

Czesław Koziarski<sup>1</sup>

Tomasz Trzaskacz<sup>2</sup>

# NOWE PRZEKŁADNIE ROWEROWE

## 1. WSTĘP

Największe zatrucie atmosfery w skupiskach ludzkich powodują silniki spalinowe samochodów, które są używane masowo głównie z powodu niedomagań miejskiej komunikacji zbiorowej. Zwiększa się ilość wypadków a zatłoczenie dróg powoduje spadek komfortu posługiwania się tymi pojazdami oraz obniżania się średniej prędkości ich jazdy.

Elektryczne samochody są kłopotliwe w eksploatacji z powodu małych przyspieszeń, a przede wszystkim z powodu konieczności częstego ładowania ich akumulatorów, co też zatrzuwa nieraz atmosferę. Znaczna masa tych akumulatorów utrudnia ich wymianę oraz ogranicza nośność pojazdów. Najkorzystniejszym napędem pod względem ekologicznym są ludzkie mięśnie, których używanie dodatnio wpływa na zdrowie. Jednak człowiek nie zawsze na to ma ochotę i nieraz skorzystałby w czasie jazdy np. rowerem z dodatkowego źródła energii np.: elektrycznego lub inercyjnego. Bezwładniki trudno jednak wykorzystać w lekkim pojeździe napędzanym siłą mięśni ludzkich. Mogą one natomiast znacznie poprawić ekonomię i zmniejszyć uciążliwość użytkowania pojazdów spalinowych [5, 6, 7]. Do zmniejszania wysiłku mięśni człowieka w pojazdach nimi napędzanych, najlepszym pod względem ekologicznym jest obecnie napęd elektryczny silnikami o małej mocy.

---

<sup>1</sup> Dr hab. inż. Czesław Koziarski jest profesorem nadzwyczajnym na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu

<sup>1</sup> Mgr inż. Tomasz Trzaskacz jest doktorantem na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu

Silniki te zastosowane w lekkich pojazdach jako dodatkowe źródła napędu mogą być zasilane z niezbyt ciężkich akumulatorów, które mogą być łatwo wymieniane. Mogą one być też doładowywane za pomocą tzw. hamowania odzyskowego, ogniwami fotoelektrycznymi lub energią z cewek tłumiących drgania wahliwie umocowanych akumulatorów. Cewki te wraz z masą akumulatorów mogą służyć jako pochłaniacze drgań w rowerach resorowanych, szczególnie o tzw. konstrukcji poziomej, które znacznie ułatwiają rozwijanie większych przyspieszeń i prędkości, zwiększając komfort i zasięg jazdy [11].

Ważnym problemem w czasie użytkowania pojazdów o napędzie mięśniowym oraz elektrycznym w osiedlach jest częste ich zatrzymywanie oraz rozpędzanie, które wymaga znacznego wysiłku człowieka lub wydatkowania niepomiarowo dużej energii z akumulatora.

Od początku historii roweru, konstruktorzy usiłowali stworzyć jak najbardziej efektywny sposób przekazywania napędu taki, który ułatwiałby ruszanie czy pokonywanie przeszkód. Stosowane rozwiązania muszą być proste, niezawodne, tanie i trwałe w użytkowaniu. Jednym z pierwszych rozwiązań, stosowanych do dziś jest wykorzystanie owalnych kół czynnych w przekładni łańcuchowej.

Jednym z prekursorów tej myśli był A. Sharp [14], który w 1896 roku przeprowadził analizę tego rozwiązania i stwierdził, że najefektywniejsze jest takie ustawienie korb w stosunku do czynnego koła łańcuchowego, gdy mała oś owalu pokrywa się z osią korb. Dalsze analizy zastosowania kół owalnych opierają się na poznaniu biomechanicznych aspektów tego rozwiązania. Jedną z nich przeprowadzili w 1991 roku R. P. S. Han, M. A. Thomlinsona i Y. S. Tua. [2]. Wszelkie dane, takie jak: długości odcinków kończyn (udo, podudzie, stopa), ich masy i momenty bezwładności zaczerpnięto z prac Hulla [3, 4, 12, 13], który wyznaczył je na podstawie pomiarów antropometrycznych. W trakcie badań zbudowano algorytm projektowania kształtu koła napędowego. Obiektem wyjściowym było klasyczne zębate koło łańcuchowe. Po dokonaniu optymalizacji otrzymano nieregularny profil koła łańcuchowego, który poddany „wygładzeniu” przybrał postać zarysu zbliżonego do elipsy, jednakże ustawienie korb nie pokrywało się ani z dużą, ani z małą osią otrzymanego profilu. Takie zaprojektowanie układu korba – koło łańcuchowe sprawiło, że w lepszy sposób wykorzystano siłę, z jaką pedałuje rowerzysta. Korby ustawione są w taki sposób, że o kąt  $30^\circ$  wyprzedzają małą oś profilu. Gdy korby zajmują położenie od  $30^\circ$  do  $100^\circ$ , w stosunku do pionu, wówczas dla ułatwienia jazdy koło łańcuchowe pracuje na części gdzie promień jest najmniejszy, gdy korby zajmują położenie od  $110^\circ$  do  $180^\circ$ , a rowerzysta przykładą największą siłę, koło pracuje w zakresie większych promieni. Uzyskano w ten sposób najefektywniejsze wykorzystanie siły nóg rowerzysty.

