

ANALIZA SYMULACYJNA MECHATRONICZNEGO WÓZKA INWALIDZKIEGO

Roman STASZAŁEK

Wydział Mechaniczny, Katedra techniki cieplnej i metrologii
Akademia Techniczno Rolnicza, tel. 3408268, ul. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
stasroma@mail.atr.bydgoszcz.pl

Streszczenie

Referat zawiera zagadnienia związane z problematyką poruszania się osób niepełnosprawnych. Skale ilościową i jakościową problematyki poruszania się osób niepełnosprawnych zamieszczono we wprowadzeniu referatu. W dalszej kolejności zawarto pobieżne omówienie konstrukcji wózków inwalidzkich pokonujących przeszkody oraz podano klasyfikacje wózków. Na tle przeprowadzonej analizy wózków została zaproponowana koncepcja wózka inwalidzkiego o nowych możliwościach. Sprecyzowane zostały założenia konstrukcji wózka. Omówione zostały podstawowe aspekty ruchowe zaproponowanej koncepcji wózka inwalidzkiego. Podstawowym celem artykułu jest zaprezentowanie wyników badań możliwości pokonania stopnia przez zaproponowaną koncepcję wózka inwalidzkiego. Przeprowadzone badania pozwoliły na wyciągnięcie wniosków o rokowaniach realizacji przedstawionej koncepcji.

Słowa kluczowe: wózek inwalidzki, analiza, symulacja, mechatroniczny, klasyfikacja, przeszkoda, napęd elektryczny

ANALYSIS SIMULATING MECHATRONIC OF WHEEL CHAIR

Summary

The report deals with the problems connected with the handicapped persons motion. The quantitative and qualitative aspects of the problems of handicapped persons motion are contained in the introduction of the report. Further, a brief description and classification of the wheel chairs design have been presented. The concept of wheel chairs with new possibilities on the basis of analysis of trolleys is proposed. The conditions of construction of trolleys are specified. The basic aspects of the proposed concept of handicapped person chair are discussed. The basic aim of the article is to present the results of investigations concerning the possibility to overcome the stair step by the proposed wheel chair. Conducted investigations permit us to draw conclusions about realization of the introduced concept. Further detailed directions for investigations have also been specified.

Keywords: bath chair , analysis, simulation, mechatronic, classification, obstacle, electromotion

1. WPROWADZENIE

Przywrócenie możliwości normalnego funkcjonowania osobom niepełnosprawnym jest niezmiernie trudne do zrealizowania w pełnym zakresie. Jednak dążenie do tego jest zrozumiałym celem społeczeństwa wkraczającego w XXI wiek.

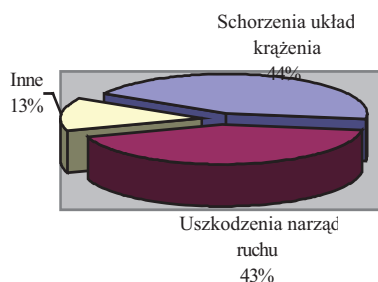
Jest to tym bardziej zrozumiałe, iż liczba osób niepełnosprawnych stale wzrasta. Na podstawie przeprowadzonego 20 maja 2002 roku spisu ustalono, iż liczbę osób niepełnosprawnych szacuje się na blisko 5,5 mln. co stanowi aż 14,3 % społeczeństwa. W 1988 roku niepełnosprawni stanowili 9,9 proc. ogólnej liczby ludności kraju. W ciągu 14 lat odsetek ludzi niepełnosprawnych wzrósł o 4,4 punktu procentowego. Sytuacja ta będzie się pogłębiała, ponieważ nasze

społeczeństwo starzeje się, a wskaźnik zgonów niemowląt na 1000 urodzeń żywych obniża się. [1]

Jak przedstawia rys.1 w ogólnej liczbie osób niepełnosprawnych znaczący udział stanowią osoby z niepełnosprawnością ruchową. Dla wielu z tych osób jedynym sposobem umożliwiającym przemieszczanie się jest wózek inwalidzki. Możliwość poruszania się za pomocą wózków jest w znaczącym stopniu ograniczona ze względu na występujące wszelkiego rodzaju przeszkody na drodze poziomej.

