

ZASTOSOWANIE TECHNIK MBS DO BADAŃ I SYMULACJI POJAZDÓW TRANSPORTU PERSONAL RAPID TRANSIT (PRT)

Włodzimierz CHOROMAŃSKI*, Jerzy KOWARA*

*Zakład Teorii Konstrukcji Urządzeń Transportowych, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej,
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa,

wch@it.pw.edu.pl, jkowara@it.pw.edu.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono trójwymiarowy model symulacyjny pojazdu systemu PRT (Personal Rapid Transit), ze szczególnym uwzględnieniem struktury układu napędowo-jezdnego. Model zbudowano w systemie Adams, służącym do symulacji układów wielocłonowych (Multibody Systems). Przedstawiono strukturę kinematyczną układu napędowo-jezdnego w oparciu o zgłoszenie patentowe na wynalazek, którego współtwórcami są autorzy tego referatu. Pojazd modelowany jest w sposób uproszczony z zachowaniem parametrów masowych i bezwładnościowych modelu CAD, wykonanego uprzednio w systemie Catia V5. Model uwzględnia zagadnienia uderzenia, tarcia i poślizgu towarzyszące kontaktowi zarówno kół jezdnych z szynami jak i rolek prowadzących pojazd w torze. Dokonano badań mających na celu analizę wrażliwości wybranych cech dynamicznych na zmiany parametrów.

1. WSTĘP

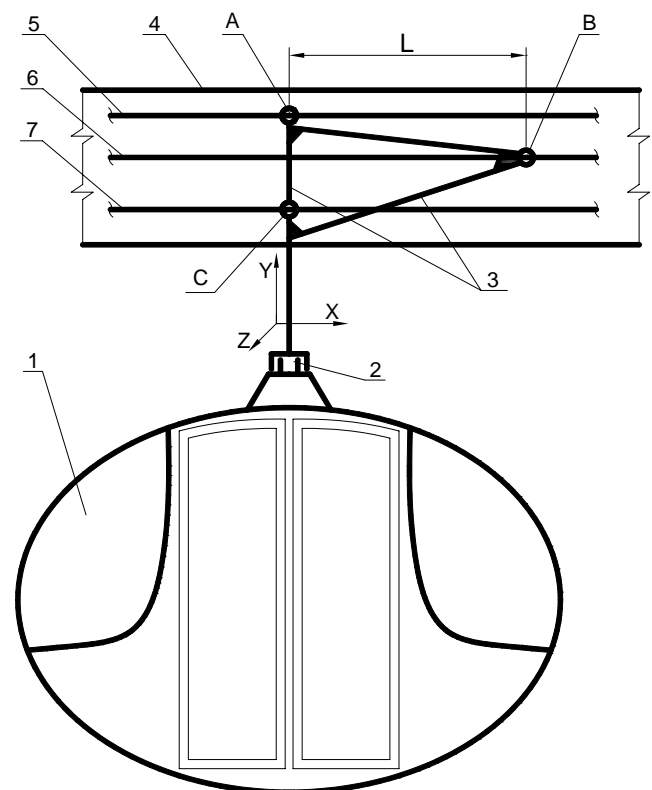
Jednym z najważniejszych problemów konstrukcyjnych systemu PRT jest zapewnienie takiego sposobu sterowania ruchem pojazdu w rozjazdach, aby nie wymagał znacznego zmniejszenia prędkości jazdy oraz gwarantował szybkie przeprowadzenie manewru zmiany kierunku ruchu. Dla spełnienia tych warunków, wydaje się koniecznym przeniesienie zwrotnicy tradycyjnie związanej z torami (przewodnicą) do pojazdu. Takie rozwiązanie nie wymaga instalowania jakichkolwiek elementów ruchomych na torach (przewodnicach). Tory pozostają ciągle w tej samej konfiguracji bez względu na kierunek przejazdu kolejnych pojazdów. Tym samym tor jest zawsze gotowy na wjazd kolejnego pojazdu i nie jest konieczne oczekiwanie na zmianę jego konfiguracji po przejeździe pojazdu zmieniającego kierunek jazdy.

Na wydziale Transportu PW prowadzone są prace dotyczące modelowania nowoczesnych i niekonwencjonalnych środków transportu, w tym pojazdów systemu PRT (Personal Rapid Transit). W pierwszym etapie dokonano szerokiego przeglądu literatury i prac prowadzonych w tym zakresie. Obecnie prowadzone prace są na etapie modelowania dynamiki ruchu i analizy poszczególnych koncepcji konstrukcji, w tym rozwiązania przedstawione w tym referacie.