Klasycznie stosowane układy przerzutek, czy przekładni zębatach mają pewne wady. Należą do nich w przypadku przerzutek, brak możliwości zmiany biegu na postoju, wcześniejsze ustawienie biegu w przypadku ruszania z miejsca, jeśli ma się to odbyć na mniejszym przełożeniu kinematycznym. W przypadku przekładni zębatach, wadami są znaczne opory ruchu oraz niewielka

ilość biegów. W przypadku obydwóch systemów zmiany przełożenia konieczne jest również stosowanie manetek, a więc ręczna zmiana przełożenia oraz co najistotniejsze skokowa zmiana przełożenia.

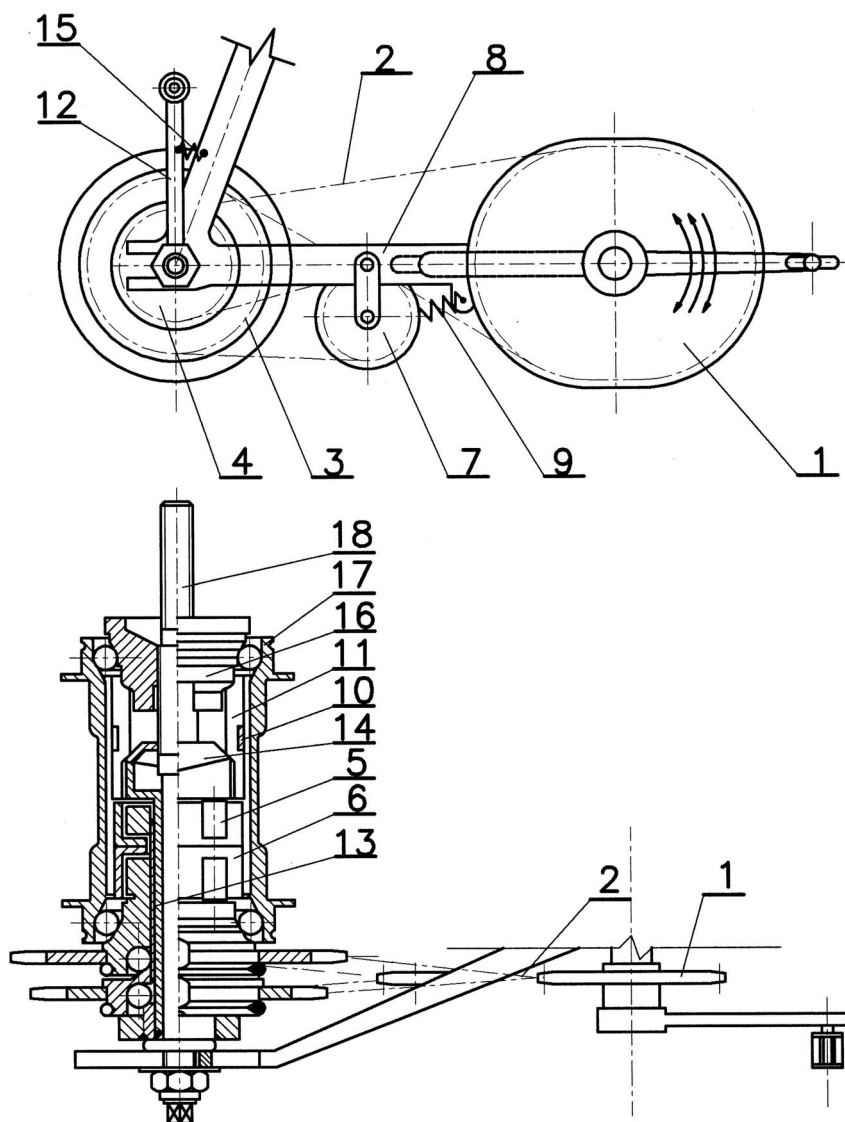
Dla racjonalnego wydatkowania energii najlepsza jest zmiana ciągła przełożenia między źródłem energii a kołami napędzanego pojazdu. Znane przekładnie o ciągłej regulacji przełożenia nie nadają się do napędu w rowerach z powodu ich niskiej sprawności oraz znacznych rozmiarów.

Dla ułatwienia rozpędzania za pomocą mięśni, została opracowana przekładnia łańcuchowa o ciągłej regulacji przełożenia, która zdała praktyczne próby w rowerze [8]. Na bazie tej przekładni opracowano rozwiązanie pozwalające na pokonanie prawie każdej przeszkody. Opracowano też rozłączną przekładnię zębatą o dużym przełożeniu na jednym stopniu, która pozwala na stosowanie silników elektrycznych o dużej prędkości obrotowej, zapewniając przy tym dużą sprawność przekazywania energii. Przekładnie te zastosowane w nowych konstrukcjach rowerów, w znacznym stopniu powinny zwiększyć możliwość wykorzystania proponowanych napędów. Powinno to w sumie zapewnić możliwość dorównywania im w sprawności poruszania się po osiedlach samochodom, unikając przy tym ich wad.

