

Mechanizm zmiany rozstawu kół przednich do stabilizacji bocznej roweru

Streszczenie

W ostatnich latach można zaobserwować w naszym społeczeństwie powrót mody na poruszanie się rowerami. Rower stał się wyrazem nowoczesności oraz dbałości o wysokie wartości, jak zdrowie i ekologia. Dzięki rozwojowi napędów elektrycznych coraz częściej jest wybierany nie tylko przez zdrowe i silne osoby, ale także przez osoby starsze. Wspomaganie tego rodzaju pojazdów za pomocą silnika elektrycznego sprawia, że jazda nabiera również nowego charakteru: rehabilitacyjnego. Niestety, z korzyści wynikających z jazdy rowerowej wyłączone są osoby mające trudności z utrzymaniem równowagi, w tym osoby z niedowładem kończyn dolnych oraz tułowia. Jedynym rozwiązaniem tej kwestii były jak dotąd rowery trójkołowe. Jednak sposób poruszania się na tego typu pojazdach w znaczącym stopniu odbiega od użytkowania klasycznego, dwukołowego roweru. W związku z tym powstał pomysł opracowania zupełnie nowej konstrukcji roweru, która będzie łączyć w sobie zarówno korzyści z jazdy rowerem klasycznym, dwukołowym, jak i rowerem stabilizowanym, trójkołowym. Rower ten miał charakteryzować się mechanizmem zmiennego rozstawu kół przednich. Pojazd miał być wyposażony w trzy koła, z czego jedno powinno znajdować się z tyłu, a dwa koła z przodu. Owe przednie koła powinny zmieniać swój rozstaw, zależnie od warunków jazdy. W niniejszym artykule zostanie zaprezentowana analiza techniczna problemów związanych z konstrukcją mechanizmu zmiany rozstawu kół. W rozdziale 2 zostaną przedstawione rozwiązania teoretyczne, koncepcje konstrukcji, analiza problemów i obliczenia w tym zakresie. Natomiast w rozdziale 3 zostanie pokazana praktyczna realizacja konstrukcji, wraz z opracowanym prototypem.

Słowa kluczowe: osoby z niepełnosprawnością, rower, stabilizacja boczna, mobilność, mechanizm elektryczny

Mechanism of Changing the Front Wheel Track for Lateral Stabilization of the Bicycle

Summary

In recent years, we can observe a return to fashion in cycling in our society. The bicycle has become an expression of modernity and care for high values, such as health and ecology. Due to the development of electric drives, it is increasingly chosen not only by healthy and strong people, but also by the elderly. Supporting this type of vehicle with the help of an electric motor means that driving also takes on a new character: rehabilitation. Unfortunately, the benefits of cycling are excluded

for people who have difficulty maintaining balance, including people with paresis of the lower extremities and the torso. Tricycles have been the only solution so far. However, the way of traveling on this type of vehicle significantly differs from the use of a classic, two-wheeled bicycle. In connection with this, the idea of developing a completely new bicycle structure arose, which will combine the benefits of riding a classic, two-wheeled bicycle as well as a stabilized three-wheeled bicycle. This bike was to have a variable front wheel track mechanism. The vehicle was to be equipped with three wheels, one of which should be at the rear and two wheels at the front. These front wheels should change their distance depending on the driving conditions. This article presents technical analysis of problems related to the construction of the wheel track change mechanism. Chapter 2 will present theoretical solutions, construction concepts, problem analysis and calculations in this area. In turn, chapter 3 will show the practical implementation of the structure, along with the prototype developed.

Keywords: persons with disabilities, bicycle, lateral stabilization, mobility, electrical equipment

1. Wprowadzenie

Był czas, kiedy rower stanowił jedno z podstawowych narzędzi do przemieszczania się, głównie w obszarach pozamiejskich. Rower był zdecydowanie tańszym rozwiązaniem niż samochód i bardziej funkcjonalnym niż zaprzęg konny. Z czasem, w miarę wzrostu zamożności społeczeństwa oraz dążenia do poprawy komfortu życia, zaczęto coraz częściej wykorzystywać pojazdy silnikowe oraz komunikację zbiorową. Przez ostatnie kilkadziesiąt lat pojazd rowerowy był kojarzony głównie ze sportem, rozrywką lub rekreacją.

