

KATEDRA MECHANIKI I INŻYNIERII OBLICZENIOWEJ Wydział mechaniczny technologiczny politechnika śląska

Studencka Konferencja Naukowa

METODY Komputerowe 2020





Gliwice 2020

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechnika Śląska

Studencka Konferencja Naukowa

"METODY KOMPUTEROWE – 2020"

Gliwice, wrzesień 2020 r.

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej

Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechnika Śląska ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice tel.: 32 237 12 04, fax: 32 237 12 82

Komitet Naukowy:

Prof. dr hab. inż. Ewa Majchrzak Prof. dr hab. inż. Antoni John Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński Dr hab. inż. Witold Beluch, Prof. PŚ Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Dziatkiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Kokot, Prof. PŚ Dr hab. inż. Wacław Kuś, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jerzy Mendakiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Marek Paruch, Prof. PŚ Dr hab. inż. Alicja Piasecka-Belkhayat, Prof. PŚ Dr hab. inż. Arkadiusz Poteralski, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ Dr hab. inż. Mirosław Szczepanik, Prof. PŚ

Komitet Organizacyjny:

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński Dr hab. inż. Adam Długosz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Grzegorz Dziatkiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ Dr inż. Waldemar Mucha Dr inż. Witold Ogierman Mgr inż. Mateusz Holek Mgr inż. Natalia Molęda Mgr inż. Olaf Popczyk Mgr inż. Tomasz Schlieter Mgr inż. Anna Skorupa Mgr inż. Mikołaj Stryczyński Inż. Barbara Ciszyńska Jakub Podgórski Inż. Mateusz Kita

Komitet Redakcyjny:

Dr hab. inż. Grzegorz Dziatkiewicz, Prof. PŚ Dr hab. inż. Jacek Ptaszny, Prof. PŚ

Wydanie zeszytów naukowych zostało sfinansowane przez MESco Sp. z o. o. w Bytomiu. Rysunek na okładce wykonała inż. Barbara Ciszyńska, Autorka artykułu na stronie 13. ISBN 978-83-951185-1-7 Artykuły opublikowano na podstawie oryginałów dostarczonych przez Autorów. Druk i oprawę wykonano w Wydawnictwie Politechniki Śląskiej. Nakład 100 egz. Druk ukończono we wrześniu 2020 r.

Wstęp

Zeszyt naukowy zawiera 42 artykuły prezentowane na czternastej Studenckiej Konferencji Naukowej "Metody Komputerowe", odbywającej się 24 września 2020 roku na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Konferencję zorganizowali studenci i pracownicy Katedry Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej Politechniki Śląskiej. Publikacje dotyczą zastosowania metod komputerowych w różnych dziedzinach techniki, takich jak:

- wspomaganie komputerowe prac inżynierskich,
- wytrzymałość materiałów,
- biomechanika,
- hydromechanika,
- termodynamika,
- robotyka,
- informatyka,
- optymalizacja,
- badania doświadczalne.

Dziękuję studentom za przygotowanie artykułów i prezentacji na konferencję, Komitetowi Naukowemu za troskę o poziom naukowy prac, Komitetowi Redakcyjnemu za przygotowanie zeszytu naukowego do druku i wersji elektronicznej materiałów konferencyjnych, a Komitetowi Organizacyjnemu za przygotowanie obrad konferencji.

Szczególne podziękowania za wsparcie finansowe organizacji konferencji składam przedstawicielom firmy MESco Sp. z o. o.

Duża liczba zgłoszonych artykułów świadczy o znacznej aktywności naukowej studentów i potrzebie organizacji tego rodzaju konferencji. Życzę studentom owocnych dyskusji w czasie konferencji. Mam nadzieję, że udział w niej będzie inspiracją do dalszych badań naukowych.

Opiekun Naukowy Studenckiego Koła Naukowego "Metod Komputerowych"

Prof. dr hab. inż. Piotr Fedeliński

Gliwice, wrzesień 2020 r.

A PROTOTYPE MOBILE PLATFORM OF ANALOG MARS EXPLORATION ROVER

WOJCIECH PYKA

Mechatronics, semester VI, undergraduate programme JAKUB BRĘCZEWSKI Automatics and Robotics, semester II, undergraduate programme Supervisors: Piotr Przystałka, PhD, DSc, Eng., Prof. at SUT, Wawrzyniec Panfil, PhD, Eng.