Pomimo istnienia ustawy o prawie budowlanym z 1995 r., rozporządzeń oraz wielokrotnie poruszanej przez polskie media tematyki barier architektonicznych wiele obiektów użyteczności publicznej w naszym kraju jest wciąż niedostosowanych do potrzeb osób starszych i niepełnosprawnych. Sytuacja ta uniemożliwia im

samodzielne funkcjonowanie, prowadzenie aktywnego życia i wpływa na izolację tej grupy społecznej.



Rys. 1. Zestawienie procentowe schorzeń niepełnosprawności

Do niedawna w latach 70 tych ubiegłego wieku wózek był po prostu meblem na kółkach do transportowania pacjentów. Konstruowali go ludzie chodzący, niemający praktycznej wiedzy o codziennym życiu na wózku. W tej dziedzinie nastąpił znaczący postęp, ponieważ pojawiły się nowe konstrukcje wózków inwalidzkich. Obecnie każdy producent stara się dysponować w swej ofercie wózkami elektrycznymi. Standartowo elektryczne wózki inwalidzkie umożliwiają przemieszczanie się na drodze poziomej a możliwość pokonywania przeszkód przez wózki jest nadal ograniczona.

2. KLASYFIKACJA WÓZKÓW INWALIDZKICH

Zasadniczą funkcją wózka inwalidzkiego jest umożliwienie osobom niemogącym chodzić przemieszczanie się przy wykonywaniu podstawowych czynności życiowych. Dążąc do zaspokojenia tych potrzeb powstała ogromna ilość rozwiązań konstrukcyjnych wózków inwalidzkich. Ich różnorodność znalazła odzwierciedlenie w klasyfikacji. Klasyfikacja wózków inwalidzkich musi uwzględniać szereg aspektów użytkowania takich jak miejsce użytkowania, stopnia sprawności użytkownika itp.

W Polsce wózki klasyfikuje się dwójako:

- Podział ze względu na miejsce użytkowania.
 - 1) Wózki pokojowe (mogą być używane w terenie, na krótkich odcinkach trasy):
 - a) wózki leżakowe z wysokim i odchylanym oparciem, stosowane we wczesnym okresie po URK, głównie do pionizacji chorego,
 - b) wózki fotelowe - spotykane najczęściej, a przeznaczone dla osób z porażeniami, niedowładami, amputacjami, dla hemiplegików, jak również w przypadkach usztywnienia kończyny dolnej i u chorych, którzy muszą okresowo korzystać z pomocy wózka.
 - 2) Wózki terenowe (przeznaczone na dłuższe dystanse, np. dojazd do pracy, itp.):

- a) wózki o napędzie ręcznym:
 - korbowy dla dorosłych,
 - dźwigniowy - składany (wózki mało zwrotne i ciężkie, wymagają dużej sprawności kończyn górnych),
- b) wózki o napędzie elektrycznym (dla osób ze znikomą sprawnością kończyn górnych).
 - Podział ze względu na stopień sprawności użytkownika.
 - 1) Wózki dla dzieci spastycznych (przeznaczone dla dzieci z dziecięcym porażeniem mózgowym, chorobą Heine-Medina, przepukliną oponoworzeniową, innymi schorzeniami centralnego układu nerwowego) - wózki typu spacerowego do prowadzenia przez osobę drugą, umożliwiające stabilizację tułowia, głowy oraz kończyn dolnych dziecka; mogą być używane w domu i w terenie.
 - 2) Wózki typu ACTIV (dla osób ze znaczną oraz utrwaloną dysfunkcją narządu ruchu: porażeniami, niedowładami, amputacjami) - wózki nowej generacji, które ze względu na materiał, konstrukcję zapewniają duże możliwości regulacji i dopasowania do indywidualnych potrzeb, umożliwiają maksymalne usprawnienie i usamodzielnienie w życiu, z uprawianiem dyscyplin sportowych włącznie [2].

3. WÓZKI POKONUJĄCE PRZESZKODY

Problem samodzielnego pokonywania przeszkody wózkiem inwalidzkim widoczny był już od samego początku powstania wózka inwalidzkiego. Zakres możliwości typowych elektrycznych wózków jest bardzo ograniczony i umożliwia pokonywanie przeszkód do 4 cm a większych do 10 cm wymaga zastosowania dodatkowego wyposażenie („Tracer” firmy REH-MED [3], „Mistra” firmy AKSON [4]). Problemem, jaki pojawia się w przypadku wózków pokonujących przeszkody jest konieczność zachowania stateczności. W szeregu rozwiązaniach wózków tłumaczy to wprowadzenie dodatkowych kół podpierających lub trzeciej osi.

Analiza wózków elektrycznych pokonujących przeszkody pozwala na zastosowanie klasyfikacji ze względu na stosowany układ jezdny:

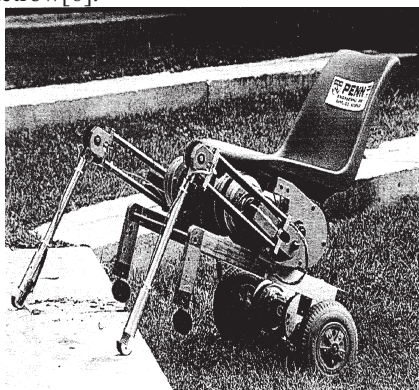
- a) wózki dwuosiowe,
- b) wózki trzyosiowe,
- c) wózki o układzie specjalnym (nietypowym).

W przypadku podpunktów a) i b) możliwe jest ich zróżnicowanie ze względu na wielkość zastosowanych średnic kół. Przykładami konstrukcji wózków trzyosiowych są np. „Typhoon” i „Tornado” firmy INVACARE z Niemiec [5], „Jazzy 1120” produkcji USA oraz „Heartway HP-6” firmy Heartway z Tajlandii. Najbardziej charakterystycznym rozwiązaniem są wózki firmy INVACARE zaopatrzone w opatentowany system „Walking Beam” rys. 2.



Rys. 2. Wózek firmy amerykańskiej o nazwie „Typhoon”

Przykładem konstrukcji realizującej pokonywanie przeszkód jest prototyp wózka inwalidzkiego opracowana przez amerykańskich naukowców. Konstrukcja ta opiera się na podwoziu czterokołowego wózka zaopatrzonego w dwie nogi (rys. 3). Konstrukcja ta posłużyła naukowcom do przeprowadzenia szeregu badań związanych z funkcjonowaniem wózka oraz optymalizacja jego parametrów[6].



Rys. 3 Prototypowa konstrukcja wózka inwalidzkiego opracowana przez amerykański ośrodek naukowy

Inną konstrukcją opartą na zapewnieniu stateczności układu balansującego jest rozwiązanie firmy Johnson & Johnson (rys. 4). Opracowany wózek inwalidzki iBOT 3000, ważący 114 kg może balansować na dwóch kołach, pokonywać schody a nawet poruszać się po piasku. Rozwiązanie to stanowi połączenie elektroniki, czujników i zaawansowanego oprogramowania, które w czasie rzeczywistym analizuje położenie wózka i automatycznie dopasowuje pozycje kół i położenie fotela. Wszystkie układy pomiarowe i sterujące są zdublowane.



Rys. 4. Wózek inwalidzki iBOT 3000

Napęd elektryczny wózka pozwala na poruszanie się z prędkością około 10 km/h, a akumulatory zapewniają - w zależności od obciążenia - nawet całodzienną mobilność urządzenia na jednym cyklu ładowania. Cena tego wózka wynosi 29 tys. USD [7].

