

ROMANISZYN Kazimierz M.¹

Mobilne modele samochodów do badań stateczności

Słowa kluczowe: samochód,
stateczność ruchu,
mobilny model

Streszczenie

W publikacji przedstawiono problemy na jakie napotyka się przy badaniach stateczności dużych samochodów ciężarowych i samochodów specjalnych. Przedstawiono koncepcję budowy mobilnych, zdalnie sterowanych modeli samochodów, których cechy mogą w pewnym przybliżeniu odwzorowywać stateczność pojazdów rzeczywistych. W publikacji opisano budowę dwóch takich modeli. Pierwszy z nich został zbudowany w celu badań sygnalizatorów zagrożenia wywrotem, konstrukcja drugiego ma z założenia odwzorowywać stateczność ruchu danego pojazdu rzeczywistego przy zachowaniu wybranych podobieństw między modelem i samochodem rzeczywistym. Zaprezentowana praca powstała w trakcie realizacji projektu badawczo rozwojowego NCBR nr. PB 5478/B/T02/2011/40 pt. „Ocena stateczności rzeczywistego pojazdu na podstawie badań mobilnego modelu”.

MOBILE MODELS OF CARS FOR CAR STABILITY RESEARCH

Abstract

In this paper presented are problems encountered testing the stability of big trucks and special vehicles. Also, presented is a concept of designing mobile, remotely controlled models of cars whose characteristics may, with some approximation, reflect the stability of real vehicles. In the paper described is the building of two such models. The first one was built to test the vehicle overturning danger warning indicator. The design of the second one was assumed to reflect the stability of the movement of a given real vehicle whilst maintaining selected similarities between the model and the real car.

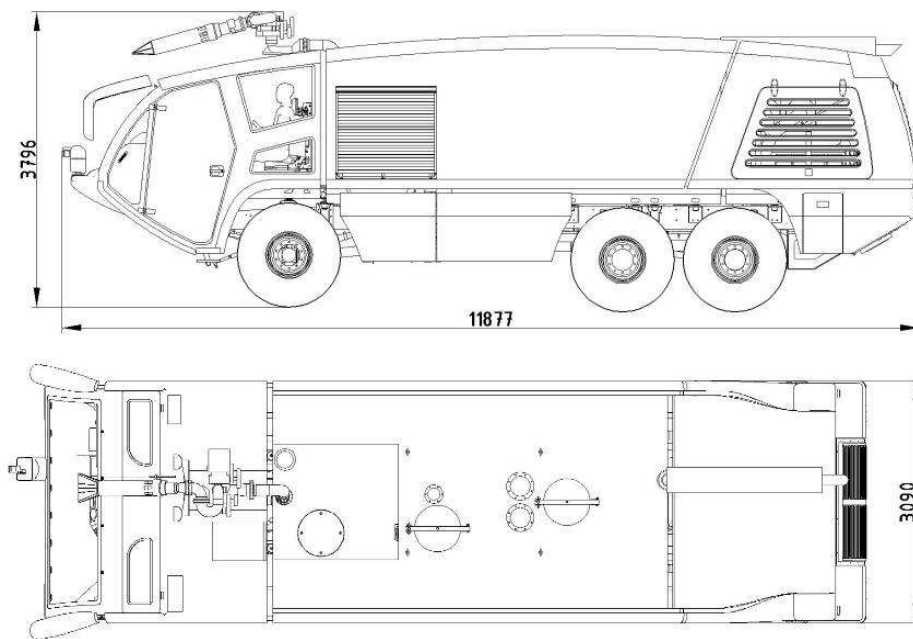
The work presented was part of the NCBR No. PB 5478/B/T02/2011/40 research and development project entitled: “The evaluation of the stability of a real vehicle based on the testing of a mobile model”.

