

TOMASZ NABAGŁO*

MODELOWANIE I SYMULACJA POJAZDU GAŚNIENICOWEGO W PROGRAMIE MSC.ADAMS

TRACKED VEHICLE MODELING AND SIMULATION IN MSC.ADAMS PROGRAM

Streszczenie

Artykuł przedstawia przegląd metod budowy modeli pojazdów gąsienicowych w programie MSC.ADAMS. Opisane są tutaj ich wady i zalety. Ostatecznie autor wybrał metodę odzwierciedlającą wiernie geometrie wybranych brył elementów zawieszenia. Na podstawie tej metody opisana jest budowa modelu pojazdu gąsienicowego, a następnie przedstawiony jest fragment wyników symulacji na tymże modelu.

Słowa kluczowe: model pojazd gąsienicowy

Abstract

The paper summarizes the methods of tracked vehicles model construction in MSC.ADAMS program. Advantages and faults of these methods are described here. Finally, the author describes a one chosen method, which was constructed with exact elements geometry of the chosen real suspension parts. Basis on this method, a construction of the tracked vehicle model is described. Next, a part of the tracked vehicle simulation results is shown.

Keywords: tracked vehicle model

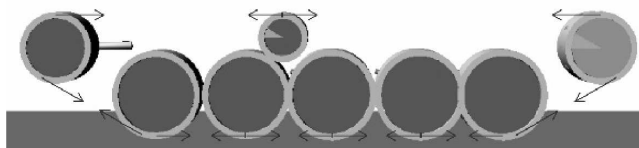
* Dr inż. Tomasz Nabagło, Instytut Informatyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Pojazdy gašenicowe są przeznaczone do jazdy w trudnym i nieregulowanym terenie. Mog to by zarówno pojazdy cywilne stosowane do cięzkich prac, jak i wojskowe, uŹywane na polu walki. Przy zastosowaniu programów modelowania i symulacji dynamiki obiektów, gwne trudnošci z ich modelowaniem związane są z wieloczłonowym mechanizmem gašienicy. Podczas modelowania autor musi podjc decyzj, czy uprošci swój model, skracając tym samym czas symulacji i obniŹajc stopieñ odzwierciedlenia rzeczywistošci. MoŹe on równieŹ zwikszyc precyzj odzwierciedlenia obiektu rzeczywistego, co jednak pociąga za sobą wydłuŹenie czasu symulacji.

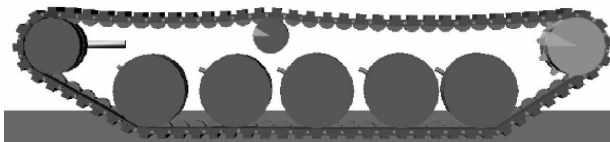
2. Analiza rozwiązań

W technikach modelowania pojazdów gašenicowych znane są różnorodne uprošczenia konstrukcji modelu. Uprošczenia te dotyczą równieŹ zespołu kół i gašienicy. Stosuje się tutaj koła o zwiększonej promieniu, po wyeliminowaniu elementu gašienicy. Jest to model zastosowany w module MSC.ADAMS Tracked Vehicle Toolkit (ATV) będącym rozszerzeniem pakietu MSC.ADAMS. Uprošczenie to okrešlane jest dalej „strunowym modelem gašienicy” (ang. *string track model*), a zilustrowane jest na rysunku 1.



Rys. 1. Strunowy model gašienicy [2]
Fig. 1. String track model [2]