Jednak w ostatnich latach można zaobserwować powrót mody na poruszanie się rowerami. Tym razem jednak nie jest to postrzegane jako wyraz braku zamożności. Niejeden rower kosztuje obecnie więcej niż średniej klasy używany samochód, jaki można spotkać na ulicach. Na wzrost popularności tego typu środka transportu mają wpływ między innymi:

- ekologia, w tym dążenie do transportu bezemisyjnego,
- praktyczność, a w szczególności omijanie korków ulicznych,
- rozwój technologiczny, który całkowicie zmienił postrzeganie roweru,
- rozwój infrastruktury przyjaznej rowerzystom,
- moda na aktywny styl życia, włączanie aktywności fizycznej do czynności dnia codziennego.

W kontekście rozwoju technologicznego rowerów, warto wymienić kilka tak zwanych kamieni milowych, które sprawiły, że pojazdy tego typu stały się atrakcyjne dla ludzi lubiących nowinki techniczne¹:

¹ T. Blumenstein, H. Zeitlmann, A. Alves-Pinto, V. Turova, R. Laper, *Optimization of electric bicycle for youths with disabilities*, SpringerPlus, 2014

- mechanizm zmiany przełożenia w układzie napędowym, czyli tak zwane przerzutki, które pozwalają na dostosowanie wysiłku fizycznego do preferowanego stylu jazdy,
- mnogość konstrukcji ram rowerowych; obecnie parametry geometryczne ramy bywają dobierane indywidualnie do anatomii nabywcy roweru, a styl ramy, jej walory wizualne oraz pozycję ciała można dobierać spośród wielu klasycznych rozwiązań,
- oprzyrządowanie rowerowe, które wychodzi naprzeciw wszystkim możliwym potrzebom, jak na przykład: oświetlenie LED-owe, specjalne konstrukcje siodełek, ergonomiczne rękojeści, konstrukcje hamulców zaczerpnięte z samochodów, amortyzatory zmniejszające do minimum ewentualne wstrząsy w czasie jazdy, specjalne konstrukcje kół i opon, dostosowujące właściwości jezdne do preferowanych warunków użytkowania i wiele innych rozwiązań,
- napęd elektryczny, który w ostatnich latach stał się niezwykle popularny i pozwala powoli zacierać granicę między rowerem i motorowerem, co z kolei pozwala osobom starszym oraz słabszym korzystać z tego środka transportu oraz rekreacji.

Nowe rozwiązania technologiczne z pewnością bardzo przyspieszają rozwój popularności roweru, ale pozostałyby one zapewne tylko ciekawostką techniczną, gdyby nie szły w parze z rozwojem infrastruktury przyjaznej rowerzystom, w tym²:

- coraz bardziej rozbudowane ścieżki rowerowe, zarówno te budowane od podstaw, wydzielane z chodników dla pieszych, jak również wyodrębniane z jezdni,
- miejskie wypożyczalnie rowerów, pozwalające na wynajęcie tego środka transportu na minuty,
- stacje naprawy i konserwacji rowerów, na których każdy może bezpłatnie napompować koła lub wykonać kilka prostych czynności regulacyjnych, naprawczych albo konserwacyjnych,
- parkingi rowerowe umieszczane często w pobliżu galerii handlowych lub innych miejsc powszechnie uczęszczanych w obszarze miejskim.

Prowadzone są ponadto kampanie społeczne, w których promuje się komunikację rowerową jako: ekologiczną, zdrową, praktyczną i szybką. To wszystko sprawia, że rower stał się wyrazem nowoczesności społeczeństwa oraz dbałości o wysokie wartości, jak zdrowie i ekologia. Dzięki rozwojowi napędów elektrycznych coraz częściej jest wybierany nie tylko przez zdrowe i silne osoby, ale tak-

² D. Hicks, *Urban 'Dis' ability: Bicycle Infrastructure as an Enabler of Mobility for Users of Wheelchairs and other Personal Mobility Devices*, Diss. University of Southampton, 2015; M. Mroczek, *Różni rowerzyści – wspólna przestrzeń, czyli rzecz o projektowaniu miejskiej infrastruktury rowerowej z myślą o osobach niepełnosprawnych fizycznie*, Warszawa, Polska Akademia Nauk, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, Studia KPZK, 2017