1. WPROWADZENIE

Badania trakcyjne samochodów, a dużych samochodów ciężarowych i specjalnych w szczególności następczą wiele trudności logistycznych. Wymagają one specjalnych torów badawczych i zabezpieczeń, a do tego są badaniami drogami i uzależnionymi od warunków atmosferycznych [1,2,3,4]. W publikacji przedstawiono próby przeprowadzenia badań stateczności na specjalnie skonstruowanych modelach samochodów. Oczywiście należy się spodziewać, że badania na modelach nie zastąpią ostatecznych badań na samochodzie rzeczywistym, jednak pozwolą na wstępną ocenę dynamiki i stateczności ruchu w określonych testach jezdnych w powtarzalnych warunkach laboratoryjnych. Pomysł takiego podejścia do oceny stateczności ruchu zrodził się po serii badań dużych samochodów specjalnych o wysoko położonych środkach ciężkości. Szczególne problemy dotyczą badań pojazdów podobnych do przedstawionych na rysunkach 1 i 2.

Pierwszą inspiracją do budowy zdalnie sterowanego mobilnego modelu samochodu była konieczność przeprowadzenia licznych badań czujników sygnalizacji zagrożenia przewróceniem dedykowanych do samochodów o wysoko położonych środkach ciężkości. Zestaw takiego czujnika przedstawiono na rysunku 3. W opisanym przypadku na modelu badano funkcjonowanie czujnika przyspieszeń x-y wyposażonego w akustyczny i optyczny sygnalizator poziomu przyspieszeń bocznych o założonych progach początku i końca sygnalizacji. Badany sygnalizator może być wykorzystywany jako czujnik zagrożenia przewróceniem samochodu na skutek działania sumarycznego przyspieszenia od pochylenia bocznego i ruchu po łuku. Konstrukcja czujnika pozwala na ustalenie progu początku sygnalizacji na złożonym poziomie przyspieszenia bocznego. Częstość działania sygnału świetlnego i akustycznego rośnie od założonego progu przyspieszenia aż do sygnału ciąglego ustalonego dla danego typu samochodu.

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, 43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2, Tel. +48 338279244, Fax +48 338279351, E-mail: kromaniszyn@ath.bielsko.pl



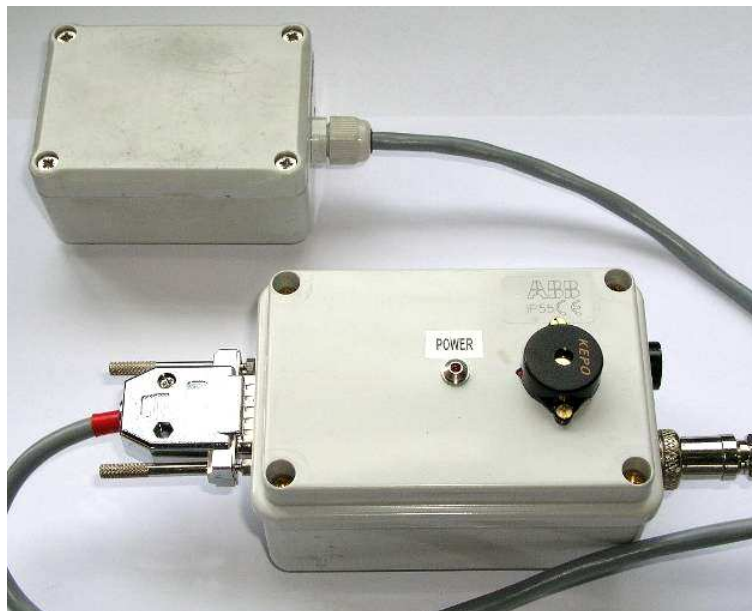
Rys. 1. Ciężki lotniskowy samochód gaśniczy FELIKS 6x6 o masie 36 000 kg



Rys.2. Samochód poźarniczy o masie 12 ton i wysoko położonym środkiem ciężkości

Dodatkową korzyścią wynikającą z realizacji badań dynamicznych na modelu jest możliwość ich realizacji aż do utraty stateczności, co w przypadku badań na rzeczywistym samochodzie wiąże się ze znacznymi stratami i zagrożeniem dla badaczy. Stosowanymi metodami zabezpieczeń w takich przypadkach są montowane dodatkowo podpory boczne wyposażone w koła. Stosowanie takich rozwiązań ma jednak wiele cech negatywnych do których można zaliczyć zmianę parametrów samochodu badanego a wynikającą z odmiennego rozkładu obciążeń i dodatkowych bezwładności przy stosowaniu wspomnianych podpór. Autor zna również przypadki przekroczenia wytrzymałości podpór i rzeczywistych przewróceń samochodów badawczych.