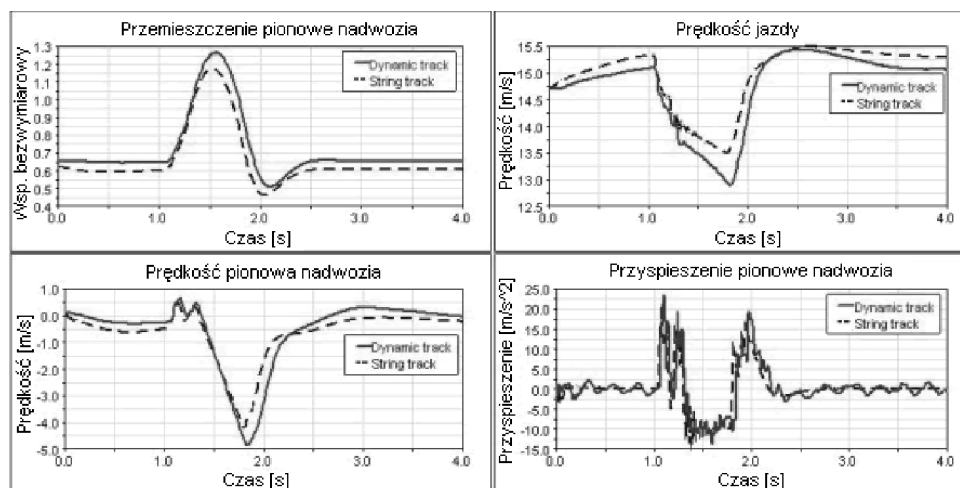
Uprošczenie, o którym mowa powyŹej, zdecydowanie skraca czas symulacji ze względu na wyeliminowanie wieloczłonowego mechanizmu gašienicy. MoŹe ono jednak dawac niedokładne wyniki w przypadku twardej nawierzchni o drobnych nierównošciach, gdzie waŹne jest jak najwirniejsze odwzorowanie powierzchni stycznych gašienicy z nawierzchni drogi [4, 5]. Moduł ATV umoŹliwia równieŹ generowanie modelu pojazdu z wieloczłonowym modelem gašienicy. Model ten dalej okrešlany jest mianem „dynamicznego modelu gašienicy” (ang. *dynamic track model*), (rys. 2).



Rys. 2. Dynamiczny model gašienicy[2]
Fig. 2. Dynamic track model [2]

Więzy pomiędzy kołami a członami gašienicy oraz pomiędzy członami a nawierzchni są więzami typu kontakt. W przypadku modelu generowanego za pomocą modułu ATV

człony gąsienicy mają uproszczony kształt. Jest to związane z zastosowanymi przez autorów modułu ułatwieniami budowy modelu, oferowanymi przez moduł ATV. Jak widać na rysunku 3, rozbieżności między wynikami symulacji na modelu pojazdu ze strunowym modelem gąsienicy i wynikami z dynamicznym modelem gąsienicy nie są bardzo znaczące.



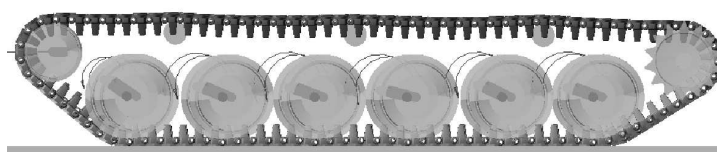
Rys. 3. Porównanie wyników symulacji modelu dynamicznego i strunowego gąsienicy [2]

Fig. 3. Comparison of simulation results for dynamic and string track [2]

Jednakże, jeżeli bardzo istotna jest duża zbieżność wyników symulacji z wynikami pomiarów na rzeczywistym pojeździe, to należy zastosować rzeczywistą geometrię wybranych brył zawieszenia pojazdu gąsienicowego.

3. Budowa modelu pojazdu gąsienicowego

Autor proponuje rozwiązanie z zastosowaniem ogniwi gąsienicy odzwierciedlających kształt rzeczywistego ogniwa.



Rys. 4. Model zawieszenia pojazdu gąsienicowego oparty na rzeczywistej geometrii brył ogniwi gąsienicy i kół

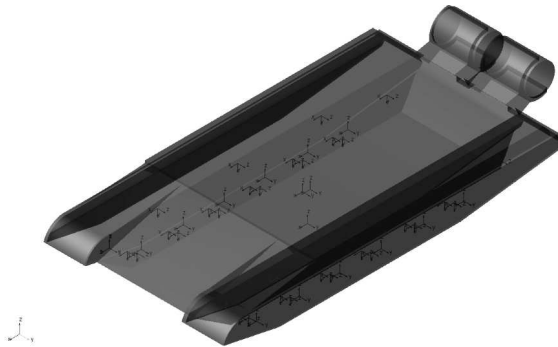
Fig. 4. Tracked vehicle suspension model based on real geometry of track segments and wheels