że przez osoby starsze. Wspomaganie tego rodzaju pojazdów za pomocą silnika elektrycznego sprawia, że jazda nabiera również nowego charakteru: rehabilitacyjnego. Wystarczy bowiem, że nogi wykonują jedynie bardzo lekki ruch, z użyciem niewielkiej siły, aby czujniki umieszczone w mechanizmie korbowym wykryły nacisk i uruchomiły wspomaganie elektryczne. Napęd silnikowy jest wówczas proporcjonalny do nacisku nóg na pedały roweru. Dzięki temu rowerzysta podejmuje drobny wysiłek, kontroluje za pomocą nóg sposób poruszania się, a jednocześnie nie jest narażony na nadmierny wysiłek fizyczny i może kontynuować podróż na stosunkowo długim dystansie.

Niestety, z korzyści wynikających z jazdy rowerowej wyłączone są osoby mające trudności z utrzymaniem równowagi, w tym osoby z niedowładem kończyn dolnych oraz tułowia. O ile większość problemów motorycznych w ludzkim ciele można wyeliminować, stosując odpowiednie rozwiązania technologiczne, o tyle brak stabilizacji bocznej jest trudnością niełatwą do pokonania. Jedynym rozwiązaniem tej kwestii były, jak dotąd, rowery trójkołowe. Jednak sposób poruszania się na tego typu pojazdach w znaczącym stopniu odbiega od użytkowania klasycznego, dwukołowego roweru. Dzieje się to właśnie za sprawą wymuszonej stabilizacji, która uniemożliwia pochylanie się roweru, na przykład podczas pokonywania zakrętów. Z tego względu relatywnie niewiele osób z niepełnosprawnością decyduje się na zakup lub użytkowanie roweru trójkołowego. Podstawową zaletą jazdy na rowerze wydaje się bowiem możliwość swobodnego manewrowania za pomocą balansowania ciałem³.

W związku z tym powstał pomysł opracowania zupełnie nowej konstrukcji roweru, która będzie łączyć w sobie zarówno korzyści z jazdy rowerem klasycznym, dwukołowym, jak i rowerem stabilizowanym, trójkołowym. Rower ten miał charakteryzować się mechanizmem zmiennego rozstawu kół przednich. Pojazd miał być wyposażony w trzy koła, z czego jedno powinno znajdować się z tyłu, a dwa koła z przodu. Owe przednie koła powinny zmieniać swój rozstaw, zależnie od warunków jazdy⁴.

W sytuacji, w której konieczna jest bezwzględna stabilizacja boczna, koła rozszerzają się i pojazd zachowuje się jak klasyczny trójkołowiec. Może być to przydatne na przykład podczas manewrowania po parkingu lub podczas jazdy z małymi prędkościami, przy których utrzymanie równowagi jest nieco trudniejsze. Ponadto rowerzysta w miarę odczuwania zmęczenia może zade-

³ Batumelai Sathish Kumar, Vinod K. Banthia, A. K. Ray, *Design of three wheeler vehicle for physically challenged people*, Automotive and Aeronautical Engineering Department, M. S. Ramaiah School of Advanced Studies, Bangalore; M. Pickering, L. Horrocks, K. Visser, G. Todd, *Adapted bikes-what children and young people with cerebral palsy told us about their participation in adapted dynamic cycling*, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 2012

⁴ T. Szczepański, A. Skarbek-Żabkin, B. Stasiak-Cieślak, P. Malawko, M. Ślęzak, P. Dziedziak, A. Sowiński, *Rower z mechanizmem płynnej zmiany rozstawu kół jezdnych*, zgłoszenie patentowe nr: P427394

cydować o potrzebie rozszerzenia kół podczas jazdy w dowolnych innych warunkach⁵.

Natomiast w sytuacji, w której osoba kierująca poczuje się komfortowo pod względem samodzielnego utrzymywania równowagi, może złożyć koła. Mechanizm zmiany ich rozstawu przemieści przednie koła jezdne blisko siebie, aby stanowiły one formę jednego koła zespolonego. Dzięki temu pojazd straci stabilizację boczną i możliwe stanie się pochylanie się w czasie jazdy, balansowanie ciałem i manewrowanie charakterystyczne dla jazdy klasycznym rowerem dwukołowym.

W niniejszym artykule zostanie zaprezentowana analiza techniczna problemów związanych z konstrukcją mechanizmu zmiany rozstawu kół. W rozdziale 2 zostaną przedstawione rozwiązania teoretyczne, koncepcje konstrukcji, analiza problemów i obliczenia w tym zakresie. Natomiast w rozdziale 3 zostanie pokazana praktyczna realizacja konstrukcji, wraz z opracowanym prototypem.

2. Koncepcja prototypu

Podstawowym założeniem mechanizmu zmiany rozstawu kół było zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa dla rowerzysty. Koncepcja czasowego wyłączania stabilizacji bocznej (poprzez złączenie kół przednich) wprowadza konieczność samodzielnego utrzymywania równowagi przez osobę kierującą pojazdem, dlatego wszelkie rozwiązania konstrukcyjne muszą sprzyjać sprawnemu przywróceniu stabilności, kiedy tylko zajdzie taka potrzeba. W związku z tym należało rozważyć kilka istotnych kwestii.

Stabilizacja przednich lub tylnych kół

Pierwszą kwestią wymagającą analizy było pytanie, które koła powinny zmieniać rozstaw i powodować stabilizację boczną pojazdu: przednie czy tylne? Podczas jazdy ze stałą prędkością nie stanowi to istotnego problemu. Jednak pojazdy z dwoma kołami z przodu i z dwoma kołami z tyłu zachowują się zupełnie inaczej podczas hamowania i przyspieszania na zakręcie. Występuje wówczas złożenie się dwóch rodzajów ruchu oraz sumowanie geometryczne dwóch różnych sił: siły bezwładności wynikającej ze zmiany prędkości oraz siły bezwładności wynikającej ze zmiany kierunku jazdy.

W przypadku hamowania na zakręcie pierwsza siła jest skierowana w przód, a druga w bok. To sprawia, że siła wypadkowa jest skierowana pod kątem w bok i do przodu, a dokładny jej kierunek zależy od proporcji intensywności hamowania

⁵ B. Stasiak-Cieślak, P. Malawko, T. Szczepański, P. Wiśniowski, *E-rower jako alternatywny środek transportu dla osób z niepełnosprawnościami*, pod red. J. Stokłosa, [w:] *Nowe rozwiązania techniczne, organizacyjne i informatyczne w transporcie*, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, 2020

i intensywności skręcania. Wówczas korzystniej jest stabilizować rower za pomocą dwóch kół przednich. Z kolei, w przypadku przyspieszania na zakręcie, pierwsza siła jest skierowana do tyłu, a druga w bok, przez co siła wypadkowa ma kierunek skośny: w bok i do tyłu. Wówczas korzystniejsze okazują się dwa koła z tyłu.

Należy jednak zauważyć, że hamowanie bywa czynnością częściej wykonywaną awaryjnie i przez to częściej może wiązać się z większą intensywnością. Szczególnie w przypadku napotkania nieoczekiwanej przeszkody można zauważyć jednocześnie wykonywany manewr skrętu w celu ominięcia obiektu oraz gwałtownego hamowania. Dlatego wydaje się, że w projektowanym rowerze bardziej korzystnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie stabilizacji bocznej za pomocą dwóch kół przednich.

Tor przemieszczania się elementów mocujących koła

Koła w rowerze umieszczone są na elemencie zwanym widelcem. Pozwala on z jednej strony na łożyskowanie piasty koła, umożliwiając jednocześnie skręt koła w płaszczyźnie poziomej w celu skręcania roweru. W projektowanym mechanizmie każde koło powinno zostać zamocowane na osobnym widelcu, a dodatkowo każdy widelec będzie wykonywał niespotykany wcześniej w rowerach ruch związany ze zmianą rozstawu kół. Powstaje wobec tego pytanie o tor, po którym powinny się poruszać w przestrzeni widelce.

W ogólności, w sensie geometrycznym, można wyróżnić dwa podstawowe rozwiązania:

- pierwsze, w którym obydwa widelce pozostawałyby równoległe względem siebie, a ich ruch odbywałby się w płaszczyźnie poziomej,
- drugie, w którym zmiana rozstawu kół obejmowałaby jedynie dolną część widelców, przez co zmieniałby się kąt pomiędzy nimi i poruszałyby się w płaszczyźnie prostopadłej do osi roweru.

Warto zauważyć, że w drugim przypadku zmienia się wysokość położenia środka ciężkości przedniej części roweru w taki sposób, że w trakcie rozszerzania się kół, środek ciężkości obniża się. Oznacza to, że siła ciężkości roweru sprzyja zwiększaniu rozstawu kół, a przez to zwiększaniu stabilności całego pojazdu. Takie rozwiązanie wydaje się korzystniejsze z punktu widzenia bezpieczeństwa awarii. W przypadku niesprawności siłownika lub oderwania się elementu łączącego widelce, rower automatycznie przyjmie stabilną pozycję.

Stan metastabilny po złączeniu kół

Trzeba zaznaczyć, że nawet po złączeniu kół, nie powinny one dotykać do siebie, żeby występujący kontakt pomiędzy oponami nie spowodował ich szybkiego zużycia. Z tego względu oraz z faktu określonej grubości opon występują dwa punkty styku pomiędzy kołami a podłożem, oddalone o kilka, kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt centymetrów, w zależności od parametrów mechani-

zmu. Tworzy to stan metastabilny, który przy niewielkim kącie pochylenia bocznego powoduje powrót roweru do pozycji pionowej, a przy przekroczeniu kąta granicznego przechyłu bocznego powstaje siła powodująca dalszy przechył boczny. Należy to zjawisko traktować jako niekorzystne, ponieważ zaburza płynne pochylenie się roweru, co może prowadzić do dezorientacji rowerzysty i utrudnienia utrzymania równowagi. W związku z niekorzystnym wpływem omawianego zjawiska na utrzymanie równowagi podczas przechyłów bocznych, przy konstruowaniu roweru konieczne było rozważenie sposobów jego minimalizacji.

W procesie opracowania konstrukcji wykonano analizę czynników wpływających na nasilenie zjawiska metastabilności. Były to: oddalenie punktów styku między przednimi kołami i podłożem, położenie środka ciężkości zespołu roweru i rowerzysty oraz masa całkowita roweru i rowerzysty.

W odniesieniu do cech konstrukcyjnych roweru, na podstawie powyżej przeprowadzonej analizy, sformułowano następujące wytyczne:

- mechanizm zmiany rozstawu kół przednich powinien zapewnić jak największe zbliżenie do siebie kół przednich; w tym celu warto zastosować widelce jednostronne do mocowania kół, montowane po zewnętrznej stronie przednich kół jezdnych,
- w celu podwyższenia środka ciężkości rama rowerowa powinna zapewniać pionową pozycję ciała rowerzysty; oczywiście w granicach przechyłu tułowia zapewniających komfort i należytą stabilizację ciała na siedzisku,
- masa roweru powinna zostać zminimalizowana; celowe wydaje się zastosowanie lekkich materiałów konstrukcyjnych, takich jak włókna węglowe.

Napężenia w oplocie rozszerzających się kół

Ciekawym problemem był rozkład sił w oplocie koła, który zmienia się wraz z kątem przechyłu koła jezdnego. Kąt ten w klasycznym rowerze zmienia się w zależności od przechyłu roweru oraz skrętu kierownicy. W opracowywanym rozwiązaniu będzie zależał również od kąta rozstawu przednich kół jezdnych, który ma być zmienny, w zależności od trybu jazdy. Analiza tego problemu prowadziła do doboru odpowiednich parametrów oplotu w kołach. Konieczne było zastosowanie wzmocnionego oplotu.

Obniżanie się przedniej części roweru podczas rozszerzania się kół

Ze względu na rozchyłanie widelców podczas rozszerzania się kół przednich następuje obniżenie środka ciężkości przedniej części roweru. Z punktu widzenia niebezpieczeństwa awarii zjawisko to zostało uznane za korzystne, jednak istnieją też jego negatywne skutki. Może to powodować odczucie rowerzysty zwane nurkowaniem, kiedy środek ciężkości osoby kierującej będzie poruszał się w dół i do przodu.

Rozważano więc możliwość przeciwdziałania temu efektowi poprzez zamontowanie siłownika w tylnej części roweru. Jego zadaniem byłaby zmiana wysokości środka ciężkości tylnej części roweru, zsynchronizowana ze zmianą rozstawu kół przednich. W toku konstrukcji okazało się jednak, że ewentualne zmiany wysokości środka ciężkości są na tyle niewielkie, że nie będą odczuwalne przez rowerzystę. W związku z tym zrezygnowano z montażu dodatkowego siłownika na korzyść amortyzatora tylnego, który znacząco poprawi komfort jazdy po nierównościach.

Synchronizacja skrętu kół przednich

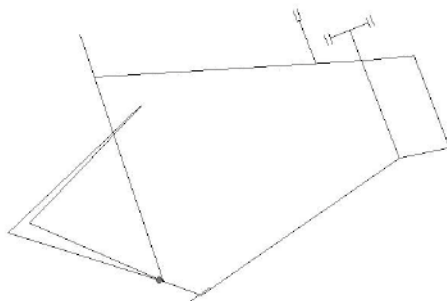
Mechanizm operujący przednimi kołami musi także realizować funkcję ich skrętu. Z uwagi na zastosowanie dwóch widełców, konieczna stała się synchronizacja ich skrętu. Najprostszym rozwiązaniem konstrukcyjnym zapewniającym tę funkcję, charakteryzującym się przy tym prostotą oraz niezawodnością, jest mechanizm czworobokowy. Taki też został wybrany jako optymalny.

W następnym rozdziale zostaną przedstawione rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w praktyce podczas budowy prototypu roweru z mechanizmem zmiennego rozstawu kół przednich.

3. Realizacja prototypu

W celu zaprezentowania ostatecznej konstrukcji przedstawiono jej schematyczny układ, a następnie praktyczną realizację. Rys. 1 przedstawia samą ramę widoczną z boku, przy czym przód roweru jest z prawej strony, a tył z lewej. Element mocujący tylne koło zamocowany jest wahliwie na przegubie (przegub zaznaczony szarą kropką). Jest to konstrukcja powszechnie stosowana w ramach rowerowych i nie wnosi ona nic nowego do prezentowanej innowacji. Natomiast w przedniej części roweru (prawa strona rysunku) widoczne są dodatkowe mocowania. Na kolejnych rysunkach posłużą one do przymocowania ruchomych części konstrukcji.

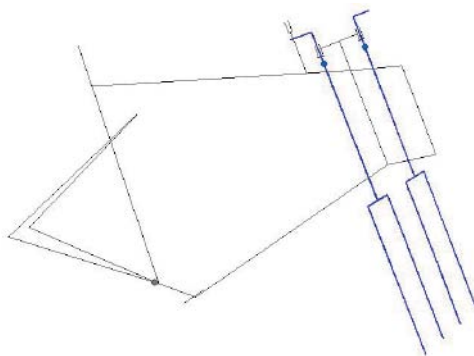
Rys. 1 Rama roweru



Źródło opracowania: ITS

Rys. 2 zawiera dodatkowo dwa widelce do mocowania przednich kół roweru, zaznaczone kolorem niebieskim. Są one przymocowane do ramy poprzez widoczne łożyska. Dodatkowo na każdym widelcu, w jego górnej części, znajduje się przegub (zaznaczony niebieską kropką).