## 2. PRZEKŁADNIE ŁAŃCUCHOWE

Przekładnia łańcuchowa o ciągłej regulacji przełożenia, przedstawiona na rys. 1 składa się z czynnego koła łańcuchowego o owalnym kształcie 1 połączonego łańcuchem 2 z biernymi kołami łańcuchowymi 3 i 4, związanymi z jednokierunkowymi sprzęgłami 5 i 6. Oba ciężne łańcucha 2 opasującego koło łańcuchowe 1 nałożone są na bierne koła łańcuchowe 3 i 4 jednakowo od góry i łączą się na napinającym kole 7, które zapewnia nie tylko odpowiedni naciąg łańcucha, ale kompensuje również wszelkie zmiany długości jego opasania.

Zapewnia to zamocowanie tego koła ruchomo na ramie 8 i napinanie go sprężyną 9. Koszyczki ich jednokierunkowych sprzęgieł 5 i 6 są do siebie dociskane za pomocą pierścieniowej sprężyny 10 ściągającej szczęki hamulca 11, co zapobiega ich udarowej pracy. Dźwignia hamulca 12 z osią tylnego koła roweru 13 za pomocą gwintu o dużym skoku. Rozpierak 14, opierający się o jednokierunkowe sprzęgło 5 związane z biernym kołem łańcuchowym 4, służy do rozpierania dwu szczęk hamulca 11. Sprężyna 15 łącząca dźwignię hamulca 12 z ramą roweru 8 służy do podnoszenia jej po zakończeniu hamowania. Zespół piasty napędowego koła roweru, składający się z jednokierunkowych sprzęgieł 5 i 6, dwu szczęk hamulca 11 dociskanych do siebie pierścieniową sprężyną 10 oraz dwu rozpieraków 14 i 16, umieszczony jest w piaście 17, przy czym cały zespół połączony jest z osią tylnego koła roweru za pomocą wspornika 18.