4. NOWA KONCEPCJA WÓZKA INWALIDZKIEGO – MODEL NOMINALNY

Każda maszyna przechodzi cztery fazy istnienia: wartościowanie, projektowanie, wytwarzanie, eksploatacja. W każdym z tych etapów występują działania diagnostyczne. W punktach poniższych autor skupił uwagę na działaniach diagnostycznych w konstruowaniu wózka. Stosowanie diagnostyki w konstruowaniu umożliwia korygowanie rozwiązań konstrukcyjnych w aspekcie wymogów poprawności pracy.

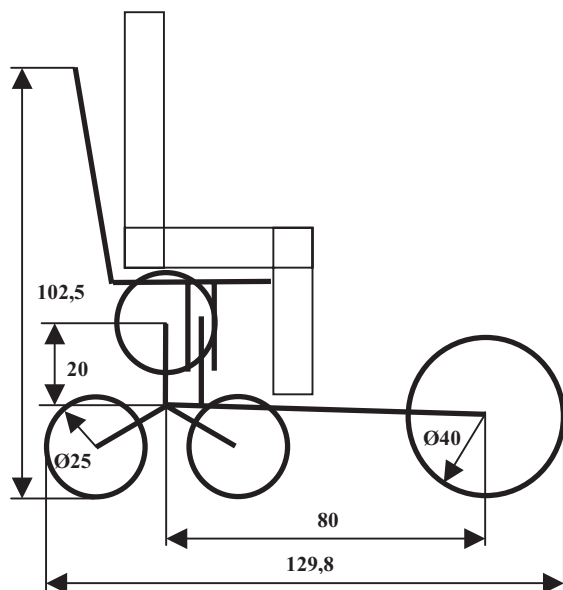
Koncepcja nowego wózka inwalidzkiego ma na celu zapewnienie osobie niepełnosprawnej dużej samodzielności związanej z przemieszczaniem się. Zakładana duża samodzielność ma umożliwić pokonywanie podstawowej bariery architektonicznej, jaką stanowią przeszkody w postaci krawężników itp. Realizacja tego założenia ma umożliwić wjazd do autobusu niskopodłogowego. Istotne również jest, aby wózek ten odznaczał się małymi gabarytami, małym ciężarem oraz dużą zwrotnością.

Nie mniej istotnym zagadnieniem jest tutaj relatywnie niska cena umożliwiająca powszechne ich nabywanie przez osoby niepełnosprawne. Jest to szczególnie istotne w przypadku osób niepełnosprawnych, ponieważ jak wykazały badania statystyczne, sytuacja materialna gospodarstw z osobą niepełnosprawną jest gorsza niż pozostałych [8].

Z pośród szeregu możliwości rozwiązania problemu pokonywania przeszkód przyjęto koncepcję wózka wyposażonego w zespół kroczący w postaci trójramiennika zakończonych kołami

zgodnie z rysunkiem 5. Wózek ten zaopatrzony jest w zespół napędowy umieszczony w osi trójnika.

Koncepcja przemieszczania wózka zakłada jazdę na drodze poziomej przy napędzanych kołach małych „trójnika”, w tym czasie sam „trójnik” jest



Rys. 5. Model nominalny wózka inwalidzkiego (cm) oraz jego dekompozycja

Elementy składowe dekompozycji wózka według rysunku 5: fotel (1) – 8 kg, podstawa (2) – 1,5 kg, rama (3) – 10 kg, „trójnik” (4) – 5 kg, oś przednia (5) – 20 kg, oś tylna (6) – 2 kg, małe koło (7) – 0,98 kg, duże koło (8) – 1,4 kg. Wielkości założone w modelu symulacyjnym.

Ze względów bezpieczeństwa przyjęty jest układ pokonywania przeszkody „tyłem”, tzn. podczas pokonywania przeszkody fotel a wraz z nim przewożona osoba usytuowana jest plecami w kierunku ruchu.