Również niektóre elementy, takie jak koła jezdne, koła napędowe i koła napinacza są oparte na rzeczywistych geometriach tychże elementów pojazdu (rys. 4). Każdy element pojazdu charakteryzują wielkości w postaci masy i momentów bezwładności [1, 3]. W celu

skrócenia czasu obliczeń symulacyjnych przyjęto uproszczoną geometrię wybranych elementów, takich jak wahacze, wałki skrętne, itd. W przypadku więzów typu kontakt (pomiędzy dwoma bryłami sztywnymi) zastosowano geometrię ww. brył elementów zgodną z ich geometrią w rzeczywistym pojeździe. Ze względu na więzy typu kontakt, oryginalną geometrię elementów rzeczywistego pojazdu zachowano dla elementów typu: ogniwa gaśienicy, koło napędowe. W trakcie budowy modelu pojazdu gaśienicowego, w celu ułatwienia jego konstrukcji, można wyróżnić kilka grup elementów.

3.1. Wyróżnienie grup elementów konstrukcyjnych

Model pojazdu gaśienicowego zbudowany jest z elementów, które możemy podzielić na pięć grup podzespołów przedstawionych na rysunkach od 5 do 7. Na rysunku 5 przedstawiony jest moduł kadłuba pojazdu oparty na geometrii zewnętrznej rzeczywistego kadłuba pojazdu oraz jego masie i momentach bezwładności.

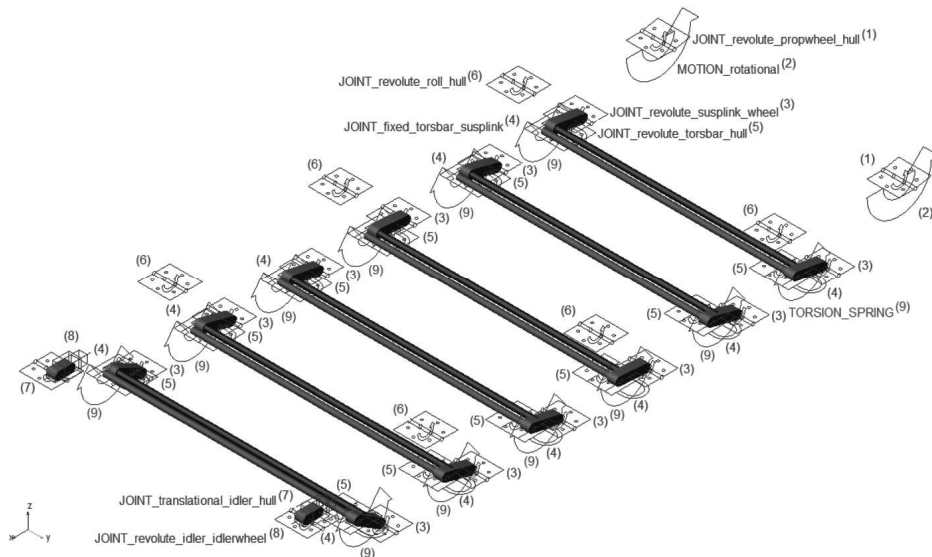


Rys. 5. Kadłub pojazdu
Fig. 5. Vehicle hull

Kolejną grupę tworzą elementy zawieszenia nadwozia względem kół jezdnych (rys. 6). Oparte jest ono na wałkach skrętnych. W skład pojedynczego, powtarzalnego zawieszenia koła jezdnych wchodzi element wałka skrętnego, wahacz na sztywno połączony z elementem wałka skrętnego. Siły działające na wałkach skrętnych lub sprężynach spiralnych zamodelowane są przez elementy sprężyn skrętnych (od TORSION_SPRING_1.sforce do TORSION_SPRING_12.sforce). W tym konkretnym modelu tłumiki oraz odbojniki zamontowane zostały na osiach 1, 2 i 6, licząc od przodu pojazdu. Przed pierwszą osią kół jezdnych znajduje się układ zawieszenia kół napinających gaśienicy. Napinacze ustawione są na sztywno w określonej pozycji (rys. 6). Za ostatnią osią jezdnych natomiast znajdują się więzy obrotowe kół napędowych wraz z ich wymuszeniem kinematycznym. Więzy obrotowe występują zarówno w połączeniach wałków skrętnych z kadłubem, jak i wahaczy z kołami jezdnymi. Występują również przy połączeniu kadłuba z kołami napędowymi i napinaczy z kołami napinającymi.