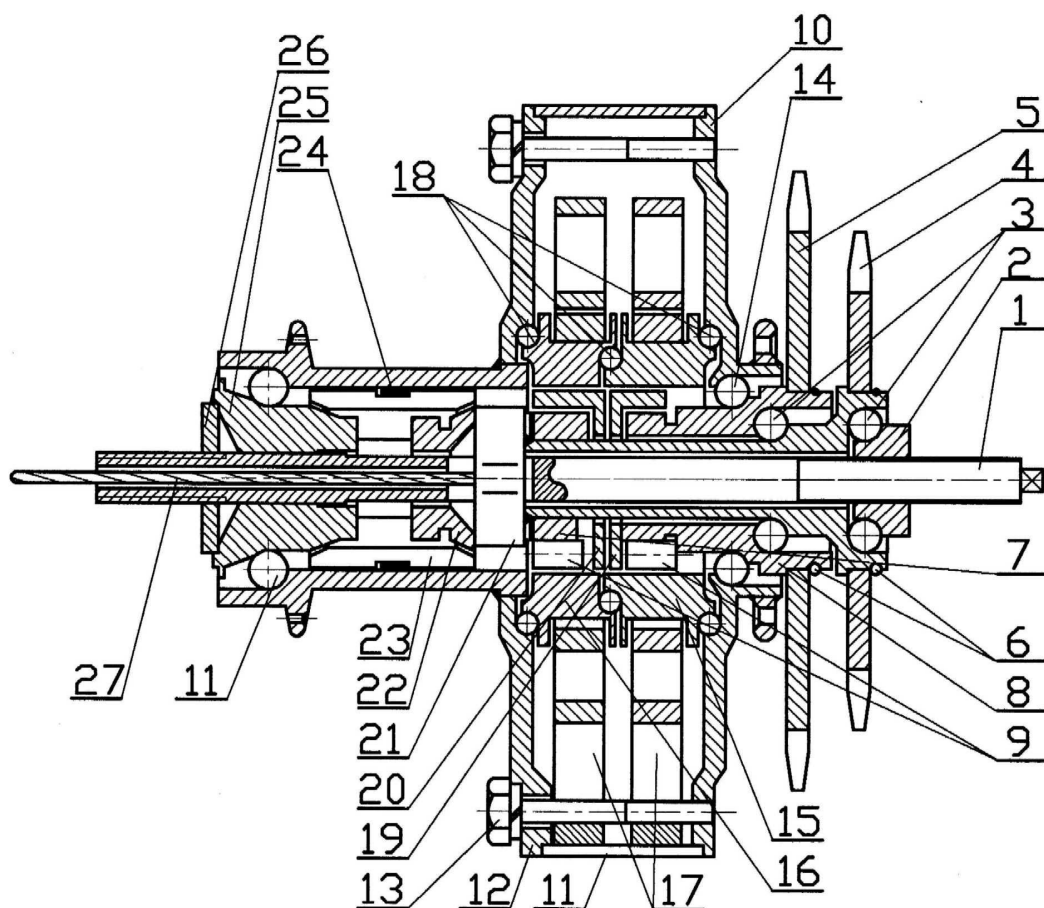


Rys.1. Przekładnia łańcuchowa o ciągłej regulacji przełożenia

Działanie omawianej przekładni jest następujące. W pierwszej fazie rozpędzania roweru rowerzysta naciska na pedały, a wraz z nimi czynne koło łańcuchowe o owalnym kształcie 1 waha się na przemian w obu kierunkach, w wyniku, czego następuje rozpędzanie roweru, przy czym takie naciskanie pedałów o wzrastającej amplitudzie dokonuje się aż do osiągnięcia ruchu obrotowego, przy którym ustaje impulsowe działanie przekładni. Kierunek tego ruchu początkowo zapewnia mniejsze przełożenie kinematyczne, a następnie po dalszym rozpędzeniu roweru można naciskać pedały w przeciwnym kierunku, przy większym przełożeniu, a rower w dalszym ciągu jedzie do przodu. Zmiana przełożenia przekładni w zależności od kierunku ruchu pedałów realizowana jest przez zróżnicowane liczby zębów na biernych kołach łańcuchowych 3 i 4.

Hamowanie roweru realizuje się przez naciskanie dźwigni 12, która połączona jest z tylną osią roweru 13 za pomocą gwintu o dużym skoku, przemieszcza poosiowo związane z biernymi kołami łańcuchowym jednokierunkowe sprzęgło 5, które naciskając na rozpierek 14 powoduje rozwarcie dwu

szczęk hamulca 11. Jednokierunkowe sprzęgła napędzają tylne koło rowerowe do przodu niezależnie od kierunku naciskania na pedały. Związane z jednokierunkowymi sprzęgłami 5 i 6 bierne koła łańcuchowe 3 i 4 mają różne liczby zębów, dzięki czemu uzyskuje się różne przełożenie przekładni w zależności od kierunku ruchu, co ułatwia jazdę w zmiennych warunkach drogowych.



Rys. 2. Piasta pierwszego wariantu rozwojowego przekładni łańcuchowej o ciągłej regulacji przełożenia

Rysunek 2 przedstawia piastę tylnego koła w pierwszym wariantcie rozwojowym omówionej przekładni łańcuchowej. Dzięki zastosowaniu elastycznego połączenia między sprzęgłami jednokierunkowymi a tuleją piasty opisanemu dokładniej w [5], przełożenie kinematyczne można regulować od wartości zerowej w zależności nie tylko od amplitudy ruchu pedałów, ale i obciążenia przekładni. Zastosowano w niej też inny zacisk szczęk hamulca za pomocą linki, która może być uruchamiana za pomocą dźwigni ręcznie.

Piasta ta składa się z: Osi koła 1, stożka łożyskowego 2, koszyczków kulek łożyskowych 3, łańcuchowych kół biernych 4 i 5, pierścieni sprężystych 6, jarzma wewnętrznego z krzywkami 7, jarzma zewnętrznego z krzywkami 8, rolek sprzęgieł jednokierunkowych 9. Tuleja piasty składa się z

prawej tarczy 10, tulei osłonowej 11, lewej tarczy 12 oraz śrub łączących 13. Wewnątrz tulei znajdują się łożyskujące ją koszyczki kulek 14, tuleje sprężyn 15 i 16, sprężyny spiralne 17, kulki łożyskowe 18, koszyczki rolek sprzęgieł jednokierunkowych 19 i 20, zaczep 21, rozpierak 22, szczęki hamulcowe 23, sprężyna ściągająca 24, stożek hamulca 25, nakrętka kontrująca 26 oraz linka hamulca 27. Działanie przekładni z opisaną piastą jest podobne do działania przekładni przedstawionej na rysunku 1.

