

# Modelowanie i symulacja ruchu robota bojowego z zastosowaniem zaawansowanego oprogramowania CAE – MD ADAMS

MACIEJ CADER, MACIEJ T. TROJNACKI,  
KATARZYNA BŁASZCZYKIEWICZ\*

W procesie projektowania robotów mobilnych, podobnie jak w przypadku każdego zaawansowanego produktu, bardzo istotne jest wykonywanie testów, badań i symulacji mających na celu przede wszystkim jego optymalizację oraz walidację. W Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów w Warszawie do tego celu używa się m.in. zaawansowanego oprogramowania CAE – MD ADAMS, które korzysta z metody układów wieloczłonowych [3].

Oprogramowanie MD ADAMS – przy współpracy z oprogramowaniem ProEngineer, służącym do projektowania – pozwala na kompletną analizę i symulację wirtualnych prototypów robotów mobilnych. Analizy tego typu dostarczają kompletnej informacji o kinematyce i dynamice robotów [1]. Pozwalają również na rozwiązywanie zadań prostych i odwrotnych kinematyki i dynamiki oraz na przeprowadzanie eksperymentów, które w rzeczywistości byłyby czasochłonne lub nawet bardzo ryzykowne. Przykładem takiego eksperymentu jest test podnoszenia ładunku wybuchowego przez bojowego robota mobilnego produkcji PIAP (rys. 1). Całkowita masa



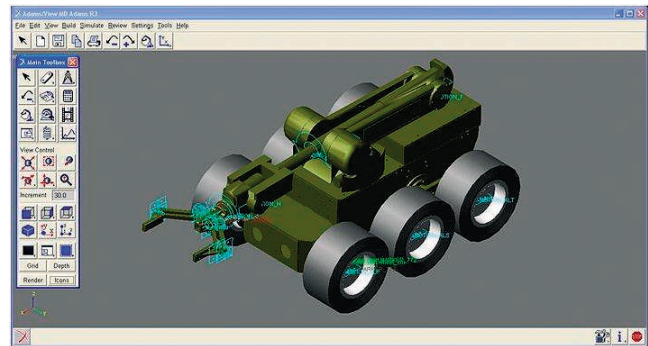
Rys. 1. Mobilny robot bojowy produkcji PIAP

robota wynosi 290 kg. Charakterystyczne wymiary: szerokość –  $780 \div 850$  mm (zależnie od zastosowanych opon), długość – 1300 mm, wysokość w stanie złożonym – 950 mm. Robot posiada manipulator złożony z trzech głównych części, tj.: podstawy, ramienia dolnego oraz ramienia górnego. Poszczególne części manipulatora mogą wykonywać obroty w zakresie, odpowiednio:  $400$  i  $220^\circ$ . Zakres obrotu nadgarstka –  $220^\circ$ , a zakres obrotu szczęk chwytaka jest nieograniczony. Zasięg i udźwig manipulatora to odpowiednio 3150 mm i 30 kg.

## Modelowanie i symulacja ruchu robota

Model robota został zaprojektowany w programie ProEngineer. Dzięki temu, oprócz dokładnej geometrii, znane są przybliżone parametry masowe poszczególnych członów, które zweryfikowano podczas eksperymentów laboratoryjnych. Model CAD robota zaimportowano do środowiska MD ADAMS, w którym wykonano symulację (rys. 2).

Podczas symulacji analizowano procedury podjazdu do ładunku, podniesienia oraz odjazdu z ładunkiem wybuchowym. Badano momenty napędowe robota oraz analizowano siły, jakie są potrzebne do podniesienia ładunku. Rozwiązywano na bieżąco zadanie odwrotne kinematyki dla manipulatora oraz analizowano momenty napędowe w poszczególnych jego parach kinematycznych.



Rys. 2. Model CAD robota bojowego w programie MD ADAMS

Symulacja podnoszenia ładunku została podzielona na trzy fazy: podjazdu do ładunku, uruchomienia manipulatora i podniesienia ładunku oraz odjazd na wyznaczone miejsce.

Po ustawieniu odpowiednich parametrów i wykonaniu symulacji otrzymano żądane wyniki. Są to charakterystyki oraz poklatkowe zdjęcia animacji ruchu robota. Film prezentujący animację ruchu robota można znaleźć pod adresem [4].

Otrzymano także charakterystykę momentu napędowego w odniesieniu do wszystkich sześciu kół robota. Charakterystyka ta była wygenerowana po przeprowadzeniu symulacji. Widoczne zerowanie momentu napędowego robota oznacza fazę drugą symulacji – manipulowanie przy ładunku.

Zbadano charakterystyki zmian współrzędnych wewnętrznych w manipulatorze – rozwiązanie zadania odwrotnej kinematyki. Przedstawiono także zmianę położenia środka ciężkości chwytaka wzdłuż osi  $x$  układu nieruchomego, czyli osi wyznaczającej kierunek ruchu robota.

Wykonano również poklatkowe zdjęcia stworzone na bazie animacji, które obrazują ruch robota podnoszącego założony ładunek.

## LITERATURA

1. M. CADER, M. TROJNACKI, K. BŁASZCZYKIEWICZ: Modelowanie i symulacja ruchu robota czteronożnego z zastosowaniem oprogramowania Matlab/Simulink i MD Adams. *Mechanik* 2/2010, s. 131, 136 (wersja autorska [www.procac.org.pl](http://www.procac.org.pl)).
2. M. TROJNACKI, P. SZYNKARCZYK, A. ANDRZEJUK: Tendencje rozwoju mobilnych robotów lądowych (1). Przegląd robotów mobilnych do zastosowań specjalnych. *Pomiary Automatyka Robotyka* 6/2008, s. 11 ÷ 14.
3. M. WOJTYRA, J. FRĄCZEK: Metoda układów wieloczłonowych w dynamice mechanizmów. Oficyna Wydawnicza PW Warszawa 2007.
4. <http://www.youtube.com/user/osmpiap>
5. [http://www.antyterrorizm.com/robo\\_bojowy.php](http://www.antyterrorizm.com/robo_bojowy.php)

\* Mgr inż. Maciej Cader, dr inż. Maciej T. Trojnecki – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, inż. Katarzyna Błaszczkiewicz – Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa