

Karol CIEŚLIK, Marian Janusz ŁOPATKA, Arkadiusz RUBIEC, Kacper SPADŁO

## KONCEPCJA WÓZKA INWALIDZKIEGO WYSOKIEJ MOBILNOŚCI Z HYDROSTATYCZNYM UKŁADEM NAPĘDOWYM

W artykule omówiona została koncepcja wózka inwalidzkiego wysokiej mobilności z hydrostatycznym układem napędowym. Przedstawiono istniejące rozwiązania wózków napędzanych ręcznie lub z zewnętrznego źródła energii. Zaproponowano oryginalne rozwiązania układu napędowego, zawieszenia oraz skrętu niespotykane w wózkach inwalidzkich. Przeprowadzono analizę wymaganych podzespołów oraz analizę ich rozmieszczenia. Na tej podstawie stworzono model dynamiczny poddany badaniom określającym komfort kierowcy oraz obciążenia konstrukcji. Przeprowadzono analizę wytrzymałościową zaproponowanej konstrukcji. W rezultacie powstała innowacyjna koncepcja wózka inwalidzkiego wysokiej mobilności zdolnego do przemieszczania się w warunkach w których mogą poruszać się ludzie.

### WSTĘP

W obecnych czasach w Polsce zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego „Wyniki wstępne Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań 2011” osoby niepełnosprawne z niepełnosprawnością kończyn dolnych to około 800 000 osób [1]. Osoby ze względu na duże ryzyko marginalizacji społecznej starają się aktywnie uczestniczyć w życiu reszty społeczeństwa. Barierą nadal jednak jest dostosowanie środowiska do osób poruszających się na wózkach inwalidzkich. O ile miasta stają się coraz bardziej przyjazne dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich to pozostałe regiony są nadal poza ich zasięgiem. Można tu wyróżnić leśne drogi i ścieżki, polne drogi, bezdroża, łąki, place budowy itp. [8] Osoby pełnosprawne nie mają problemów z dostępnością do takich terenów.

Ze względu na dużą chęć aktywnego uczestnictwa osób niepełnosprawnych w aktywnym życiu [7] wskazane jest stworzenie wózka inwalidzkiego który umożliwi poruszanie się w każdych warunkach terenowych.

### 1. ISTNIEJĄCE ROZWIĄZANIA

Rynek zarówno Polski jak i Europejski zauważył potrzebę tworzenia wózków mogących poruszać się w zróżnicowanych warunkach. Jest to rynek który rozwija się bardzo dynamicznie a istniejący producenci cały czas udoskonalają swoje konstrukcje lub tworzą

nowe. Coraz większą popularnością cieszą się terenowe wózki inwalidzkie które zyskały przychylność młodej części osób niepełnosprawnych [2]. Wózki te umożliwiają uprawianie sportów ekstremalnych porównywanym do kolarstwa górskiego oraz aktywnego poruszania się w terenach leśnych/górskich. Tego typu wózki niewiele przypominają klasyczne wózki inwalidzkie spotykane na ulicach czy w szpitalach. Często osoba postronna nie zauważy niepełnosprawności osoby na taki wózek. Wśród tego typu wózków można wymienić wózki w których siłę niezbędną do poruszania się generuje człowiek lub wózki z napędem pochodzącym z innego źródła. Przykładem wózka z napędem ręcznym może być handbike Explorer [3].



Rys. 1. Wózek inwalidzki typu handbike – Explorer [3]



Rys. 2. Przykłady wózków inwalidzkich z napędem a) Action Track Chair [4], b) Ziesel [5], c) HexHog [6]

Przykład przedstawiony na rys 1 jest to alternatywa dla roweru gdzie napęd realizowany jest poprzez kołczyny górne.

Alternatywą dla rozwiązań wymagających od operatora użycia siły są istniejące na rynku rozwiązania z napędem zewnętrznym. Wiodącym rozwiązaniem jest napęd elektryczny jednak występują również konstrukcje z silnikami spalinowymi. Przykłady takich rozwiązań przedstawiono na rys 2 a,b,c. Wśród dostępnych rozwiązań można spotkać zarówno konstrukcje kołowe jak i gąsienicowe. Wózki tego typu stosowane są do poruszania się w terenach niedostępnych dla klasycznych wózków inwalidzkich. Jako przykład jeden z producentów podaje aktywizację kierownika budowy który jako osoba niepełnosprawna porusza się po terenie budowy na terenowym wózku inwalidzkim.

Szereg rozwiązań oraz producentów wózków wskazuje, że jest realna potrzeba tworzenia tego typu rozwiązań.

