodujących szybsze zużywanie się kół kolejowych zestawów kołowych (np. wzrost wartości poślizgów kół).

Literatura

1. Garg V. K., Dukkipati R. V.: Dynamics of railway vehicle systems. Academic Press, New York 1984l.
2. Marczewski R., Podemski J.: Wagony kolejowe. Odsprężynowanie. WKŁ, Warszawa 1978.
3. Gąsowski W.: Wagony kolejowe. Konstrukcja i badania. WKŁ, Warszawa 1988.
4. Kowalski E.: Pojazdy trakcyjne. WKŁ, Warszawa 1987.
5. Gąsowski W., Sobaś J.: Model dynamiki pojazdu szynowego przy zastosowaniu zawieszenia aktywnego i symulacja komputerowa przyspieszeń poziomych lokomotywy. Pojazdy Szynowe, nr 2/1999.
6. Grajnert J.: Pneumatyczne zawieszenia pojazdów szynowych. Pojazdy Szynowe, nr 1/1999.
7. Sienicki A.: Model matematyczny układu: tor pomiarowy – wagon typu 415 W, do diagnozowania uszkodzeń układów biegowych pojazdów szynowych. Pojazdy Szynowe, nr 3/2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Paweł Piec

Abstract

Springing circuits are one of the most important elements of rail – vehicles. Safety of passengers and goods as well as wear of rails and vehicle elements depend on springing circuits selection and maintenance.

127 Aa passenger car with 4Anc trucks has been tested with first degree springing settled. The investigations have been carried out with two levels of speed: 10 and 20 [m/s]. The results of investigations have been presented in tables and charts.

Praca wykonana w ramach badań własnych BW – 429/RM10/2001