Abstract. This paper's aim is to present the process of modelling the analog mars exploration rover Phoenix II by introducing the project's assumptions, the overview of existing solutions, the material assortment and strength analyses. The paper ends with the results of the verification study including conclusions.



PROTOTYPOWA PLATFORMA MOBILNA ANALOGOWEGO EKSPLORACYJNEGO ŁAZIKA MARSJAŃSKIEGO

Streszczenie. Praca ma na celu prezentację procesu modelowania prototypu eksploracyjnego łazika marsjańskiego Phoenix II poprzez omówienie założeń projektowych, przeglądu rozwiązań, doboru materiałów, analiz wytrzymałościowych. Artykuł kończy studium badań weryfikacyjnych wraz z wnioskami.

1. Introduction

Phoenix II is an analog Mars rover built as a project in Application of Methods of Artificial Intelligence Student Research Group at the Silesian University of Technology. The rover was built with the intention to participate in international rover competitions, i.e. European Rover Challenge [1] or University Rover Challenge [2]. The idea of such competitions is to design and develop a new generation of Mars/Moon rovers. Such kinds of rovers are supposed to freely traverse demanding desert terrain, as an exploration platform they are equipped with manipulator and probe laboratory, giving access to remote analysis of objects and possibility of simple analysis of geological samples [3]. One of the most important subsystems of the rover is a mobile platform.

2. The solution overview

Bearing in mind the current state of art in this area, it can be noted that quite new design solutions are elaborated, guaranteeing a very high level of mobility of the platform [4]. However, many of the solutions are still based on the well-known rocker-bogie suspension system [5], [6]. It can be seen as the variations of the original one. The idea of a rocker-bogie

suspension is based on connection of the rocker part of frame with the main rover's body. At one end of the rocker a wheel is attached, while on the other end, the bogie is mounted on a joint. Bogie is a frame with two wheels mounted, with possibility of free one-axis rotation in regard to rocker. Two sides of the suspension are connected through a pitch averaging mechanism, which provides fine balance. Rocker-bogie is a six wheeled chassis capable of traversing rough terrain using an efficient high degree of mobility suspension system (Fig. 1). Improving the performance of a simpler four wheel rover has also been explored [4]. Rockerbogie type construction provides approximately equal pressure on each wheel, while keeping all the wheels on the ground even on uneven surfaces. This creates superb traction and maneuverability. However, one of the major disadvantages is the rotation of the mechanism regardless the conditions. Providing an individual motor to every single wheel causes arise in costs and complexity of the design.





- a) HAL-062 reverse rocker-bogie rover [5]
 a) Łazik HAL-062 o podwoziu rocker-bogie typu odwróconego [5]
- b) Curiosity rocker-bogie rover by NASA [6]b) Podwozie rocker-bogie łazika Curiosity

opracowane przez NASA [6]

Fig. 1 Examples of different configurations of rocker-bogie Martian Rovers Rys. 1 Przykłady różnych konfiguracji łazików marsjańskich typu rocker-bogie

3. The project assumptions and the material assortment

The Phoenix II rover's chassis was designed to create a durable and stable construction, which would be lightweight and modular at the same time. Since all the conditions set are tough to achieve, certain compromises had to be made. The solution fulfilling all of the key-driving conditions was a rocker-bogie type chassis. The variation of reversed rocker-bogie including pitch averaging mechanism [4] was chosen due to its fine load distribution, as analytical models have shown [8]. The construction is modular – welding has been avoided in order to enable an easy exchange of i.e. aluminum profiles. The main body was built from universal aluminum profiles, enabling rapid assembly and disassembly of modules, perfectly fitting into the idea of the European Rover Challenge competition, demanding the use of various modules for specific tasks. The frame of the chassis has been built from 6005-A aluminum alloy due to vast availability of semi-finished products and satisfactory durability of this particular alloy. Fused Deposition Modeling (FDM) 3D printing technology was used to create dozens of elements – both the ones carrying load (i.e. cycloidal gearboxes) and the ones almost completely unloaded (i.e. spacers).