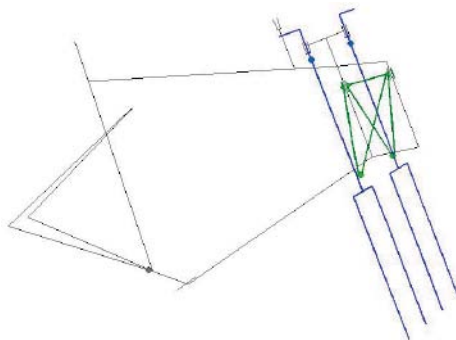
Rys. 2 Rama roweru wraz z widelcami



Źródło opracowania: ITS

Rys. 3 przedstawia dodatkowo wahacze, zaznaczone kolorem zielonym. Służą one do stabilizacji widelców w ich dolnej części. Połączone są z widelcami za pomocą przegubów (zielone kropki), co umożliwia rozchyłanie widelców na boki. Górna część wahaczy przymocowana jest do ramy roweru za pomocą łożysk liniowych, ślizgowych oraz dodatkowych przegubów (zielone kropki). Umożliwia to przesuwanie się górnej części wahaczy do góry i do dołu, przy jednoczesnym rozchyłaniu ich dolnej części na boki.

Rys. 3 Rama roweru wraz z widelcami i wahaczami

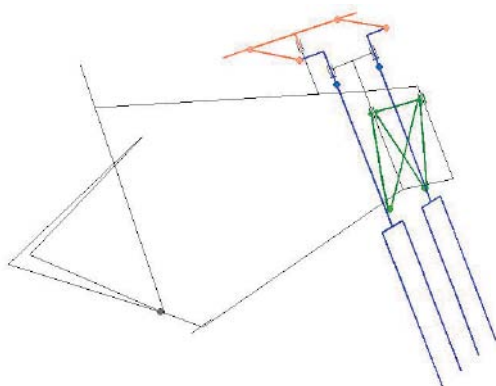


Źródło opracowania: ITS

Rys. 4 pokazuje mechanizm czworobokowy synchronizujący skręt widelców, zaznaczony kolorem pomarańczowym. Znajdują się tam cztery przeguby (po-

marańczowe kropki). Końce belki poprzecznej wysuniętej najbardziej ku tyłowi roweru stanowią rękojeści kierownicy.

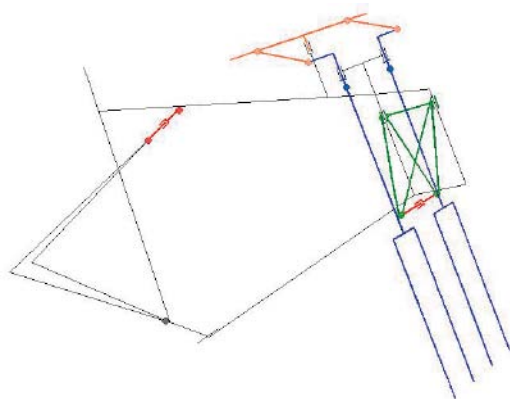
Rys. 4 Rama roweru wraz z mechanizmem czworobokowym



Źródło opracowania: ITS

Rys. 5 prezentuje dodatkowo dwa siłowniki, oznaczone kolorem czerwonym. Są one także zamontowane za pomocą przegubów. Przedni siłownik rozchyla widelce, a tylny (opcjonalny) reguluje wysokość tylnego zawieszenia roweru. W klasycznych ramach rowerowych zamiast tylnego siłownika stosuje się amortyzator. Po analizie problemu nurkowania roweru również zdecydowano się na zastosowanie amortyzatora zamiast siłownika.

Rys. 5 Rama roweru wraz z siłownikami



Źródło opracowania: ITS

Na podstawie powyższych wytycznych opracowano prototyp omawianego roweru trójkołowego z mechanizmem zmiany rozstawu kół przednich przeznaczonego dla osób z dysfunkcjami motorycznymi kończyn dolnych. Na rys. 6

przedstawiono zdjęcie roweru z kołami rozstawionymi szeroko, a na rys. 7 ten sam rower z kołami złożonymi, co umożliwia jazdę z przechyłami bocznymi.

Rys. 6 Rower trójkołowy z mechanizmem zmiany rozstawu kół przednich przeznaczonego dla osób z dysfunkcjami motorycznymi kończyn dolnych z rozstawionymi kołami



Źródło opracowania: ITS

Rys. 7 Rower trójkołowy z mechanizmem zmiany rozstawu kół przednich przeznaczonego dla osób z dysfunkcjami motorycznymi kończyn dolnych ze złożonymi kołami



Źródło opracowania: ITS

Przedstawiona konstrukcja stanowi realizację wszystkich opracowanych założeń technicznych. Widoczna jest na niej rama roweru oraz mechanizm zmiany rozstawu kół wraz z trzema kołami jezdnyymi. Na rys. 8 przedstawiono natomiast kompletny pojazd rowerowy, wyposażony w baterię, oprzyrządowanie napędowe i sterujące.