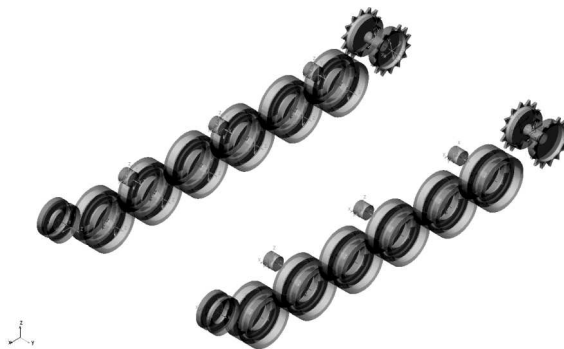
Jak powiedziano wcześniej, geometria kół napędowych dokładnie odwzorowuje geometrię koła napędowego rzeczywistego pojazdu. Odwzorowanie geometrii pozostałych kół jest już przybliżone, jednakże należy zaznaczyć, że ze względu na szczegóły wymiarowania przybliżenie jest duże (patrz rys. 7). Kolejnym elementem są gaśienice (rys. 8). Geometria pojedynczego ogniwa oparta jest na geometrii rzeczywistego ogniwa gaśienicy.

Rozmieszczenie i połączenie poszczególnych ogniw łańcucha oraz utworzenie więzów pomiędzy łańcuchem a kołami oraz łańcuchem a nawierzchnią drogi zostało zrealizowane za pomocą autorskiego programu narzędziowego.



Rys. 6. Zawieszenie pojazdu oparte na wałkach skrętnych: 1 – połączenie obrotowe (koło napędowe-kadłub), 2 – wymuszenie obrotowe, 3 – połączenie obrotowe (wahacz-koło), 4 – połączenie sztywne (wałek skrętny-wahacz), 5 – połączenie obrotowe (wałek skrętny-kadłub), 6 – połączenie obrotowe (rolka podtrzymująca-kadłub), 7 – połączenie postępowe (napinacz-koło napinacza), 8 – połączenie obrotowe (napinacz-koło napinacza), 9 – sprężyna skrętna

Fig. 6. Suspension system based on torsion bars: 1 – rotational joint (propulsion wheel-hull), 2 – rotational motion, 3 – rotational joint (suspension arm-wheel), 4 – fixed joint (torsion bar-suspension arm), 5 – rotational joint (torsion bar-hull), 6 – rotational joint (support roll-hull), 7 – translational joint (idler-hull), 8 – rotational joint (idler-idler wheel), 9 – torsion spring



Rys. 7. Zestaw kół pojazdu
Fig. 7. Wheel set

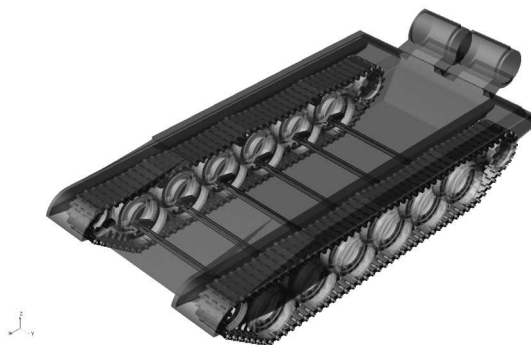


Rys. 8. Zestaw asienic
Fig. 8. Tracks set

Ostatnim elementem modelu jest nawierzchnia drogi, po ktorej porusza si  pojazd. Umieszczona jest na niej poprzeczna przeszkoda majaca kontakt z praw  asienic  pojazdu. Jest to belka o wysoko ci 17 cm, szeroko ci 20 cm i d ugo ci 2 m.