Wyżej wymienione względy wskazują na słuszność skierowania zainteresowań na badania przy użyciu modeli.



Rys.3. Układ do sygnalizacji zagrożenia przewróceniem samochodu

2. BUDOWA MODELU DO BADAŃ TRAKCYJNYCH CZUJNIKÓW ZAGROŻENIA PRZEWROTEM

Aby model możliwie wiernie odwzorowywał warunki i dynamikę ruchu rzeczywistego samochodu, powinien odpowiadać następującym warunkom:

- kinematyka przeniesienia napędu z silnika do kół powinna być odwzorowaniem rzeczywistego układu napędowego,
- rozkład nacisków na osie i wysokość położenia środka masy powinny być proporcjonalne do występujących w samochodzie rzeczywistym,
- prędkości w ruchu liniowym (w tym prędkość maksymalna) powinny być proporcjonalne do wymiarów samochodu,
- kinematyka zawiesznień i sztywność opon powinny być proporcjonalne do charakterystyk występujących w samochodzie rzeczywistym.

Kierując się tymi wytycznymi, do badań modelowych postanowiono wykorzystać jako bazę model samochodu ciężarowego Mercedes 5982. Model ten jest napędzany silnikiem elektrycznym, który napędza koła przez trzybiegową skrzynię biegów, wał napędowy i tylny most z przekładnią główną i symetrycznym mechanizmem różnicowym. Zawieszania modelu są typu zależnego z wykorzystaniem resorów piórowych i amortyzatorów ciernych (możliwa opcja z amortyzatorami hydraulicznymi).

W celu modelowania rozkładu nacisków na osie wykonano specjalny pojemnik mocowany do skrzyni ładunkowej. W pojemniku umieszczono podstawę pozwalającą na płynne przesuwanie obciążnika, czujniki pomiarowe, zasilanie i sygnalizator przekroczenia zadanej przyspieszenia bocznej. Sygnalizator generował sygnał dźwiękowy i świetlny w postaci rozbłysków diody świetlnej umieszczonej na dachu skrzyni ładunkowej. Również na dachu skrzyni umieszczono nadajnik do teletransmisji danych.

Odbiornik układu sterowania modelem umieszczono w kabinie kierowcy. Obsługiwał on regulator prędkości, serwomechanizm zmiany biegów i skrętu kół kierowanych. Model wyposażono w boczne koła podporowe zapobiegające przewrotom.

Na rysunku 4 przedstawiono ogólny widok modelu. Widoczne są boczne koła podporowe, na dachu skrzyni ładunkowej dioda sygnalizacyjna i nadajnik teletransmisji.

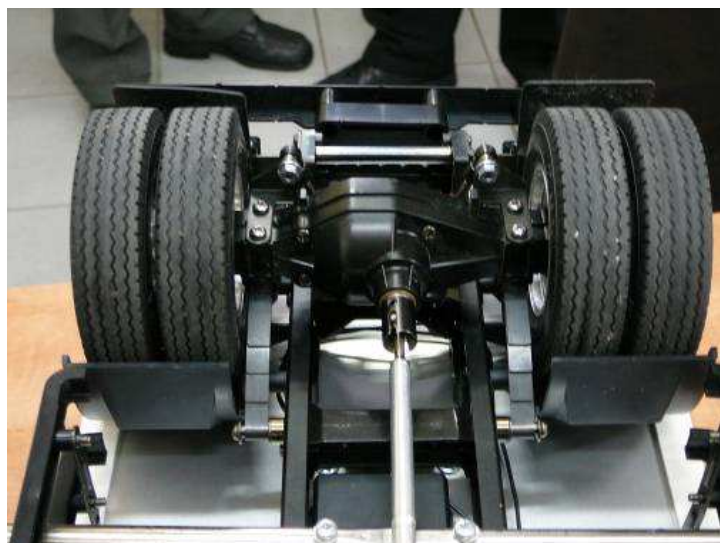


Rys.4. Ogólny widok modelu

Na rysunku 5 zaprezentowano zawieszenie osi przedniej i układ kierowniczy. Rysunek 6 prezentuje tylny most napędowy podparty na resorach piórowych i wyposażony w amortyzatory.