Rys. 8 Kompletny rower trójkołowy z mechanizmem zmiany rozstawu kół



Źródło opracowania: ITS

4. Podsumowanie

Opracowany rower został wyposażony w:

- ramę z włókna węglowego,
- trzy koła o średnicy 52 cm,
- szerokie, terenowe opony,
- mechanizm zmiany rozstawu kół przednich, gdzie szeroki rozstaw wynosi 80 cm, a wąski rozstaw jest regulowany,
- silownik elektryczny pozwalający na zmianę rozstawu kół w czasie jazdy,
- panel sterowania parametrami zmiany rozstawu kół,
- elektryczne wspomaganie napędu.

Wydaje się, że taka konfiguracja urządzeń, wraz z innowacyjnym mechanizmem, stanowi dobre rozwiązanie problemu przedstawionego we wprowadzeniu. Pojazd może zarówno zapewnić stabilizację boczną, jak i pozwalać na przechyły boczne i balansowanie ciałem w czasie jazdy. Jest to połączenie niespotykane dotychczas w konstrukcjach rowerowych.

Rozwiązanie może znaleźć zastosowanie zarówno jako produkt sprzedażowy,

jak również w formie miejskich wypożyczalni rowerowych. Warto zauważyć, że grono odbiorców to nie tylko osoby z niedowładem kończyn dolnych lub tułowia, ale także osoby starsze lub z innych powodów potrzebujące pewnej asekuracji podczas jazdy w formie zwiększonej stabilizacji bocznej. Użytkownikami mogą więc być na przykład osoby z zaburzeniami błędnika.

Również osoby pełnosprawne mogą korzystać z tego typu rowerów. Charakteryzują się one bowiem podwyższonym komfortem jazdy, co sprowadza je do rozwiązania ekskluzywnego. Jednocześnie, po złożeniu przednich kół, właściwości użytkowe w czasie jazdy niczym nie ustępują rowerom klasycznym.

Finansowanie

Badania przeprowadzono w ramach projektu pt. „Opracowanie prototypu roweru elektrycznego dla osób z niepełnosprawnościami”, dofinansowanego z Państwowego Funduszu Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych Nr BEA/000039/BF/D z dnia 22 lutego 2019.

Literatura

Batumelai Sathish Kumar, Vinod K. Banthia, Ray A. K., *Design of three wheeler vehicle for physically challenged people*, Automotive and Aeronautical Engineering Department, M. S. Ramaiah School of Advanced Studies, Bangalore

Blumenstein T., Zeitlmann H., Alves-Pinto A., Turova V., Laper R., *Optimization of electric bicycle for youths with disabilities*, SpringerPlus 2014

Hicks D., *Urban 'Dis' ability: Bicycle Infrastructure as an Enabler of Mobility for Users of Wheelchairs and other Personal Mobility Devices*, Diss. University of Southampton, 2015

Mroczek M., *Różni rowerzyści – wspólna przestrzeń, czyli rzecz o projektowaniu miejskiej infrastruktury rowerowej z myślą o osobach niepełnosprawnych fizycznie*, Warszawa, Polska Akademia Nauk, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, Studia KPZK, 2017

Stasiak-Cieślak B., Malawko P., Szczepański T., Wiśniowski P., *E-rower jako alternatywny środek transportu dla osób z niepełnosprawnościami*, pod red. Stokłosy J., [w:] *Nowe rozwiązania techniczne, organizacyjne i informatyczne w transporcie*, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, 2020

Pickering M., Horrocks L., Visser K., Todd G., *Adapted bikes-what children and young people with cerebral palsy told us about their participation in adapted dynamic cycling*, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 2012

Szczepański T., Skarbek-Żabkin A., Stasiak-Cieślak B., Malawko P., Ślęzak M., Dziedzic P., Sowiński A., *Rower z mechanizmem płynnej zmiany rozstawu kół jezdnych*, zgłoszenie patentowe nr: P.427394