3.2. Pe ny model pojazdu

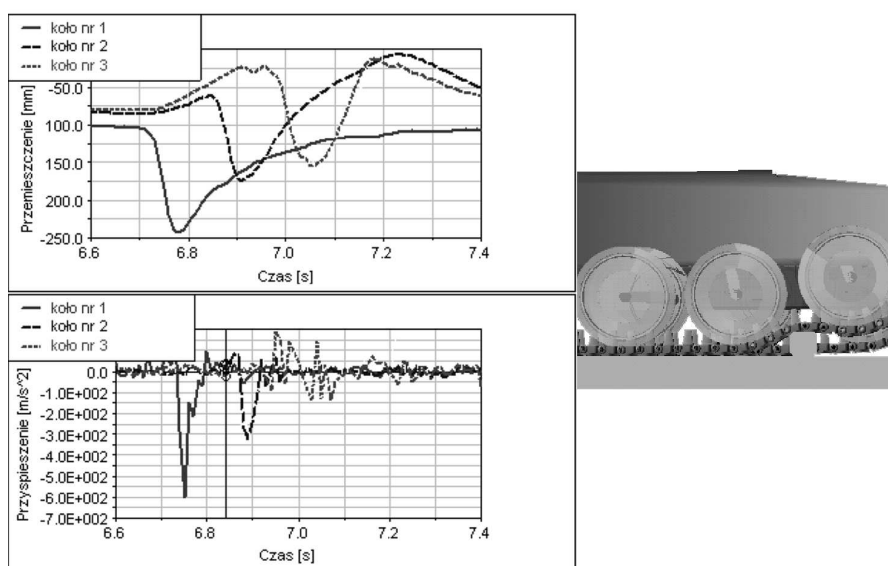
Ca y model pojazdu asienicowego przedstawiony jest na rysunku 9. Parametry modelu, ktore zostaly pomierzone na rzeczywistym obiekcie to masa i momenty bezw adno ci kad luba pojazdu, kola napinacza asienicy, z ebatego kola nap edowego oraz ogniwa asienicy. Masy i momenty bezw adno ci pozosta ych element ow s  obliczane automatycznie na podstawie geometrii bry ow tych e element ow przy za o eniu, e s  to elementy stalowe. G esto  dla stali przy eto: 7801 kg/m^3 . Przy eto jednakowe parametry elastokinematyczne dla wszystkich wa k ow sk r onych zawieszania nadwozia wzgl dem k   jezdnych. Wsp czynnik sztywno ci sk r onej wa ka sk r onego obliczono na podstawie charakterystyki sztywno ci rzeczywistego wa ka sk r onego. Przy eto obci zenie wstepne momentem si  zgodne z danymi zawartymi w dokumentacji technicznej pojazdu. Odchylenie k towe wahacza od osi poziomej przy obci eniu wstepnym momentem si y przy eto r wnie  zgodnie z danymi w dokumentacji. Modele t umik ow na osiach 1, 2 i 6 opieraj  si  na nieliniowej charakterystyce t umienia.



Rys. 9. Pe ny model pojazdu asienicowego
Fig. 9. The full model of tracked vehicle

4. Symulacja dynamiki pojazdu

Symulację przeprowadzono przy prędkości 22 km/h, a wyniki przedstawiono dla przejazdu kół prawych przez przeszkodę w postaci belki prostokątnej opisanej na końcu podrozdziału 3.1 Jej wyniki są dostępne w trybie wizualizacyjnym (rys. 9).



Rys. 10. Wyniki symulacji
Fig. 10. Simulation results

5. Wnioski

Na podstawie przebiegu konstrukcji i symulacji stwierdzano wiele zalet precyzyjnego konstruowania modelu w module ADAMS/View, bez zastosowania modułu ATV. Zastosowanie tutaj autorskiego programu narzędziowego do konstrukcji modelu gąsienicy pozwala znacznie uelastyczyć proces jego budowy i poprawić precyzję odwzorowania rzeczywistości. W przypadku takich obiektów jak pojazdy gąsienicowe precyzja odwzorowania określonych elementów (koła, ogniwa gąsienicy), ze względu na więzy typu kontakt, jest niezmiernie istotna. Jakikolwiek uproszczenia mogą przyspieszyć proces modelowania i symulacji, lecz mogą odbić się znacząco na dokładności jej wyników.

Literatura

- [1] ADAMS-ver. 2010, Help Documentation (ADAMS/View, Solver), MSC.Software 2010.
- [2] Skovbjerg H., *Track Models in ATV* (www.mscsoftware.se/solutions/toolkits/atv/track_models.htm) z dnia 1.03.2011.

- [3] Wojtyra M., Frączek J., *Metoda układów wieloczłonowych w dynamicie mechanizmów*, OWPW, Warszawa 2007.
- [4] Assani D.N., Bryzik W., et. al., *Modeling and Simulation of an M1 Abrams Tank with Advanced Track Dynamics and Integrated Virtual Diesel Engine*, Mech. Struct. & Mach., 27(4), 1999, 453-505.
- [5] Ryu H.S., Bae D.S., et. al., *A compliant track link model for high-speed, high-mobility tracked vehicles*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, No.48, 2000, 1481-1502.