Rys.5. Widok osi przedniej i układu kierowniczego

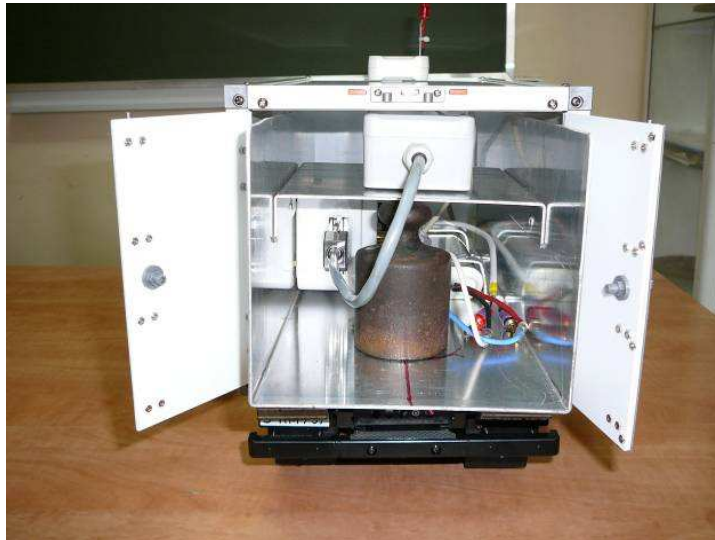


Rys.6. Widok mostu tylnego zawieszzonego na resorach wielopiórowych

Na rysunkach 7 i 8 przedstawiono pojemnik z aparaturą i ruchomym obciążnikiem dla uzyskania pożądanego położenia środka ciężkości.



Rys.7. Pojemnik z obciążnikiem do określania położenia środka masy



Rys.8. Umieszczenie pojemnika w nadwoziu samochodu

Na rysunku 9 przedstawiono metodę określania położenia środka masy metodą ważenia nacisków osi. Masa całkowita modelu gotowego do badań wynosiła 9,260 kg.



Rys.9. Wyznaczanie środka masy metodą ważenia nacisków osi

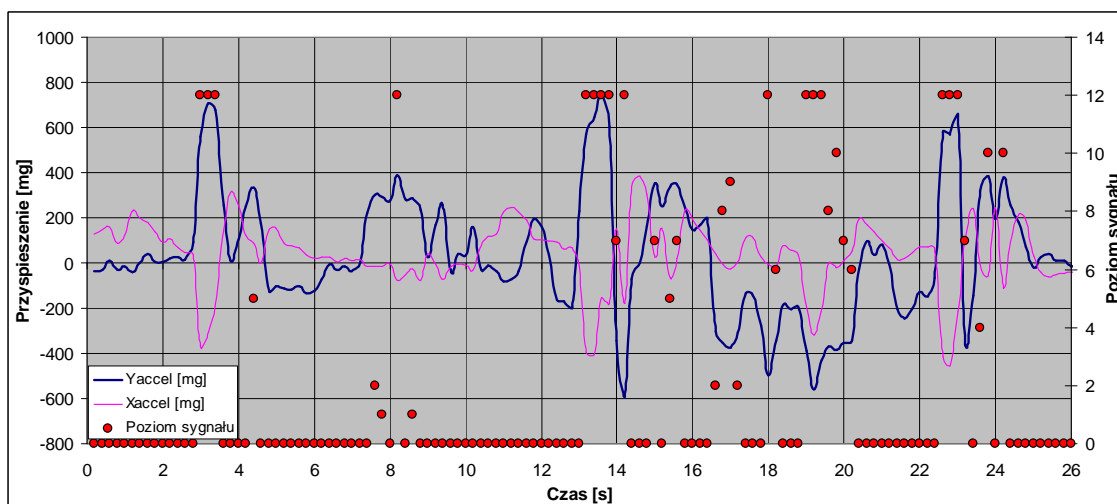
3. BADANIA DYNAMICZNE Z UŻYCIEM MODELU

Model samochodu o założonych parametrach położenia środka ciężkości poddano badaniom ruchowym rejestrując przyspieszenia wzdłużne, poprzeczne i poziomy sygnału (alarmu) sygnalizatora zagrożenia przewrotem. Dane z czujników przesyłano telemetrycznie do przenośnego komputera, gdzie sygnały przetwarzano i przedstawiano w wymaganej formie graficznej.

