

Opis techniczny projektu łazika kosmicznego BekkerTruck

Technical description of the project space rover BekkerTruck

MATEUSZ BODYCH
DOMINIK RODAK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.12.557

Koło Naukowe BekkerTeam buduje łazik kosmiczny, aby wystartować w zawodach European Rover Challenge. Praca w kole ma dużą wartość naukową z zakresu konstrukcji maszyn, terramechaniki i mechatroniki pojazdów. Niektóre mechanizmy łazika są niestandardowe na tle innych konstrukcji tego typu. Szczególnym przykładem jest innowacyjne zawieszenie zaprojektowane przez autorów referatu. BekkerTruck powstaje przy użyciu urządzeń CNC i drukarek 3D stworzonych przez członków koła. Pojazd oraz jego składowe będą wykorzystane jako stanowiska laboratoryjne na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej.

SŁOWA KLUCZOWE: łazik kosmiczny, konstrukcja maszyn, terramechanika

The Science Club 'BekkerTeam' builds a space rover to take part in the competition 'European Rover Challenge'. This project has got a high scientific value of the range construction machinery, terramechanics and mechatronics of vehicles. A few mechanisms of this space rover are unique. A specific example of that is an innovative suspension, which was projected by authors of this article. Some parts of the Space rover, called BekkerTruck, were made by CNC machine and 3D printer, created by members of the Science Club. The vehicle and its parts will be tested in laboratories at the Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering at Warsaw University of Technology.

KEYWORDS: space rover, constructionmachinery, terramechanics

W obecnych czasach ludzkość coraz śmielej patrzy w kierunku eksploracji sąsiadujących planet. Najbardziej atrakcyjną pod względem przyszłej kolonizacji przez człowieka jest Mars. Jednakże zanim dojdzie do ludzkiej ekspedycji na Czerwoną Planetę, należy zdobyć o niej jak najwięcej informacji. Zachodzi więc potrzeba skonstruowania autonomicznych pojazdów, mogących się przemieszczać po powierzchni Marsa, zbierających próbki i wykonujących różne zadania.

Celem pracy Koła Naukowego BekkerTeam jest projekt i budowa łazika kosmicznego BekkerTruck zgodnie z wytycznymi konkursu European Rover Challenge [1]. Pojazdy skonstruowane przez studentów rywalizują na specjalnie przygotowanym torze. Łaziki biorą udział w pięciu różnych konkurencjach, takich jak: pobranie próbki gleby z głębokości 15 cm, osiągnięcie przez pojazd trzech zadanych współrzędnych z utrzymaniem tolerancji 10 m, wciśnięcie przy pomocy manipulatora przycisków w konkursowym urządzeniu, skuteczny pomiar napięcia oraz dostarczenie części o nieznanym wcześniej gabarytach do określonego miejsca na terenie stanowiska konkursowego. Regulamin konkursu wymaga, aby masa łazika nie przekraczała 50 kg,

z czego maksymalnie 20 kg może być spożytkowane na źródło energii. Pojazd musi być zdalnie sterowany, jednakże jest możliwe, aby był autonomiczny przy wykonywaniu pewnych zadań. Jego prędkość maksymalna nie może przekraczać 3 km/h.

Pierwszym krokiem przy tworzeniu nowego projektu był przegląd istniejących rozwiązań. Potentatem w projektowaniu i produkcji takich pojazdów jest NASA. Jej łazik „Curiosity” obecnie jest na Marsie i z powodzeniem przekazuje informacje na Ziemię. Amerykański łazik ma 3 m długości, 2,7 m szerokości i 2,2 m wysokości (do szczytu masztu) oraz masę wynoszącą 899 kg. Zawieszenie „Curiosity” zostało zaprojektowane, aby spełniać dwie funkcje. Pierwsza to przeniesienie sił i prowadzenie kół podczas jazdy. Druga, mniej oczywista, to amortyzacja i przeniesienie sił podczas lądowania na Marsie. „Curiosity” wyposażono w zawieszenie typu „rocker-bogie”. Jest to popularne rozwiązanie w takich konstrukcjach. Polega ono na połączeniu tylnych i środkowych kół wózkem (bogie), ten zaś jest połączony przez sworzeń z rockerem (nie ma odpowiedniego, polskiego tłumaczenia), który stanowi wspornik przedniego koła i jest połączony z ramą łazika. To, co odróżnia „Curiosity” od jego poprzedników, to drążek różnicowy, którym połączone są oba rockery. Dzięki temu wychylenie jednego rockera o dany kąt, powoduje wychylenie rockera z drugiej strony o ten sam kąt lecz o przeciwnym zwrocie. Taka konstrukcja uniemożliwia wspólny ruch rockerów w górę lub w dół, co gwarantuje, iż łazik nie oprze się przodem lub tyłem kadłuba o podłoże. Pozwala to także na zachowanie kontaktu z podłożem wszystkich kół, nawet podczas pokonywania przeszkód o wysokości koła. Koła mają 50 cm średnicy, są wykonane z aluminium i mają tytanowe szprychy. Każde z nich jest osobno napędzane. Co więcej, przednie i tylne koła mogą się obracać wokół pionowej osi. Pozwala to na zawracanie łazika w miejscu. Jedną z funkcji kół jest kopanie. Układ napędowy „Curiosity” jest nastawiony na wysoki moment obrotowy, a nie na prędkość, której maksymalna wartość na utwardzonym gruncie wynosi 4 cm/s.