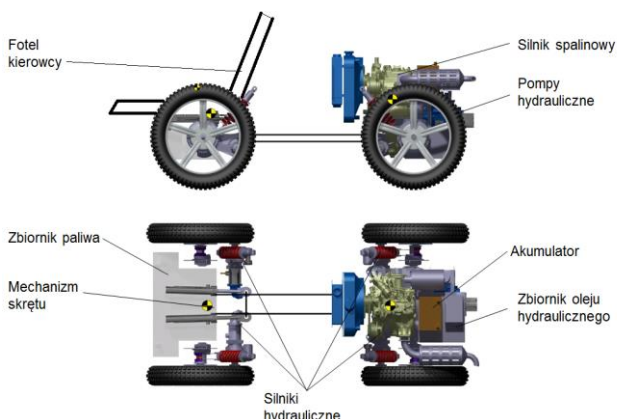
## 2. KONCEPCJA WÓZKA INWALIDZKIEGO

Na podstawie analizy istniejących rozwiązań określono wymiary zewnętrzne wózka oraz tereny w jakich ma się przemieszczać. Przyjęto, że powinien być zbudowany z powszechnie dostępnych elementów w celu minimalizacji kosztów budowy i ewentualnych napraw. W obecnie dostępnych rozwiązaniach wózków z napędem dominującym rozwiązaniem układu skrzętu jest burtowy układ skrzętu. Wynika to z faktu zastosowania gąsienicowego układu bieżnego lub wieloosiowego układu kołowego. Zaletą tego typu układów jest bardzo duża zwrotność i możliwość wykonania skrzętu w miejscu. Niestety jest to bardzo energochłonny układ [10].

Z tego względu w prezentowanej koncepcji zdecydowano się na przegubowy układ skrzętu. Zapewnia on niewielkie opory skrzętu przy zachowaniu zadowalającej zwrotności. Ponieważ przyjęto, że wózek powinien posiadać zdolność do poruszania się w terenach górzystych, łąkach itp. od układu napędowego wymagać się będzie zdolności ciągłego rozwijania dużych sił napędowych bez ryzyka przegrzania lub uszkodzenia układu. Układem zapewniającym takie wymagania jest hydrostatyczny układ napędowy. Pozwala również na bezstopniową zmianę prędkości poruszania się w całym zakresie pracy. Przyjęto, że w projektowanym wózku zostaną zastosowane silniki hydrauliczne wysokiej sprawności.

Część producentów stosuje w swoich wózkach napęd elektryczny. Rozwiązanie to uniemożliwia jednak długotrwałe użytkowanie wózka bez wymaganej przerwy na jego naładowanie (np. weekendowy spacer po górach). Zastosowanie silnika spalinowego jako źródła napędu pozwala wyeliminować to zjawisko i skrócić wymagany czas przestoju do czasu napełnienia zbiornika paliwem.

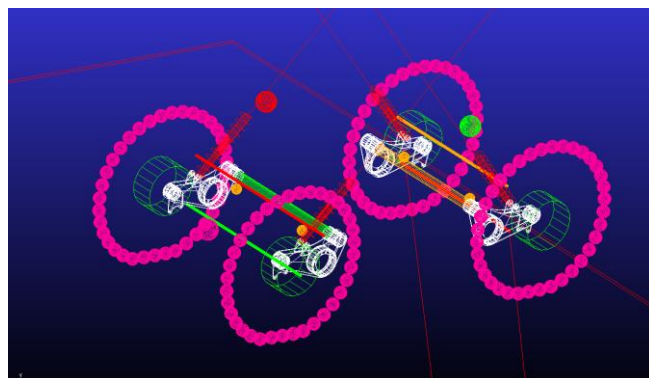
Na podstawie doświadczenia przy pracy z Bezzałogowymi Platformami Ładowymi wytypowano listę komponentów niezbędnych do prawidłowego działania wózka (rys. 3).



Rys. 3. Przyjęte rozmieszczenie elementów wózka inwalidzkiego

Uwzględniono takie elementy jak silnik napędowy, pompa, układ skrzętu, silniki hydrostatyczne, instalacja hydrauliczna, układ skrzętu, elementy zawieszenia itp.

Wszystkie elementy wraz z ich masami pozwoliły na zbudowanie modelu 3D w środowisku oprogramowania CATIA. Pozwoliło to na określenie ostatecznej geometrii oraz położenia wypadkowego środka ciężkości dla każdego członu wózka. Przyjęto, że ze względu na to, że wózkiem będą poruszać się ludzie zdecydowano się na zastosowanie elastycznego zawieszenia opartego o 4 niezależne wahacze wraz z elementami sprężysto tłumiącymi. Na podstawie przyjętych założeń oraz położenia środków ciężkości zbudowano model symulacyjny w środowisku MSC ADAMS (rys. 4).

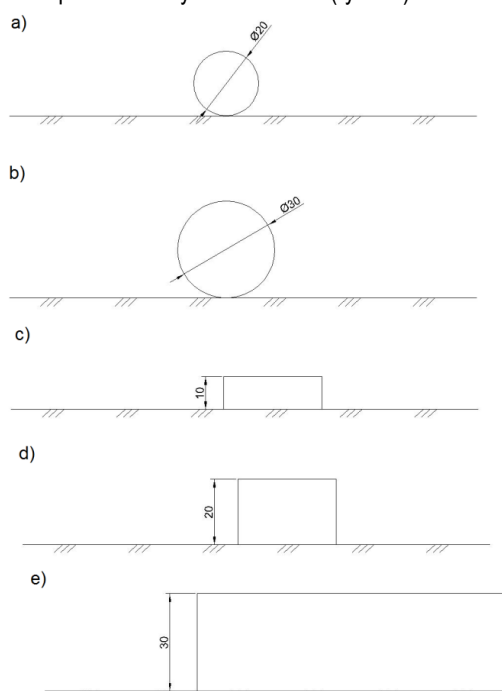


Rys. 4. Symulacyjny model dynamiczny platform zbudowany w środowisku MSC Adams

W modelu zastosowano podatne ogumienie odzwierciedlające kształtową współpracę z podłożem oraz zmianę promienia dynamicznego wraz ze zmianą obciążenia.

Tak przygotowany model pozwolił na przeprowadzenie szeregu badań symulacyjnych pozwalających określić zachowanie wózka podczas pokonywania wytypowanych przeszkód terenowych. Jako przeszkody typowe dla obszarów w których mogłyby mieć zastosowanie wózek terenowy wytypowano:

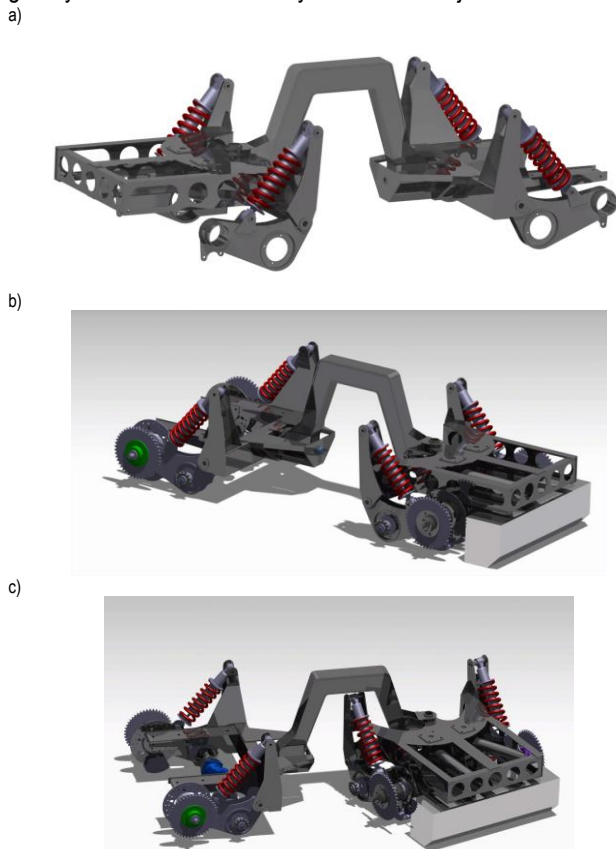
- kłoda o średnicy 20cm (rys. 5a) oraz 30cm (rys. 5b)
- murek o wysokości 10cm (rys. 5c) oraz 20cm (rys. 5d)
- ścianka pionowa o wysokości 30cm (rys. 5e)