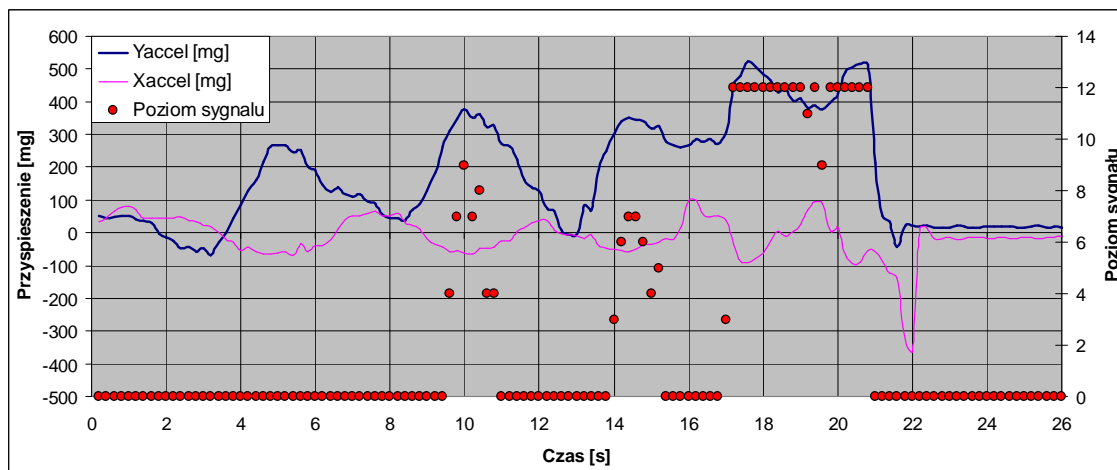
Wykonywano dwie próby. Pierwsza polegała na wykonaniu gwałtownego skrętu kierownicy przy pełnej prędkości maksymalnej na II biegu (około 2,5m/s). W tym przypadku przyspieszenie boczne powodowało utratę stateczności i podparcie się bocznym kołem podporowym. Z uwagi na dużą dynamikę manewru sygnały ostrzegawcze oznaczone na wykresie (rys.10.)występują stosunkowo rzadko. W opisanych badaniach progowe początkowe przyspieszenie boczne ustawiono na $3,5 \text{ m/s}^2$ co stanowiło pierwszy poziom sygnalizacji, zaś ciągły sygnał na granicy wywrócenia ustalono na poziomie $4,5 \text{ m/s}^2$.

Badania prowadzono w pomieszczeniu zamkniętym na suchej nawierzchni o dużej przyczepności. Na rysunkach 10 i 11 linie niebieskie oznaczają przebiegi przyspieszeń bocznych, czerwone przebiegi przyspieszeń podłużnych, a punkty, poziomy sygnałów ostrzegawczych w skali 0-12. Na wykresie (rys 10) widoczne są trzy próby, których maksima przyspieszeń bocznych są na poziomie 7 m/s^2 . Po przekroczeniu stateczności bocznej przy takim przyspieszeniu występuje podparcie kołem bocznym, co powoduje wystąpienie drugiego maksimum lokalnego o mniejszej wartości rzędu 4 m/s^2 .

W drugiej próbie (rys.11) model poruszał się po okręgu na płaszczyźnie o nachyleniu 3,5 stopnia z rosnącymi prędkościami. Na wykresie widoczne jest dodawanie przyspieszeń wynikających z pochylenia nawierzchni i przyspieszenia dośrodkowego gdy samochód znajduje się w dolnej części płaszczyzny i odejmowanie przyspieszeń w górnej części płaszczyzny. Od 17 do 21 sekundy samochód utracił stateczność poprzeczną (ciągły sygnał alarmu) i poruszał się podpierając kołem bocznym. Wypadkowe przyspieszenie pochodzące od składowej siły ciężkości i od przyspieszenia dośrodkowego wyniosło około 5 m/s^2 .



