

**„Modelowanie ruchu robota kołowo–kroczącego w terenie z nierównościami”**

W pracy doktorskiej przedstawiono opracowaną metodykę modelowania ruchu hybrydowych robotów kołowo-kroczących w terenie z nierównościami. Roboty hybrydowe łączą dwa najpopularniejsze środki lokomocji jazdę oraz kroczenie. Postawione cele pracy przedstawione szczegółowo w rozdziale pierwszym zostały w pracy osiągnięte i zweryfikowane. W poszczególnych rozdziałach przedstawiono podstawy opracowanych metod syntezy i analizy, algorytmów sterowania napędami oraz badań symulacyjnych.

W pierwszej części pracy dokonano analizy wymaganych ruchów kół robota, aby mógł zrealizować podstawowe zadania stawiane przed układem sterowania – jazdę po terenie z nierównościami. Przyjęte rodzaje ruchów kół były punktem wyjścia do uzyskania struktury kończyn robota.

W kolejnym etapie pracy przedstawiono podstawę metody syntezy geometrycznej mechanizmu kończyny robota kołowo-kroczącego. Opisano zadania proste oraz odwrotne kinematyki mechanizmu kończyny robota. Podzielono zadania optymalizacji wymiarów mechanizmu kończyny uzyskując funkcję celu zależnej od jednego parametru. Użycie algorytmu genetycznego pozwoliło na uzyskanie mechanizmu kończyny robota kołowo-kroczącego spełniającego założenia projektowe.

Rozwiązanie zadania kinematyki w celu określenia prędkości oraz przyspieszeń członów mechanizmu kończyny zostało przedstawione w kolejnej części pracy. Podzielono mechanizm na szeregowo łańcuchy kinematyczne, a następnie rozwiązano zadanie kinematyki robota za pomocą opisu Denavita-Hartenberg’a. Określono wzajemne zależności prędkości oraz przyspieszeń zmiennych konfiguracyjnych kończyny robota kołowo-kroczącego w specjalnej formie macierzy Jacobiego. Wykonanie odpowiednio założonych symulacji ruchu robota pozwoliło określić możliwe prędkości ruchów koła, przy założonych ograniczeniach napędów.

Dalej praca przedstawia opracowany model dynamiczny kończyny robota kołowo-kroczącego. Przedstawiono budowę matematycznego modelu dynamicznego mechanizmu kończyny hybrydowego robota kołowo-kroczącego zależnego od zmiennych napędowych. Przy wykorzystaniu formalizmu Eulera-Lagrange’a przedstawiono budowę dynamicznego układu sterowania kończyny robota oraz przeprowadzono symulację ruchów robota.

W ostatnim etapie pracy przedstawiono opis przestrzennego modelu kinematyki robota. Opracowany model robota zawiera model podłoża oraz kół w postaci gładkich powierzchni parametrycznych oraz ich model styku. Zdefiniowany model robota i wyprowadzone zależności pozwoliły na wykonanie porównawczych badań symulacyjnych ruchu robota w terenie z nierównościami. Wyniki symulacji zamieszczono w pracy.

Pracę kończy podsumowanie zawierające wnioski i wskazanie kierunku dalszych badań.

Mgr inż. Przemysław Sperzyński

Summary of the doctoral dissertation

**"Modelling the motion of a wheeled-legged robot on uneven terrain"**

The doctoral thesis presents the developed methodology for modeling the motion of hybrid wheeled-legged robots on uneven terrain. Hybrid robots combine the two most popular means of transport – driving and walking. The set goals of the work presented in detail in the first chapter have been achieved and verified in the dissertation. The individual chapters present the basics of the developed synthesis and analysis methods, drive control algorithms and simulation tests.

In the first part of the work, an analysis of the required movements of the robot's wheels was made so that it could perform the basic tasks set for the control system - driving on uneven terrain. The adopted types of wheel motions were the starting point for obtaining the structure of the robot's limbs.

In the next stage of the work, the basis of the method of geometric synthesis of the mechanism of the limb of a wheeled-walking robot was presented. Simple and inverse kinematic tasks of the robot's limb mechanism are described. The tasks of optimizing the dimensions of the limb mechanism were divided, obtaining an objective function dependent on one parameter. The use of a genetic algorithm made it possible to obtain a limb mechanism of a wheeled-legged robot that meets the design assumptions.

The solution of the kinematics task to determine the velocities and accelerations of the limb mechanism members is presented in the next part of the work. The mechanism was divided into serial kinematic chains, and then the robot kinematics task was solved using the Denavit-Hartenberg description. The interrelations between the velocities and accelerations of the configuration variables of the wheeled-legged robot's limb were determined in a special form of the Jacobi matrix. Performing appropriately assumed simulations of the robot's motion made it possible to determine the possible speeds of the wheel's movements, with the assumed drive constraints.

Further, the work presents the developed dynamic model of the limb of a wheeled-legged robot. The construction of a mathematical model of a dynamic limb mechanism of a hybrid wheeled-walking robot dependent on drive variables has been presented. Using the Euler-Lagrange formalism, the construction of the dynamic control system of the robot's limb was presented and the robot's movements were simulated.

In the last section of the work, a description of the spatial model of robot kinematics is presented. The developed model of the robot includes a model of the ground and wheels in the form of smooth parametric surfaces and their contact model. The defined model of the robot and the derived dependencies made it possible to perform comparative simulation studies of the robot's motion in uneven terrain. The results of the simulation are included in the paper.

The work ends with a summary containing conclusions and an indication of the direction of further research.