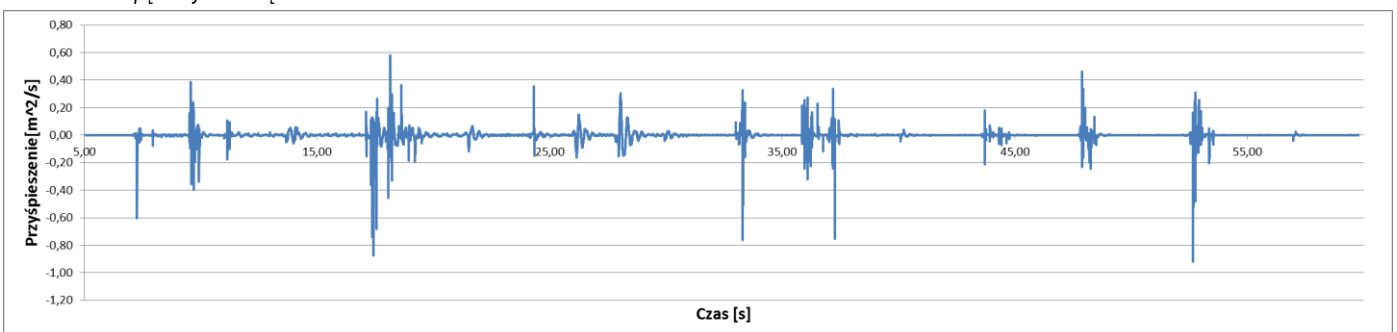
Rys. 5. Geometria wytypowanych przeszkód

Przyjęto, że model pokonywał wszystkie przeszkody jedna po drugiej w trakcie jednego przejazdu. Przeprowadzone analizy umożliwiły określenie sił działających na wózek co pozwoli na wykonanie analizy wytrzymałościowej w dalszej części pracy. Podczas badań symulacyjnych określono wielkość przyspieszeń działających na kierowcę wózka (rys. 6). Następnie odniesiono wyniki otrzymane z badań symulacyjnych do normy ISO 2631 - *Mechanical vibration and shock*, która określa maksymalne dopuszczalne przyspieszenia we wszystkich kierunkach przy określonych częstotliwościach wymuszających oddziałujących na kierowcę. Z przeprowadzonej analizy wynika, że przyspieszenia nie przekraczają tych przewidzianych w normie.

Przeprowadzone analizy pozwoliły na określenie sił działających w charakterystycznych węzłach konstrukcyjnych – mocowania wahaczy, przegub skrętu, mocowanie silnika itp. Na tej podstawie opracowano konstrukcję ramy nośnej wraz z wahaczami. Ze względu na zastosowanie wysokoobrotowych silników hydraulicznych niezbędne okazało się zastosowanie przekładni redukcyjnej. Zdecydowano się na zastosowanie dwóch przekładni – jednej planetarnej drugiej łańcuchowej. Połączenie takie umożliwia zmniejszenie gabarytów wahacza oraz masy nieresorowanej.

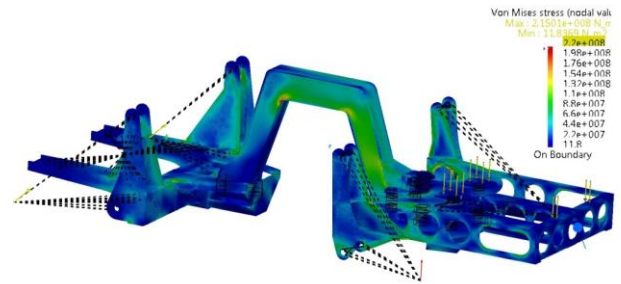


**Rys. 7.** Widok modelu ramy wózka wysokiej mobilności a) rama z wahaczami, b) rama wraz z układem napędowym – wyprostowana, c) rama wraz z układem napędowym – skrzyżowana



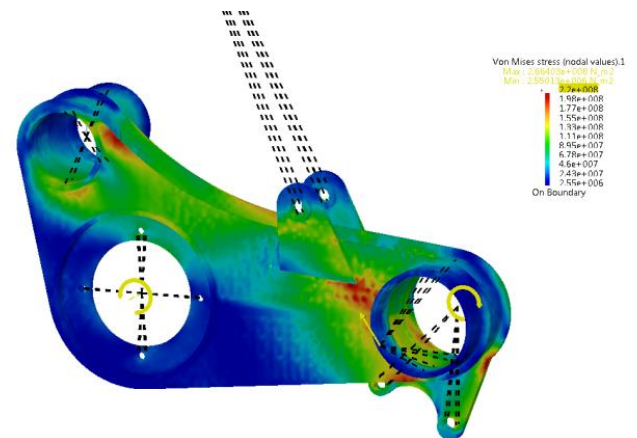
**Rys. 6.** Przykładowy przebieg przeciętnych w osi pionowej działających na kierowcę podczas pokonywania przeszkód z prędkością 2km/h

Zaprojektowana rama została poddana badaniom wytrzymałościowym uwzględniającym parametry materiały przyjętego do budowy. Jako materiał ramy przyjęto stal 335 a graniczne dopuszczalne naprężenia przyjęto na poziomie 220MPa.



