

## **Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny**

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny. Przedmiot wynalazku wykorzystywany jest w dziedzinach techniki zajmujących się eksploatacją maszyn oraz budową nawierzchni użytku zewnętrznego oraz wewnętrznego. Urządzenie to zastosowane może być do dowolnego obiektu wyposażonego w układ jezdny oraz dla pomiarów na dowolnych nawierzchniach nośnych. Przedmiot wynalazku sprawia badany obiekt w ruch i wykonuje pomiar siły oporów toczenia bez konieczności stosowania dodatkowego napędu w obiekcie badanym.

Znane są rozwiązania techniczne do pomiaru współczynników tarcia lub sił oporów toczenia, do tych rozwiązań należą patenty: US 7591167 B2, US 6655202 B2, US 4359896 A, US 8640553 B2, US 8074488 B2, US 7117716 B2, US 6463784 B2 oraz rozwiązania opisane w literaturze: S. Taryma, Opór toczenia, Opon samochodowych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej 2007, ISBN 978-83-7348-179-4. W przytoczonych urządzeniach przedstawiono rozwiązania, które umożliwiają pomiar sił dynamicznych i oporów toczenia elementów toczonego układu jezdny. Znane są w stanie techniki rozwiązania, które pozwalają na badanie sił oporów toczenia dla wyodrębnionych elementów układu jezdny, na przykład zespołu koła wraz z oponą. Pozwalają one na wyznaczenie sił oporów toczenia oraz współczynników tarcia. Jednak pomiary te obarczone są błędem wynikającym z uproszczonej konstrukcji badanego obiektu i metody pomiaru pośredniego. Pomiar pośredni oznacza, że wartość współczynnika tarcia toczonego lub siły oporów toczenia określana jest na podstawie analitycznego przetwarzania innych mierzonych wielkości. Z znanych sposobów pomiarów oporu toczenia wyznaczyć można układy w których badany element napędzany jest przez wprowadzaną w ruch nawierzchnię nośną. Inne metody zakładają holowanie badanego pojazdu za pojazdem odpowiedzialnym za generowanie ruchu. W metodzie tej siła oporów mierzona jest przez czujnik umieszczony na linii łączącej dwa pojazdy. Jednak w metodzie tej zachodzą niedokładności wyników spowodowane brakiem możliwości utrzymania stałej prędkości pojazdu napędzającego oraz jednej linii pojazdu badanego i pojazdu napędzanego przechodzącej przez oś symetrii czujnika.

Urządzenie opisane w patencie US 6463784 B2 przedstawia aparaturę do pomiaru współczynnika tarcia ślizgowego dla nawierzchni jezdnych. Urządzenie to posiada koło pomiarowe umieszczone w specjalnej ramie mocowanej do pojazdu. Rola pojazdu sprowadza się do generowania ruchu. Badane koło umieszczone jest w ramie i toczy się po nawierzchni takiej samej po jakiej porusza się napędzający pojazd. Koło toczone połączone jest z ramą za pomocą czujników pomiarowych. Dodatkowo układ wyposażony jest w hamulec zatrzymujący badane koło. Sam zaś współczynnik tarcia wyznaczany jest pośrednio na podstawie zmierzonej siły oporów toczenia.

Urządzenie opisane w patencie US 7117716 B2 przedstawia dynamiczny pojazd do badania tarcia, oporu cieczy i tarcia tocznego. Urządzenie to stanowi samodzielny pojazd umożliwiający badanie tarcia powierzchniowego, przemieszczeń i przyśpieszeń oraz oporów toczenia. Pojazd ten wyposażony jest w niezależny układ zasilania i zespół sensorów. Zmierzone dane mogą być przesyłane do jednostki sterującej. W rozwiązaniu tym opory toczenia są mierzone pośrednio poprzez przetwarzanie danych z sensorów przyspieszenia. Sensory te umieszczone są wewnątrz pojazdu.

Wynalazek opisany w patencie US 8074488 B2 przedstawia urządzenie do pomiaru współczynnika tarcia. Wynalazek pozwala badać tarcie ślizgowe różnych materiałów. Składa on się z wózka do którego mocuje się badany materiał tak aby tarł o wybrany rodzaj nawierzchni nośnej. Wózek z materiałem badawczym połączony jest linką z wyciągarką. Wyciągarka przyciąga wózek pomiarowy. Natomiast tensometry łączące wózek pomiarowy z badanym materiałem mierzą siłę wynikającą z tarcia ślizgowego badanego materiału.

Urządzenie opisane w patencie US 8640553 B2 przedstawia system do pomiaru sił w kole. Wynalazek umożliwia pomiar sił występujących w kole poruszającego się pojazdu. System posiada płytę z czujnikami, która łączy koło a piastą pojazdu. Płyta ta umożliwia detekcję sił wzdłużnych, pionowych i poprzecznych jak i momentów podłużnych i pionowych. Siły te występują między kołem a piastą. System posiada również pakiet elektroniki połączony z płytą pomiarową. Pakiet ten pobiera dane z płyty pomiarowej. W rozwiązaniu tym nie wyznacza się wprost siły oporów toczenia ale można ją uzyskać pośrednio z siły wypadkowej zmierzonej przez płytę pomiarową.

Wynalazek opisany w patencie US 4359896 A przedstawia urządzenie do dynamicznego testowania opon. Przytoczona aparatura pozwala uzyskać dynamiczną charakterystykę opony. W urządzeniu tym zespół opony i koła zamocowany jest do wału pomiarowego, natomiast bieżnik opony można sprzęgać z obrotową lub nieruchomą nawierzchnią nośną. System posiada elementy sprężyste wywołujące docisk bieżnika opony do nawierzchni nośnej. Urządzenie może symulować wibracje, a ruchy tym wywołane mierzone są przez akcelerometry. Siły oporów toczenia mierzone są przez zespoły obciążników dołączone do wału pomiarowego.