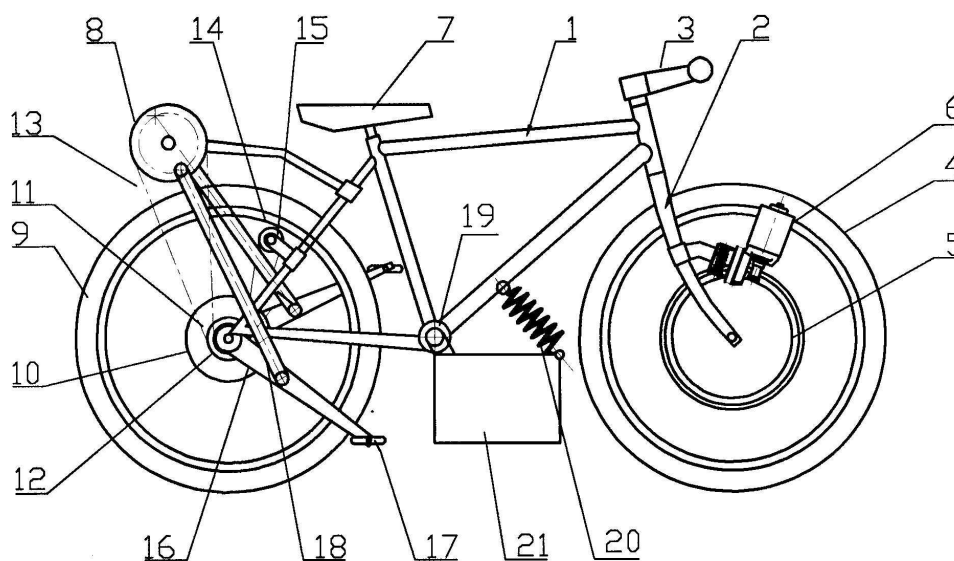
Hamowanie roweru realizuje się przez naciąganie ręką lub nogą za pomocą dźwigni linki 27 hamulca, która przesuwa rozpierak 22 powoduje rozwarcie szczęk 23 hamulca. Jednokierunkowe sprzęgła 9 napędzają koło roweru niezależnie od kierunku naciskania na pedały. Współpracujące z jednokierunkowymi sprzęgłami tuleje 15 i 16 sprężyn połączone sprężyscie z tuleją piasty sprężynami 14 spiralnymi umożliwiają nie tylko uzyskanie zerowej wartości przełożenia ale też jego zmianę w zależności od obciążenia napędu. To w połączeniu ze zróżnicowaną liczbą zębów kół 5 i 6 ułatwia nie tylko rozpędzanie roweru, ale i jazdę w zmiennych warunkach pozwalając praktycznie na pokonanie każdej przeszkody drogowej.

### 3. PRZEKŁADNIE W ROWERZE

Jak wykazały badania przeprowadzone między innymi na Uniwersytecie Stanfor w USA [1], napęd pedałami ma wiele wad. O wiele lepiej wykorzystuje się mięśnie nóg człowieka, gdy poruszają one dźwignie wykonujące ruchy wahadłowe, które najczęściej używane są do napędu pomp lub miechów. Jednak pomimo wielu prób [15], nie znalazły one szerokiego zastosowania w rowerze.

Na rys. 3. przedstawiono, jako przykład, przekładnię łańcuchową dźwigniową w rowerze na bazie typowej ramy. Rower ten składa się z ramy 1, oraz przednich widełek 2. Do widełek tych zamocowana jest z jednej strony kierownica 2, a z drugiej przednie koło 4 z zębatką pierścieniową 5, oraz dodatkowy napęd elektryczny 6. Do ramy zamocowane jest też siodełko 7, czynne koło łańcuchowe 8, oraz koło tylne 9. Na osi tego koła zamocowana jest piasta koła 10 z łańcuchowymi kołami biernymi 11 i 12. Koła te są połączone z czynnym kołem łańcuchowym 8 za pomocą łańcucha 13, który jest napinany kołem napinającym 14 zamocowanym za pomocą wspornika 15 na ramie 1. W piaście tylnego koła są zamocowane, działające wahadłowo dźwignie 16 z pedałami 17, które są połączone z kołem 8, za pomocą cięgien 18. Za pomocą przegubu suportu 19 oraz sprężyny 20 na ramie roweru zawieszony jest akumulator 21.

Działanie tej przekładni jest następujące. W pierwszej fazie rozpędzania roweru rowerzysta naciska na pedały, w wyniku, czego obraca czynne koło łańcuchowe 8 na przemian w obu kierunkach za pomocą cięgieł 18, w efekcie następuje rozpędzanie roweru, przy czym takie naciskanie pedałów o wzrastającej amplitudzie dokonuje się aż do osiągnięcia ruchu obrotowego kół łańcuchowych, przy którym ustaje impulsowe działanie przekładni. Kierunek tego ruchu początkowo zapewnia mniejsze przełożenie kinematyczne, a następnie po dalszym rozpędzeniu roweru można naciskać pedały tak, że czynne koło łańcuchowe obraca się w przeciwnym kierunku, przy większym przełożeniu, a rower w dalszym ciągu jedzie do przodu.