Rys.10. Przebiegi przyspieszeń poprzecznych i podłużnych z zaznaczeniem poziomów alarmu dla próby zarzucania



Rys.11. Przebiegi przyspieszeń i poziomu alarmu sygnalizatora dla próby jazdy po okręgu na płaszczyźnie o nachyleniu 3,5 stopnia z rosnącymi prędkościami

4. BUDOWA MODELU DO BADAŃ STATECZNOŚCI

Model opisany w poprzednich rozdziałach, ze względu na swoje niewielkie wymiary nie pozwalał na prowadzenie szerszych badań stateczności. Z tego względu zbudowano całkowicie nowy zdalnie sterowany model samochodu. Model napędzany jest silnikiem spalinowym o znacznej mocy, przenoszący napęd przez automatyczne sprzęgło. W mostach napędowych zastosowano symetryczne mechanizmy różnicowe.

Cechy konstrukcyjne modelu pozwalają na:

- stosowanie napędu 4x4 i 2x4 (może być napędzana oś przednia lub tylna),
- zmiany rozstawu osi i kół,
- stosowanie opon o różnych charakterystykach sztywności,
- stosowanie różnych typów zawiesz (zależne i niezależne) z amortyzatorami olejowymi o zadanych tłumieniach,
- modelowanie różnego położenia środka ciężkości,
- stosowanie różnych kątów ustawienia kół kierowanych,
- zabudowę aparatury badawczej i teletransmisję danych pomiarowych do stacjonarnego odbiornika.

Na rysunku 12. Przedstawiono widok modelu, w którym zamodelowano założone położenie środka ciężkości. i zastosowano kamerę z teletransmisją obrazu do stanowiska sterowniczego.

Sterowanie modelu odbywa się drogą radiową ze specjalnie skonstruowanego stanowiska sterowniczego. Operator-kierowca może sterować modelem mając z nim kontakt wzrokowy lub korzystając z obrazu na ekranie monitora. Na rysunku13. przedstawiono stanowisko sterownicze mobilnego modelu samochodu.



Rys.12 Widok mobilnego modelu badawczego z obciążnikami i kamerą teletransmisji obrazu do stanowiska sterowniczego



Rys.13. Widok stanowiska sterowniczego mobilnego modelu samochodu. Po lewej dla sterowania z kontaktem wzrokowym, po prawej dla sterowania z obrazu na monitorze

Z uwagi na to, że badany model był wyposażony w symetryczny mechanizm różnicowy w krańcowych przypadkach, na granicy utraty stateczności poprzecznej następowała utrata napędu przez koło wewnętrzne. W trakcie dalszych prac nad modelem przewiduje się możliwość zastosowania mechanizmu różnicowego o powiększonym tarcu.

5. PODSUMOWANIE

W zaprezentowanej publikacji wykazano, że w pewnym zakresie można prowadzić funkcjonalne badania dynamiczne na mobilnym modelu samochodu. Wierność odwzorowania ruchu rzeczywistego samochodu wymaga zachowania wybranych podobieństw między parametrami geometrycznymi i masowymi modelu i samochodu rzeczywistego. Zagadnienie podobieństw będzie przedmiotem odrębnej publikacji.

W kolejnych publikacjach poświęconych tematowi korelacji między badaniami stateczności samochodu rzeczywistego i modelu będą przedstawione wyniki badań stateczności samochodu ciężarowego i odniesione do nich wyniki badań na zaprezentowanym mobilnym modelu samochodu.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Skokowe wymuszenie kierownicą ISO 7401.
- [2] Jazda po okręgu ISO 4138.
- [3] Zmiana pasa ruchu ISO 3888.
- [4] Road Vehicles-heavy commercial vehicle combinations and articulated buses lateral stability test methods ISO 14 791.