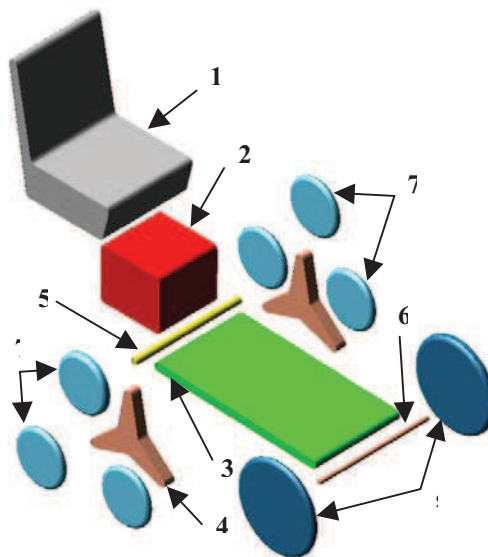
5. BADANIA WÓZKA INWALIDZKIEGO

Przeprowadzone wcześniej badania wstępne wykazały, że przyjęty układ konstrukcyjny wózka inwalidzkiego pozwala oczekiwać pozytywnych wyników, co do realizacji stawianych wymogów.[9] W celu potwierdzenia wyników wstępnych i ich uściślenia badania kontynuowane były przy wykorzystaniu programu Adams12. Program ten umożliwia przeprowadzenie symulacji w przestrzeni.

5.1. Przebieg zmian nachylenia fotela podczas pokonywania przeszkody

Ponieważ podczas pokonywania przeszkody ulega zmianie nachylenie fotela ze względu na bezpieczeństwo konieczne jest przeanalizowanie przebiegu zmian nachylenia fotela. Konieczne jest zachowanie określonych wartości nachylenia fotela.

nienapędzany. Jego napęd jest włączany w momencie pokonywania przeszkody. Podczas pokonywania przeszkody włączone są również małe koła „trójnika”.



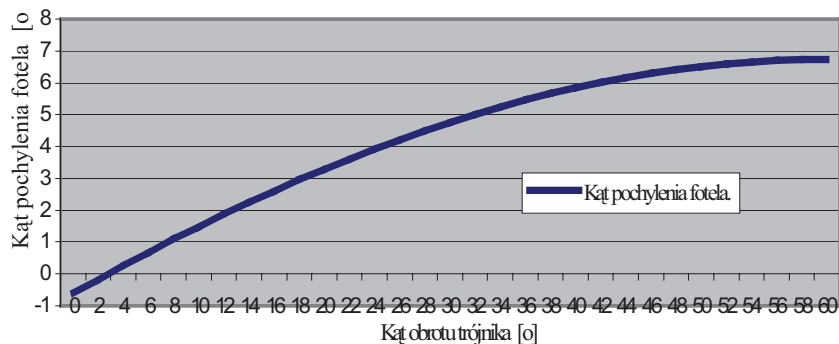
Została przyjęta maksymalna wartość kąta nachylenia fotela równa 10° . W tym celu przeprowadzono szereg pomiarów obejmujących:

a) zmianę kąta nachylenia fotela podczas ruchu kroczącego trójnika (ruch obrotowy trójnika w przedziale od 0° do 60° pierwsza faza pokonywania przeszkody). Wartość maksymalna nie przekroczyła 7° .