Wzorowano się również na wielu konstrukcjach, które biorą udział w zawodach ERC. Konkursowe łaziki są zbliżone wagowo oraz gabarytowo, zazwyczaj największą różnicę stanowi sposób zawieszenia tych pojazdów. Można je podzielić głównie na dwa rodzaje: uproszczone rozwiązanie typu rocker-bogie (często tylko sam wózek) oraz zawieszenie każdego koła w sposób niezależny od pozostałych.

Po analizie innych konstrukcji i zgodnie z zasadami konkursowymi przyjęto wstępnie wymiary ramy 500 × 750 × 150 mm. Mimo tego, że na Marsie występuje niższe przyspieszenie grawitacyjne (3,70 m/s²), do obliczeń przyjęto wartość dla Ziemi (9,81 m/s²), gdyż w takich warunkach łazik będzie wykonywać zadania. Z tego powodu również zaniebano fakt amortyzacji pojazdu podczas lądowania.

Zaproponowano podział na cztery sekcje (przedstawione na rys. 1).

* Dr inż. Mateusz Bodych (m.bodych3@gmail.com), dr inż. Dominik Rodak (dominikrodak@wp.pl) – Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych



Rys.1. Podział na sekcje Koła Naukowego BekerTeam

Opis techniczny projektu łazika kosmicznego

Rama łazika (rys. 2) składa się z czterech odpowiednio dociętych ceowników aluminiowych, które wstępnie zespolono czterema połączeniami śrubowymi, składającymi się ze stalowego kątownika i ośmiu śrub M8x30.

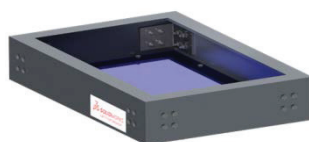
W przyszłości, po dobraniu całego osprzętu i ustaleniu wszystkich niezbędnych wymiarów, planowane jest wykonanie ramy spawanej. Całość ma zostać zabudowana panelami z przezroczystego tworzywa sztucznego – ze względów estetycznych oraz by zapobiec zakurzeniu się podzespołów.

Taka konstrukcja, mimo iż stosunkowo prosta, zapewnia bardzo wysoką wytrzymałość, bezproblemowy dostęp do osprzętu, łatwy montaż innych elementów oraz pewną podatność na różnego typu modyfikacje montowania osprzętu. Dużym plusem takiego rozwiązania jest jego niski koszt oraz mała masa, którą jeszcze można zredukować poprzez wycięcie odpowiednich otworów.

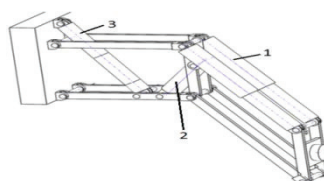
Łazik wyposażony jest w czteroprzegubowy, w pełni sterowany manipulator ramieniowy [2] z komponentów firmy CrustCrawler. Robotyczne ramię przedstawione na rys. 3 zostało zbudowane ze stopów lekkich i posiada siedem serw typu Dynamixel AX-12. Zestaw zawiera kontroler CM-530 oparty na mikrokontrolerze ARM CortexSTM-32F103RE. Kontroler funkcjonuje jako osobne urządzenie zasilane bateryjnie; komunikacja z komputerem odbywa się poprzez port mini USB. Maksymalny udźwig wynosi ok. 1,36 kg. Planuje się przedłużenie ramienia, mając na uwadze, że łazik ma za zadanie podnieść przedmiot ważący maksymalnie 300 g. Ponadto planuje się zmodyfikowanie mechanizmu chwytającego przez wyposażenie go w głowicę wiertarską. Warto nadmienić, że na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej powstało stanowisko laboratoryjne, które ma na celu badanie zakupionego manipulatora.