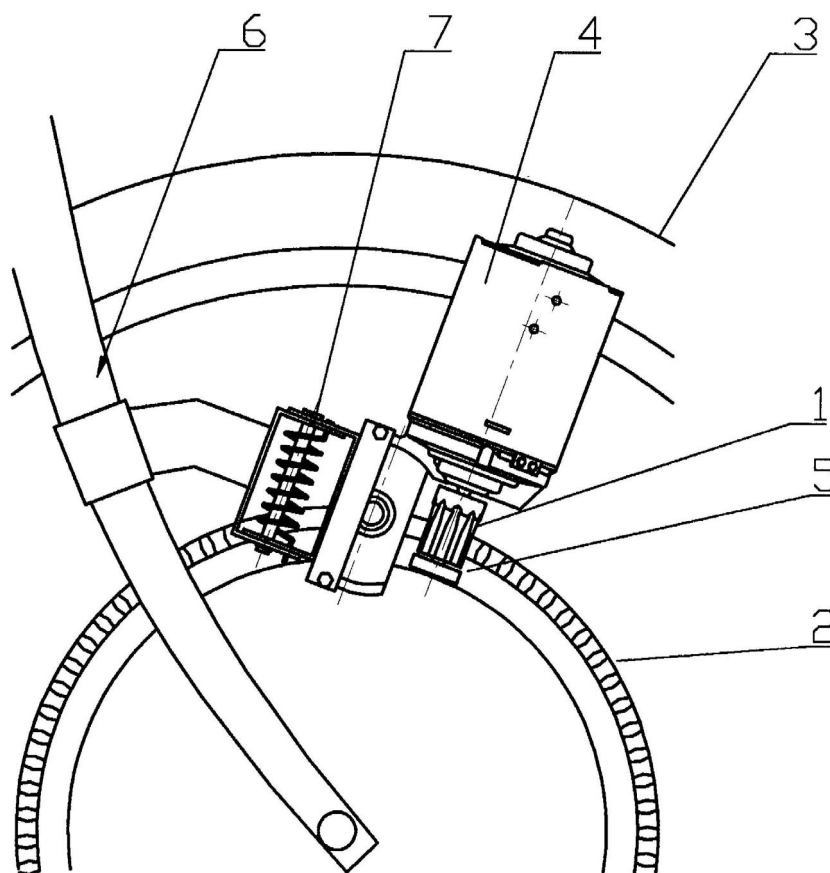


Rys. 3. Rower z przekładniami

Zmiana przełożenia przekładni w zależności od kierunku ruchu czynnego koła łańcuchowego 8 realizowana jest przez zróżnicowane liczby zębów na biernych kołach łańcuchowych 11 i 12, które opasane są cięgnami łańcucha 13. Zapoczątkowanie kierunku ruchu obrotowego zapewniającego mniejsze przełożenie kinematyczne ułatwia nie pokrywanie się osi cięgieł 18 z osią czynnego koła łańcuchowego 8, w skrajnych ich położeniach. Zmianę kierunku ruchu uzyskuje się przez wykorzystanie momentu zamachowego koła 8. Zastosowanie cięgieł 18 pozwala na osiągnięcie zmiennego przełożenia, wraz ze zmianą amplitudy ruchu pedałów, bez stosowania koła 8 jako koła owalnego. To z kolei umożliwia stosowanie przestawianego a nie ruchomo mocowanego koła napinającego 14.

Przedstawiona przekładnia umożliwia w przeciwieństwie do przekładni zastosowanej w rowerach firmy ZHU RAIG uzyskanie ciągłej zmiany przełożenia w czasie rozpędzania roweru oraz bez-uderzeniowej jej pracy po jego rozpędzeniu. Umożliwia ona też zastosowanie w rowerze ramy o zmiennej długości [11], co zwiększa komfort jego użytkowania.

W rowerze przedstawionym na rys. 3 zastosowano dodatkowy napęd elektryczny 6. Realizowany on jest za pomocą silnika prądu stałego napędzanego zasilanego energią z akumulatora. Napęd na przednie koło przekazywany jest poprzez rozłączną przekładnię zębatą o dużym przełożeniu. Przekładnia ta przedstawiona na rys. 4, składa się z walcowego koła zębatego 1 współpracującego z tarczowym kołem zębatym 2 umocowanym do szprych na kole roweru 3. Koło 1 umocowane jest na stałe na wałku silnika elektrycznego 4 i jest znacznie szersze od tarczowego koła zębatego 2. Na wałku tym zamocowana jest obrotowo rolka 5 dociskana do bieżni na kole tarczowym 2 za pomocą przegubu elastycznego 7, na którym napęd ten zamocowany jest do ramienia widełek koła roweru 6.



Rys.4. Dodatkowy układ napędowy roweru

Działanie przedstawionej przekładni jest następujące. Dla jej włączenia zwalnia się ręcznie zatrask w przegubie elastycznym 7, który samoczynnie łączy jej koła i dociska rolkę 5 do bieżni na zębatce pierścieniowej 2 siłą większą od siły promieniowej działającej między kołami przekładni. Rozłączenie omawianej przekładni realizowane jest przez obracanie ręką silnika 4 w osi przegubu elastycznego 7 do momentu zadziałania w nim zatrasku utrzymującego przekładnię w stanie rozłączonym.



Wartość siły docisku wywieranej przez przegub elastyczny 7 na rolkę 5, która jest wielokrotnie mniejsza od siły potrzebnej na uzyskanie w przekładni czarnej przekazującej identyczną siłę obwodową, może być tak dobrana żeby uzyskiwać samoczynne rozłączanie przekładni zabezpieczając układ napędowy roweru przed przeciążeniem. Stosując zębatkę pierścieniową 2 wykonaną z tworzywa sztucznego z dodatkiem smaru stałego uzyskuje się samo smarowanie przekładni.