2. MODEL NOMINALNY

W trakcie prac szczególną uwagę zwrócono na elementy układu napędowo – jezdny, którego główną zaletą będzie możliwość przejazdu przez rozjazd, który nie posiada części ruchomych, a wybór kierunku jazdy podczas przejazdu przez rozjazd odbywa się poprzez specjalny

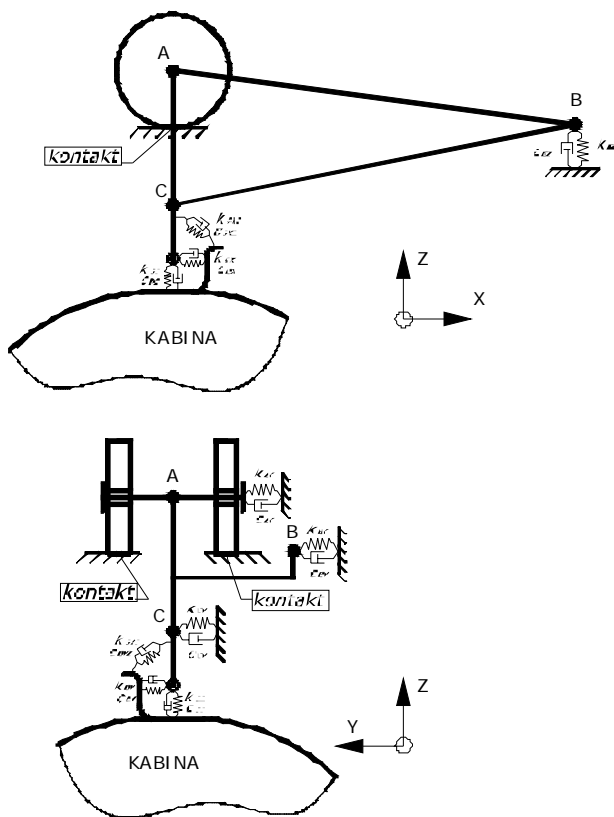
mechanizm zawarty w układzie jezdny pojazdu (w języku angielskim określono takie rozwiązanie terminem „passive switch”).



Rys. 1. Schemat rozwiązania konstrukcyjnego układu napędowo-jezdnego oraz schemat zamocowania kabiny pojazdu PRT do układu jezdny (wg zgłoszenia patentowego na wynalazek P383748 Choromański, Dobrzyński, Kowara)

Na rysunku 1 przedstawiono schemat opracowanego rozwiązania. Pojazd składa się z kabiny 1 podwieszanej poprzez urządzenie tłumienia drgań 2 do układu jezdnego 3 przemieszczającego się w zespolonej prowadnicy 4, w której znajduje się układ nieruchomych szyn jezdnych 5,6,7. Układ jezdnego 3 posiada trzywęzłowe prowadzenie A,B,C. Przy czym węzeł B położony jest w odległości L od linii geometrycznej łączącej punkty A,C, w kierunku osi OX przedstawionego układu współrzędnych. Wartość wielkości L jest stała i kształtuje się z przedziału od 0,1m do 5,0m, a wartość ta jest zależna od cech geometrycznych kabiny pojazdu. Wzajemne położenie węzłów A,B,C, które nie przemieszczają się wzajemnie względem siebie, jest ustalone przez geometrię układu jezdnego 3.

Do opisu działania układu jezdnego 3 wprowadzono lokalne współrzędne LUW jak na rysunku 1, przemieszczający się razem z układem jezdnym, którego oś X ustawiona jest w kierunku jazdy, a oś Y ustawiona jest w kierunku pionowym. Konstrukcja węzłów A,B,C jest symetryczna względem płaszczyzny XY . Przedstawione rozwiązanie jest przedmiotem zgłoszenia patentowego na wynalazek nr P383748, którego współtwórcami są autorzy tego referatu.



Rys. 2. Model dynamiczny pojazdu PRT z uwzględnieniem sztywnych szyn

W oparciu o schemat przedstawiony na rysunku 1 opracowano uproszczony model dynamiczny rozwiązania z uwzględnieniem sztywnych szyn. Model ten przedstawiono na rysunku 2. Z uwagi na ograniczony zakres pracy nie przedstawiono tabel z wartościami parametrów masowych i bezwładnościowych oraz wymiarów geometrycznych.

3. MODEL SYMULACYJNY

Przed przystąpieniem do budowy modelu symulacyjnego określono jednoznacznie układ jednostek. Położenie i orientację modelu względem inercjalnego układu $OXYZ$, związanego z podłożem ustalono następująco:

- oś X skierowana jest wzdłuż odcinka rozbiegowego toru;
- oś Z skierowana jest w górę;
- oś Y uzupełnia układ osi do układu prawoskrętnego.