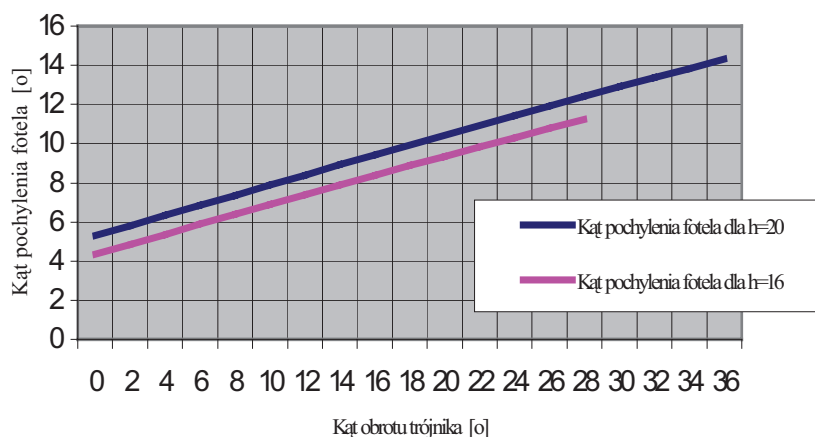
b) zmianę kąta przebiegu nachylenia fotela podczas pokonywania przeszkody.

Pomiaru dokonano dla dwóch wysokości przeszkody $h=16$ cm i $h=20$ cm. Pomiar realizowany jest od momentu osiągnięcia przez koła jednej osi trójnika górnej powierzchni przeszkody.

Efektom pomiaru są krzywe wykazujące proporcjonalny wzrost wartości nachylenia fotela wraz ze wzrostem kąta obrotu „trójnika”. Na podstawie wykresu rys. 8 oraz przeprowadzonego szerszego zakresu pomiarów stwierdzono, iż maksymalny kąt nachylenia fotela rośnie proporcjonalnie do wysokości przeszkody w badanym zakresie wysokości przeszkody (od 0 do 31 cm).



Rys. 7. Przebieg zmian kąta nachylenia fotela podczas ruchu kroczącego trójkąnika



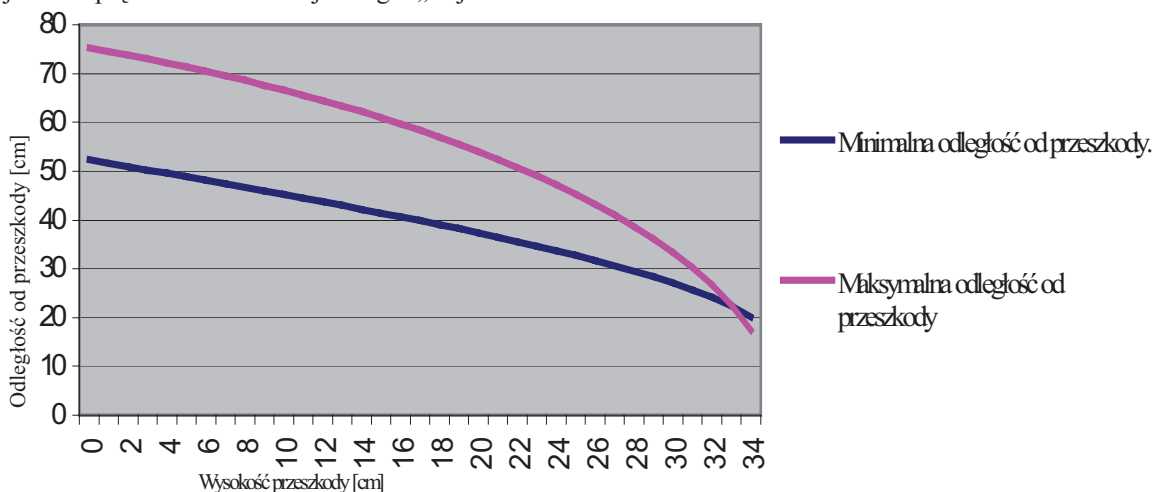
Rys. 8. Przebieg zmian kąta nachylenia fotela przy pokonywaniu przeszkody o wysokości h=16 cm i h=20 cm