Zastosowany silnik jest wysokoobrotowym silnikiem napędu wycieraczek samochodowych, z płynną regulacją prędkości, realizowaną za pomocą ruchomej szczotki (regulacja napięcia). Pomimo zastosowania o wiele tańszego od regulatora napięcia sposobu płynnej regulacji prędkości, umożliwiło to też odzyskowe hamowanie roweru.

Miejsce zamocowania akumulatora pod ramą, zapewnia jego bezpieczeństwo podczas upadku roweru. Elastyczne jego zamocowanie zwiększa żywotność, co w sumie pozwala na użycie taniego akumulatora samochodowego, zamiast trakcyjnego. W rowerach resorowanych może on też służyć do tłumienia drgań w czasie jazdy zwiększając jej komfort. Doładowywanie akumulatora w czasie jazdy może się odbywać nie tylko za pomocą wbudowanej w sprężynę, cewki tłumiącej drgania, ale i też foto-ogniwami umieszczonymi na ciele rowerzysty.

Alternatywą dla akumulatora lub jego uzupełnieniem mogą być w przyszłości układy kondensatorów wbudowanych w ramę oraz koła pojazdu, na których też mogą być umieszczone ogniwa fotoelektryczne.

Stosunkowa duża średnica koła zębatego 1 umożliwia uzyskiwanie niezbyt dużej siły obwodowej a duży moduł jego zębów tolerancję błędów jego wykonania. Pozwala to na stosowanie tworzyw sztucznych jako materiału na zębatkę pierścieniową 2. Zapewnia to dużą sprawność napędu i łatwość jego eksploatacji. Dwupołożeniowy uchwyt obrotowy napędu elektrycznego umożliwia wyłączenie go ręcznie.

Zasadnicze zalety takiej przekładni to uzyskanie dużego przełożenia na jednym stopniu przekładni zębatej, co zapewnia dużą sprawność przekazywania przez nią energii oraz możliwość kompensowania dużych odkształceń jej kół i ich rozłączania przy stosunkowo prostej konstrukcji.

#### 4. UWAGI KOŃCOWE

Jak wykazały przeprowadzone próby, pierwsza z przedstawionych przekładni działa poprawnie w każdych warunkach jazdy. Ułatwia ona też odczuwalnie rozpędzanie roweru nawet, gdy zamiast owalnego zastosuje się okrągłe czynne koło łańcuchowe. Znaczną niedogodnością była natomiast konieczność zdejmowania nogi z pedału i trafiania nią na dźwignię hamulca w celu jego użycia. Mniej niedogodna okazała się zmiana kierunku ruchu pedałów szczególnie, gdy obracanie czynnym kołem do tyłu powodowało mniejszą prędkość jazdy. Zmianianie kierunku tego ruchu skuteczniej rehabilituje mięśnie nóg rowerzysty. Poprawnie działa też przekładnia z dwoma sprzęgłami zapadkowymi, co w połączenie z okrągłym czynnym kołem rowerowym i związaną z tym możliwością mocowania napinającego koła na ramie roweru przesuwnie a nawet na stałe, stanowi konstrukcję o wiele prostszą

od przedstawionej na rys. 1. Można ją łatwo wykonać stosując oczywiście typowy hamulec szczękowy uruchamiany ręką podobnie jak to zaproponowano w dalszych wariantach rozwojowych omawianej przekładni.

Najlepszym silnikiem do napędu roweru wydaje się być niskoobrotowy elektryczny silnik tarczowy prądu stałego. Eliminuje on konieczność stosowania przekładni redukcyjnej oraz jego odłączania od napędu w czasie napędzania roweru mięśniami. W przedstawionej konstrukcji jako napęd posłużył silnik wysokoobrotowy stosowany do napędu wycieraczek w samochodzie. Jest on kilkukrotnie lżejszy a przede wszystkim około stukrotnie tańszy od niskoobrotowego silnika tarczowego. Zastosowany silnik posiada płynną regulację prędkości przez zmienianie położenia szczotki, którą rowerzysta może zmieniać za pomocą manetki umieszczonej na kierownicy. Regulacja napięcia, zamiast zastosowanej regulacji natężenia, umożliwi uzyskanie zakresu prędkości obrotowej silnika od wartości zerowej. Pozwala też na racjonalniejsze zużywanie energii elektrycznej, ale gdy ma służyć do hamowania odzyskowego jest stosunkowo drogim rozwiązaniem. Zamiast przedstawionej przekładni zębatej można by wprawdzie użyć prostszej przekładni ciernej podobnej do stosowanej do napędu prądnic zasilających oświetlenie w rowerach. Jest ona jednak mało sprawna, już same jej włączenie wywołuje odczuwalny opór w napędzie roweru pomimo nieznacznej mocy strumienia energii przez nią przekazywanej. W przypadku, gdy powierzchnią koła napędowego jest opona, to opór w napędzie roweru rośnie szybciej niż siła docisku koła ciernej do niej. Siła ta, gdy jest zbyt duża, może powodować łamanie kordu opony a w rezultacie jej intensywne niszczenie.