**Rys. 8.** Wyniki analizy wytrzymałościowej ramy nośnej

Wrz z ramą analizie zostały poddane główne elementy nośne wózka inwalidzkiego wysokiej mobilności. Przykład wyników analizy wytrzymałościowej wahacza przedstawiono na rysunku 9.



**Rys. 9.** Wyniki analizy wytrzymałościowej konstrukcji wahacza

W koncepcji wózka przewidziano zastosowanie sportowego fotela samochodowego (rys. 10). Rozwiązanie takie zapewni bardzo dobre trzymanie kierowcy we wszystkich kierunkach i zmniejszy ryzyko wypadnięcia kierowcy z fotela na nierównościach.



Rys. 10. Model sportowego fotela samochodowego.

Ostateczny model wózka wysokiej mobilności przedstawiono na rysunku 11. Do sterowania wózkiem przewidziano jeden joystick umiejscowiony obok fotela – w zależności od preferencji operatora z prawej lub lewej strony. Będzie on umożliwiał sterowanie kierunkiem jazdy wózka oraz jego prędkością.



Rys. 11. Wizualizacja wózka inwalidzkiego wysokiej mobilności wraz z kierowcą

## PODSUMOWANIE

W ramach pracy przedstawiono koncepcje wózka inwalidzkiego wysokiej mobilności. Przeprowadzone analizy wykazały, że będzie on w stanie pokonywać większość typowych przeszkód jakie mogą wystąpić podczas poruszania się w przewidzianych warunkach terenowych. Przeprowadzone analizy wytrzymałościowe potwierdziły słuszność przyjętych elementów konstrukcyjnych oraz ich wielkość. Zastosowanie elastycznego zawieszenia umożliwi długotrwałą zdolność poruszania się wózkiem bez przekraczania dopuszczalnych przeciążeń na kierowcę. Zastosowanie silnika spalinowego oraz napędu hydrostatycznego umożliwi przemieszczanie się wózkiem w każdych warunkach terenowych przez długi okres czasu.

## BIBLIOGRAFIA

1. [http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/lu\\_wyniki\\_wstepne\\_NSP\\_2011.pdf](http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/lu_wyniki_wstepne_NSP_2011.pdf) z dnia 20.03.2018
2. <http://www.gtmobil.com.pl/images/materialy/neuropozytywni/art1.pdf> z dnia 20.03.2018
3. [http://www.niepelnosprawni.pl/ledge/x/11716?print\\_doc\\_id=77283](http://www.niepelnosprawni.pl/ledge/x/11716?print_doc_id=77283) z dnia 20.03.2018
4. <http://actiontrackchair.com/> z dnia 20.03.2018
5. <http://www.ziesel-adventures.com/> z dnia 20.03.2018
6. <http://www.hexhog.com/> z dnia 20.03.2018
7. Van der Slikke, Mason, B. S, Berger, M. A. M, Goosey-Tolfrey, *Speed profiles in wheelchair court sports; comparison of two methods for measuring wheelchair mobility performance*, *Journal of Biomechanics, England 2017*
8. Stanfill, Christopher J, Jensen, Jody L, *Effect of wheelchair design on wheeled mobility and propulsion efficiency in less-resourced settings*, *African Journal of Disability, South Africa 2017*
9. Bartnicki A., Konopka S., Muszyński T., Spadło K., *Concept of a high mobility platform with a hydrostatic drive system with active slip control*. ITELMS'2016, Panevezys, Lithuania 2016
10. Hauelsen B.: *Mobility analysis of small, lightweight robotic vehicles*, April 2003

### Concept of high mobility wheelchair with hydrostatic drive system

*The article presents the concept of a high mobility wheelchair with a hydrostatic drive system. It presents existing solutions of manually driven wheelchair and external powered solutions. It was proposed original drive system, suspension system and turning system unheard in wheelchairs. It was analyzed the distribution of required components. On this basis there was created dynamic model. It was subjected to tests determining the driver's comfort and the load on the structure. The strength analysis of the proposed structure was carried out. As the result, it was created an innovative concept of the high mobility wheelchair capable to moving everywhere where other people can do.*

Autorzy:

mgr inż. **Karol Cieślak** – Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy Maszyn  
 dr inż. **Marian Janusz Łopatka** - Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy Maszyn  
 dr inż. **Arkadiusz Rubiec** - Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy Maszyn  
 mgr inż. **Kacper Spadło** - Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy Maszyn

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.183

Data zgłoszenia: 2018.05.24 Data akceptacji: 2018.06.15