5.2. Określenie sterowania układem napędowo-kroczącym

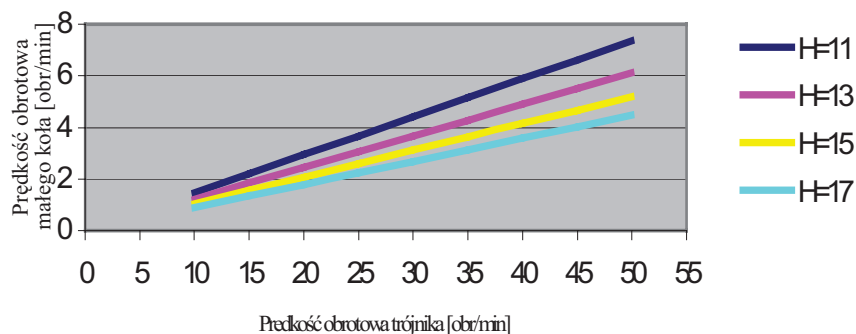
Realizacja pokonywania przeszkody ma złożony przebieg, dlatego też wymagane jest ustalenie:

a) odległości, w jakiej ma nastąpić włączenie napędu trójkąnika. Teoretyczny przedział odległości włączenia napędu trójkąnika zależy od prędkości obrotowej całego „trójkąnika”

i jego małych kół. Rys. 10 przedstawia przedział włączania dla przypadku szczególnego tzn. prędkości obrotowe „trójkąnika” jak i małych kół są równe. Realizacja pokonywania przeszkody w wyliczonym przedziale zapewnia właściwą pracę tzn. nie następują uderzenia o przeszkodę. b) wzajemnej zależności między prędkościami obrotowymi całego „trójkąnika” a jego małymi kołami



Rys. 10 Przedział włączania „trójkąnika” dla jednakowych prędkości „trójkąnika” i jego małych kół



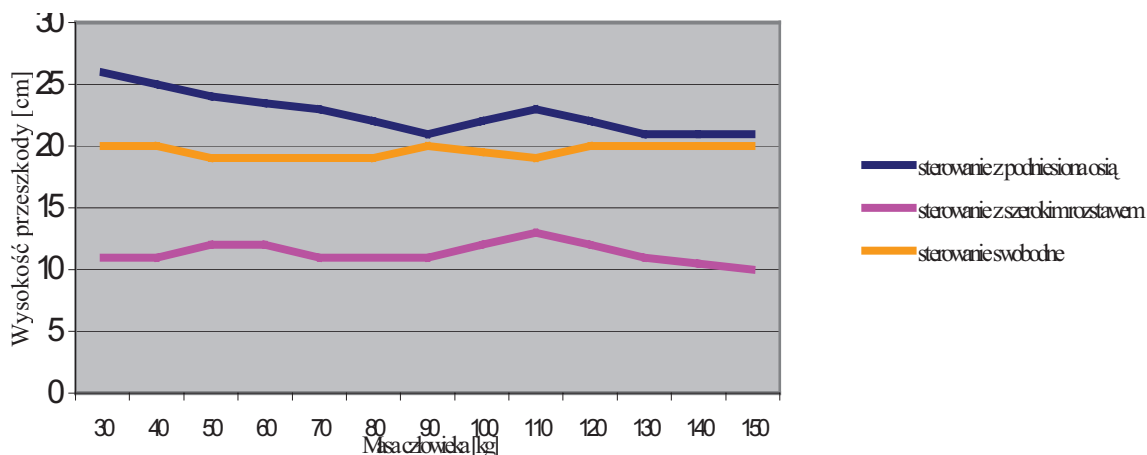
Rys. 11 Proporcje pomiędzy prędkościami: „trójnika” a jego małymi kołami.

Na podstawie wykresu widać, iż ze wzrostem wysokości przeszkody konieczne jest stosowanie coraz większych prędkości obrotowych „trójnika” w stosunku do prędkości małych kół.