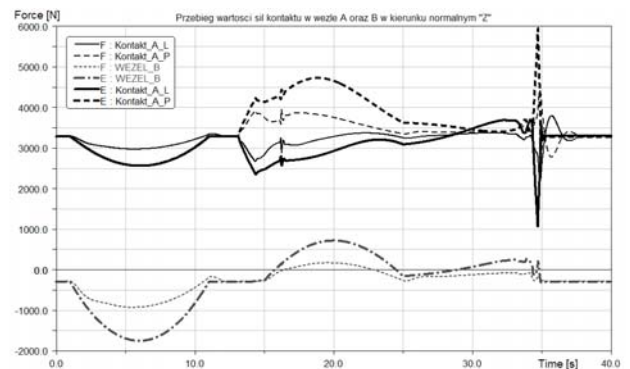
Układy wieloczłonowe charakteryzują się dużym stopniem skomplikowania (Arczewski i Bajer, 2005). Najważniejsze cechy prezentowanego modelu, które decydują o stopniu trudności modelowania i analizy to:

- model członów – sztywne;
- liczba stopni swobody – 18;
- liczba członów – 6;
- topologia układu – otwarty;
- charakter ruchu – przestrzenny.

Ponadto w modelu zbudowano tor, którego geometria została opisana szczegółowo w pracy (Choromański i inni, 2007) Połączenie podatne w zawieszeniu kabiny z układem jezdnym zamodelowano poprzez opisanie wartości sprężystości i tłumienia w sześciu współrzędnych (3 przesunięcia, 3 obroty).

4. WYBRANE WYNIKI SYMULACJI

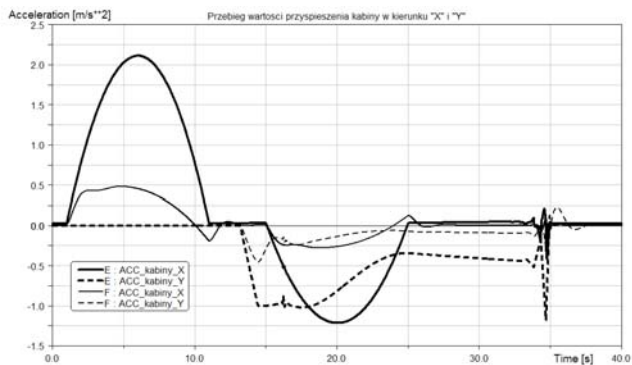
Badania symulacyjne wykonano w środowisku Adams 2005 R2, przy wykorzystaniu modułu podstawowego Adams/View oraz modułów powiązanych Adams/Solver i Adams/Postprocesor.



Rys. 3. Przykładowe wyniki symulacji

Przedstawione wyniki otrzymano przy kroku tablicowania 0,01s oraz wykorzystaniu metody całkowania o zmiennym kroku całkowania. Jako przejazd nominalny przyjęto symulację z wymuszeniem kinematycznym powodowanym geometrią toru przy założonym profilu prędkości, który uwzględniał rozpędzenie, jazdę ze stałą prędkością, zmniejszenie prędkości i ponownie jazdę ze stałą prędkością.

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wyniki symulacji dla modeli: E – bez amortyzacji kabiny, F – z amortyzacją kabiny.



Rys. 4. Przykładowe wyniki symulacji

5. WNIOSKI

W pracy zaprezentowano wykorzystanie technik MBS do modelowania pojazdu Personal Rapid Transit. Opisany w pracy model jest silnie sparametryzowany i pozwala na dalsze badania. Skupione one będą między innymi na analizie wrażliwości wybranych cech dynamicznych na zmiany parametrów.

LITERATURA

1. **Arczewski K., Blajer W.** (2005), *Dynamika układów wieloczłonowych, tom II pracy: Mechanika Techniczna*, Komitet Mechaniki PAN, Warszawa.
2. **Choromański W. i inni** (2007), *Sprawozdanie z Grantu JM Rektora Politechniki Warszawskiej nt.: Modelowania Transportu Personal Rapid Transit*, Politechnika Warszawska, Warszawa.

APPLICATION MBS TECHNIQUE TO TESTS AND SIMULATIONS OF RAPID TRANSIT VEHICLES

Abstract: The paper are focused on issue concerning the dynamics of PRT vehicles. The MBS method is applied for analysis of the vehicle. The selected results are presented.