Fig. 2 The Phoenix II rover during the ERC 2019 contest Rys. 2 Łazik Phoenix II podczas zawodów ERC 2019

4. Strength analysis

The entire construction was carefully analyzed using Finite Element Method (FEM) [7], giving deep insight into the state of load and deformations, and at the same time giving a possibility to cut out spare material under little or no load. However, FEM analyses were backed by dynamic simulations of the rover and analytical models [8] – complex static calculations and basic dynamic computations. Not only did the usage of FEM allow confirmation of basic analytical mechanical models, but also made it possible to locate unexpected stress concentration areas is the complex model of the entire chassis. As shown in Fig. 3, the most critical load situation shown in dynamic simulations in CoppeliaSim [9] was regarded, including heavy dynamic overload and reaction forces while turning. This particular overload simulation was regarded when it comes to the mechanical design. Furthermore, the load state was backed by security factor k=2.



- a) Von Mises stress distribution
- a) Rozkład naprężeń Von Mises'a
- b) Displacement distribution
- b) Rozkład przemieszczeń
- Fig. 3 FEM analysis of the chassis' main frame for the critical dynamic load situation Rys. 3 Wyniki analizy MES ramy podwozia dla sytuacji krytycznego obciążenia dynamicznego

The FEM analysis (Fig. 3) faces test results well except for the bogic mount, where a deformation occurred due to minimization of the security factor, resulting from strict mass limits the team had to fulfill. It may be concluded that the construction presented in Fig. 2 and Fig. 3 is far from the optimal load carriage. It is the result of the usage of standard off-the-shelf components, as well as the modular concept of designing the chassis, resulting in simple implementation of improved parts.

5. Verification study and conclusions

When it comes to the comparison of the accurate digital model and real chassis, three major issues occurred during tests and competition. First of all, very early tests highlighted that due to many variables the chassis had issues turning in its original concept - without steering wheels. As a result, they were rapidly prototyped using the 3D printing technology with the mechanism based on cycloidal gearboxes. Secondly, after the assembly of all the components, it turned out that certain contacts in real corpse of the rover were not as stiff as assumed in the FEM analysis. Therefore the construction had to be reinforced with 5 mm aluminum sheet. Finally, at the initial stage of the design, a certain mass of all the components had to be assumed with a specific margin. Eventually, the construction weighted 15 kgs more than expected. On account of the exceeded mass, the dynamic load has significantly grown, exceeding loads accepted in the durability analyses. As a result, concentration of stress has heavily grown in sheets fixing the bogie, causing them to bend. Other observations have shown proper behavior of the chassis - fine grip to the ground on different kinds of demanding terrain - bumpy sand or plentiful rocks, satisfactory stability on steep hills even during the manipulator's labor, appropriate mobility and superb behavior on different mass distribution on the body. To sum up, having regarded the milestones set at the design phase, the result of the chassis' project is satisfactory to the entire team, bearing in mind the fact the entire process - cogitation, analytical models, dynamic simulations, modeling, verification, execution and tests were included in less than year.

References

1. European Rover Challenge website http://roverchallenge.eu/pl/home/

2. University Rover Challenge website <u>http://urc.marssociety.org/home/urc-news</u>

3. European Rover Challenge rules http://roverchallenge.eu/pl/dla-druzyny/zgloszenia/

4. Sandin P.: Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated, McGraw-Hill/TAB Electronics (2003)

- 5. HAL-062 Rover http://knr.meil.pw.edu.pl/
- 6. Curosity rocker-bogie Rover chassis

https://mars.jpl.nasa.gov/msl/spacecraft/rover/summary/

7. Zagrajek T., Marek P., Krzesiński G.: Finite Element Method – Scientific Applications – Problems and Excercises , Warsaw, OWPW (2006)

- 8. Dyląg Z., Jakubowicz A., Orłoś Z.: Strength of materials, Vol. 1, 2, Warsaw, WNT (2013)
- 9. CoppeliaSim https://www.coppeliarobotics.com/
- 10. Silesian Phoenix Team website https://sknaimeth.polsl.pl/lazik-marsjanski/