5.3. Sposób sterowania a zdolność pokonywania przeszkody

Podczas pokonywania przeszkody możliwe jest rozróżnienie trzech sposobów sterowania trójnikiem. Pierwszy sposób sterowania polega na tym, iż po osiągnięciu przeszkody przez pierwszą oś „trójnik”, podlega on zablokowaniu względem ramy. Pokonywanie przeszkody z tym ustawieniem realizowane jest w układzie z najdalej rozstawionymi punktami podparcia wózka

inwalidzkiego, czyli na dwóch skrajnych osiach. W drugiej metodzie po wprowadzeniu dwóch osi zablokowanego trójnika względem ramy na poziom pokonywanej przeszkody następuje odblokowanie „trójnika” względem ramy. Wypadkowa siła reakcji podparcia po stronie „trójnika” jest przesunięta względem metody pierwszej w kierunku osi wleczonej. Trzecia metoda powoduje dalsze przesunięcie reakcji osi „trójnika” w kierunku osi wleczonej. Osiągnięte to jest poprzez podnoszenie zewnętrznej osi „trójnika” poprzez kontrolowany przeciwny obrót całego „trójnika”.



Rys. 12 Zdolność pokonywania przeszkody w zależności od masy przewożonej osoby dla trzech sposobów sterowania

6. WNIOSKI

Zastosowanie wspomaganie komputerowego poprzez zastosowanie programu Adams12 do przeprowadzenia diagnostyki konstrukcji w aspekcie realizowanego zadania pozwala wyciągnąć pozytywne wnioski, co do realizacji stawianych wymagań.

Pokonywanie przeszkody przez przedstawioną koncepcję wózka wymaga uwzględnienia wpływu szeregu parametrów jak prędkość kół „trójnika”, samego „trójnika”, wysokość przeszkody warunkujących prawidłowy przebieg pokonywania przeszkody. Wymienione czynniki należy rozpatrywać w kontekście określonych wielkości geometrycznych wózka inwalidzkiego. Narzuca to konieczności przeprowadzenia dalszych badań pod

względem zoptymalizowania jego parametrów geometrycznych.

LITERATURA

- [1] Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2004, Warszawa, Główny Urząd Statystyczny.
- [2] Tasiemki T. „Usprawnienia po urazach rdzenia kręgowego”, 2001
- [3] Materiały reklamowe firmy „AKSON” spółka jawna
- [4] Materiały reklamowe firmy K. Stefański.
- [5] Katalog wózków elektrycznych firmy REHAMOBIL ul. Kilińskiego 169, 90-353 Łódź
- [6] Parris Wellman, Venkat Krovi, Vijay Kumar, William Harwin „Design of a Wheelchair with Legs for People with Motor Disabilities”, Rehabilitation engineering, December 1995, str. 343
- [7] <http://www.idn.org.pl/users/kmark/ibot/index.html>.
- [8] Biuletyn prasowy MPiPS, 4-11 listopada 2002 r. Nr 133, str. 6-7.
- [9] Staszałek R. „Problemy transportu osób niepełnosprawnych – nowe koncepcje w budowie mechatronicznej wózków inwalidzkich”, Międzynarodowa konferencja naukowa „Transport XXI wieku.”, Warszawa 20-22 września 2004.



Mgr inż. Roman Staszałek jest asystentem na Wydziale Mechanicznym Akademii Techniczno-Rolniczej, ukończył Politechnikę Warszawską na Wydziale Transportu o specjalności Eksploatacja i Utrzymanie Pojazdów Samochodowych w 1989 r, po studiach rozpoczął pracę na PKP w lokomotywowni Warszawa Olszynka-Grochowska kontynuując zainteresowania rozpoczęte wyjazdem naukowym na Wydziale Transportu, po studiach rozpoczął stałą współpracę z Ligą Obrony Kraju, w 1992 roku podjął pracę w Zespole Szkół Zawodowych z klasami Technikum Samochodowego w Szczuczynie, od 2000 roku pracuje na Akademii Techniczno-Rolniczej, w 2001 roku rozpoczął studia doktoranckie na Politechnice Warszawskiej Wydziału Transportu gdzie podjął temat związany z transportem osób niepełnosprawnych