Jako element mocujący silnik do przegubu elastycznego posłużył fragment obudowy przekładni ślimakowej będący też częścią obudowy silnika. Przegub został przymocowany do przedniego widelca, ale może być też mocowany przy kole tylnym. Jako miejsce dla akumulatora pod ramą roweru wydaje się być najbardziej optymalne. Akumulator zamocowany jest na wahaczu w rejonie suportu pod ramą roweru. Wahacz z jednej strony zamocowany jest obrotowo na przegubie suportu, z drugiej podtrzymuje go sprężyna zamocowana do tej ramy. W sprężynie wbudowana może być cewka, spełniająca dodatkowo funkcję tłumienia doładowując przy tym akumulator w czasie jazdy. W przypadku zastosowania ogniw fotoelektrycznych może on być doładowywany w czasie postoju. Ładowanie akumulatora oprócz tradycyjnego ładowania „z sieci” może się odbywać także poprzez prądnicę podłączaną do roweru, której funkcję może spełniać zastosowany silnik. W ten sposób rowerzysta może akumulator ładować w domu np.: podczas niepogody, wykorzystując pojazd jako rower stacjonarny. Do gromadzenia energii można by też zastosować kondensatory jako tarcze zastępujące sprężyny. Tarcze mogłyby służyć jako mocowanie dla foto-ogniw. Kondensatory w stosunku do akumulatorów mają mniejszy opór wewnętrzny, dzięki temu mogą rozwijać większą moc oraz mają większą żywotność. Wadą powszechnie używanych jest stosunkowo szybkie ich samo-rozładowywanie się. Od kilku lat używane są natomiast, do samo-doładowujących się układów napędowych zegarków ręcznych akumulatory prawie nierozładowujące się samoczynnie. Dodatkowym źródłem energii doładowującym akumulator lub kondensatory mogłyby być

wykorzystanie energii cieplnej ciała rowerzysty. Zamiast i w miejscu zawieszenia akumulatora można zainstalować ogniwo paliwowe. Kondensatory mogłyby zwiększać chwilowo moc napędu a przede wszystkim służyć do odzyskowego hamowania. Dla zaoszczędzenia energii w akumulatorze nie należy używać silnika elektrycznego do rozpędzania roweru a szczególnie do ruszania z miejsca. Dla zoptymalizowania jej zużycia należy używać amperomierza, który pozwala na odpowiednią regulację wydatku energii.

Na bazie przedstawionych przekładni opracowywane są konstrukcje rowerów, które w zależności od warunków drogowych można składać na pionowe lub rozkładać na rowery o konstrukcji poziomej. Przy czym ich waga i rozmiary nie odbiegają od rowerów pionowych.

## LITERATURA

1. Fregly B. J., i ini Crank Inertial Load Has Little Effect on Steady-state Pedaling Coordination: Journal of Biomechanics Vol 29, No 12, (1996) s. 1559-1567
2. Han R. P. S.: Thomlinson M. A., Tu Y. S.: Kinematics and kinetics of a non-circular bicycle drive system., Mech. Mach. Theory Vol 26, No 4 (1991)
- Hull M.L., Jorge M.: A Method for Biomechanical Analysis of Bicycle Pedaling. Journal of Biomechanics 18, nr 9 (1985), s. 631-644.
3. Hull M.L., Davis R. R.: Measurement of Pedal Loading in Bicycling :  
I. Instrumentation Journal of Biomechanics 14, nr 12 (1981) s. 843-856.
4. Koziarski C.: Napędowy układ akumulacyjny. Patenty na wynalazki PL nr 158734, 158735, 158736, 158737, 159483, 159484
5. Koziarski C.: Odzyskiwanie energii mechanicznej. XVII Sympozjum PKM Lublin – Nałęczów 1995. Referaty naukowe, część I s. 468-473
6. Koziarski C.: Mechaniczne sposoby odzyskiwania energii. Przegląd Mechaniczny nr 3 (1996) s. 20-24
7. Koziarski C.: Przekładnia łańcuchowa o ciągłej regulacji przełożenia. Patent na wynalazek PL nr 170606.
8. Koziarski C.: Bezstopniowe przekładnie impulsowe. Przegląd Mechaniczny 44 (1985), nr 4, s. 5-7
9. Koziarski C.: Przekładnie do pojazdów o napędach ekologicznie korzystnych. XVII Sympozjum PKM, Kielce 1997. Referaty naukowe, część I s. 169-175
10. Koziarski C.: Vehicles with environment-friendly drive system. IPS'97 IV Medunardni naucni-strucni skup. Podgornica-Becici 24.09.1997, s. 47-53.
11. Redfield R., Hull M. L.: On the Relation Between Joint Moments and Pedaling Rates at Constant Power in Bicycling. Journal of Biomechanics 19, nr 4, (1986) s. 317-329
12. Redfield R., Hull M. L.: Prediction of Pedal Forces in Bicycling Using Optimization Methods. Journal of Biomechanics 19, nr 7 (1986), s. 523-540.
13. Sharp A.: Bicycles and tricycles. Longmans Green, London (1896), przedruk M.I.T. Press, Cambridge, Mass (1977)
14. Katalog firmy ZHU RABIG z Zamościa.