Zawieszenie łazika jest innowacyjną i autorską propozycją. Inspiracją stał się pająk chodzący po blacie biurka. Początkowo zastanawiano się nad rozwiązaniem, które pozwalałoby łazikowi chodzić. Rozważano wiele koncepcji, biorąc pod uwagę dopuszczalną masę oraz koszty budowy zawieszenia.

Na rys. 4 widać zaprojektowany układ S-leg (tak został nazwany). Został on wyposażony w cztery siłowniki elektryczne. Dwa „bliźniacze” siłowniki regulacji ustawienia pionowego o min. sile 236 N (1), siłownik podnoszenia koła o min. sile 993 N (2) oraz siłownik zmiany prześwitu i rozstawu kół o min. sile 1226 N (3). Gdy siłowniki nie zmieniają swojej długości, stają się elementami prętowymi, które utrzymują układ w równowadze i zapewniają mu wymaganą sztywność [3]. Zaproponowane rozwiązanie przebadano szczegółowo w pracy inżynierskiej pod względem wytrzymałości [4], kinematyki oraz dynamiki całego



Rys. 2. Zaproponowany model ramy



Rys. 4. Rzut aksonometryczny zawieszenia typu S-leg



Rys. 3. Manipulator z możliwością obracania się, ruchów góra-dół, lewo-prawo

układu przestrzennego. Prototyp zawieszenia wykonano ze stopów aluminium, elementy połączone za pomocą znormalizowanych sworzni o średnicy 6 mm, a także, aby cały mechanizm nie uległ zatarciu, użyto teflonowych tulei w przegubach. Zaproponowane siłowniki wstępnie dobrano z katalogu firmy Thomson Linear, jednak z racji ich wysokich kosztów Koło Naukowe BekerTeam zaprojektowało własne siłowniki elektryczne.

Korzystając z dziedziny nauki, jaką jest terramechanika, [5] zostało policzone, że dla przyjętego materiału o zerowej spójności, jakim jest suchy piasek, lepsze od gąsienicy jest koło. Sterowanie łazika rozwiązano w sposób burtowy. W tym celu w każdym z sześciu kół zamontowano silnik elektryczny. Aby określić zapotrzebowanie na moc, wzięto pod uwagę takie aspekty, jak opór toczenia, wzniesienia oraz skrętu [6]. Po dokonaniu obliczeń, analizie rynku i kosztów zakupiono sześć silników elektrycznych firmy Magma o mocy 250 W. Na pojeździe zostały zamontowane akumulatory o pojemności 9 Ah.

Podsumowanie

Koło Naukowe BekerTeam zrealizowało dotychczas projekt ramy, manipulatora oraz zawieszenia; zostały zakupione silniki elektryczne wraz ze sterownikami oraz niezbędne akumulatory. Obecnie trwają prace nad konstruowaniem specjalnej opony, zbudowanej na bazie plastra miodu. Ma ona być wykonana technologią druku 3D w taki sposób, aby była odkształcalna i pełniła funkcję elementu podatnego zawieszenia. Ponadto prowadzone są prace w zakresie wykorzystania czujników odległości oraz kamer. Całość sterowania jest realizowana w środowisku Arduino i pozwala na pełną kontrolę nad pojazdem. Ponadto takie rozwiązanie pozwala wprowadzić autonomię poszczególnych czynności.

Koło Naukowe BekerTeam podchodzi do tematu budowy łazika BekerTruck głównie w sposób naukowy, wiele osób realizuje tematy swoich prac przejściowych oraz dyplomowych. Tworzone są elementy innowacyjne, pozwalające przełamać utarte schematy, jednak z zachowaniem zdrowego rozsądku. Budowa łazika nie jest ostatecznym celem działalności koła – przewidziane jest prowadzenie profesjonalnych badań, pozwalających na wyciągnięcie interesujących wniosków i rozwój konstrukcji.

LITERATURA

1. <http://roverchallenge.eu/regulamin/> Regulamin zawodów European Rover Challenge (dostęp 26.09.2016 r.)
2. Morecki A., Knapczyk J. *Teoria i elementy manipulatorów i robotów*. Wyd. Nauk.-Techn. Warszawa 1993.
3. [Kurnik. W. *Wykłady z mechaniki ogólnej*. OWPW. Warszawa 2005.
4. Pietrzakowski M. *Wytrzymałość materiałów*. PW. Warszawa 2011.
5. Bekker. M. *Off-Road locomotion, research and development in terramechanics*. The University of Michigan Press. Ann Arbor 1960.
6. Wykład (materiały dydaktyczne) *Maszyny robocze* prof. dr hab. inż. Jan Maciejewski.