Urządzenie opisane w patencie US 6655202 B2 przedstawia dynamiczny system pomiaru siły dla stacji testowania opon. W przykładzie wykonania stanowisko testowe wykorzystuje pierścień ślizgowy umieszczony pomiędzy obracającym się wirnikiem, do którego montowana jest opona, a nieruchomą obudową łożyska. Zespół sensorów znajduje się na ruchomym wirniku. Natomiast badane koło wprowadzane jest w ruch poprzez obrót walca podpierającego bieżnik badanego koła.

Urządzenie opisane w patencie US 7591167 B2 ukazuje metodę i system do pomiaru oporów toczenia opon. Przedmiot wynalazku umożliwia badanie zespołów koła z oponą na nawierzchni nośnej

w postaci pasa naciągniętego między dwoma rolkami z czego jedna z rolek jest rolką napędową. Badany obiekt umieszczony jest na obrotowej piaście wyposażonej w układ pomiarowy. Koło umieszczone na piaście może być dociskane do nawierzchni pomiarowej. System ten ze względu na zastosowanie nawierzchni nośnej w postaci taśmy uniemożliwia pomiar oporów toczenia na wybranych nawierzchniach.

Brak jest urządzeń umożliwiających wyznaczenie współczynnika oporów toczenia poprzez pomiar siły toczenia na stanowiskach łączących cech konstrukcji badań drogowych oraz stanowiskowych. Badania stanowiskowe charakteryzują się ograniczonym doбором nawierzchni nośnych ze względu na stosowane bieżnie (tarczowe, taśmowe, szufladowe, bębnowe wewnętrzne i zewnętrzne). Dodatkowo kontakt między badanym kołem oraz bieżnią nie zawsze odzwierciedla rzeczywiste warunki eksploatacji. Ponadto siły oporów toczenia są wyznaczone różnymi metodami pośrednimi (pomiar momentu, pomiar siły koła, pomiar mocy elektrycznej, pomiar odległości wybiegu) wprowadzającymi różne niedokładności pomiaru. Metody drogowe z zastosowaniem pojazdów badawczych (wybiegu, staczania się ze wzniesienia, holowania, pomiaru momentu napędowego, pomiaru prędkości maksymalnej, pomiaru zużycia paliwa) są obarczone sporą niedokładnością lub brakiem możliwości wydzielenia składowych które nie są oporem toczenia kół. Badania z wykorzystaniem urządzeń takich jak przyczepy dynamometryczne wymagają dodatkowo pojazdów realizujących ich ruch. Ten typ urządzeń może realizować badania w ograniczonych miejscach badawczych, na otwartych przestrzeniach (głównie drogach). Natomiast nie realizują one pomiarów w przestrzeniach zamkniętych (np. korytarzach budynków).

Poprzez opracowanie urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny będącego przedmiotem wynalazku możliwe jest wykonywanie badań siły oporów toczenia oraz wyznaczenia współczynnika oporów toczenia:

- w rzeczywistych warunkach eksploatacji,
- z zachowaniem rzeczywistego kontaktu koła na nawierzchnią badaną,
- badania układów z układem jezdny, bez lub z własnego napędem,
- badania wewnątrz budynków o ograniczonych powierzchniach badawczych,
- badania nawierzchni drogowych zewnętrznych,
- badania układów osadzonych na prowadnicach,
- badania na zróżnicowanych typach nawierzchni nośnych,

- badania na powierzchniach nośnych zanieczyszczonych lub pokrytych warstwami wynikającymi z warunków atmosferycznych np. śnieg, lód,
- badania na powierzchniach sypkich,
- badania obiektów o zmiennej konstrukcji w zakresie: rodzaju i kształtu opony, ciśnienia w oponie, liczby kół,
- badania z różnymi prędkościami napędzania badanych obiektów,
- badania obiektów niezależnie od ich masy,
- szerokie spektrum możliwości obiektów badawczych od wagonów kolejowych, poprzez pojazdy ciężarowe i osobowe, wózki magazynowe, bramy przesuwne do wózków inwalidzkich itp.
- jako sumaryczną wartość siły oporów toczenia dla wszystkich kół obiektu badanego.

Przedmiot wynalazku łączy badany pojazd za pomocą liny wyposażonej w czujniki siły z zespołem nawijającym linę, na którego wał lina ta jest nawijana. Dodatkowo lina przeprowadzona jest przez zespół rolek prowadzących odpowiedzialnych za utrzymanie jej równoległe do osi symetrii czujnika siły, oraz na tej samej wysokości co zaczep w badanym obiekcie. Ruch badanego pojazdu wynika z nawijania liny na wał zespołu nawijającego linę, ze stałą prędkością obrotową. Do wału zespołu nawijającego linę dostarczany jest moment napędowy generowany przez silnik elektryczny połączony z przekładnią. Przy wykorzystaniu przedmiotu wynalazku możliwy jest pomiar siły oporów toczenia, który umożliwi w sposób pośredni wyznaczenie współczynnika oporów toczenia. Współczynnik ten wyznacza się zgodnie z metodą dedykowaną dla urządzenia do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny. Dodatkowo stanowisko umożliwia analizę wpływu zmian w badanych konstrukcjach w zakresie: rodzaju i kształtu opony, ciśnienia w oponie, prędkości obiektu. Stanowisko poprzez opracowaną metodykę oraz mobilną konstrukcję pozwala badać wpływ rodzaju i jakości nawierzchni na generowane wartości współczynnika oporów toczenia. Stanowisko łączy charakterystyczne cechy dla badań drogowych oraz stanowiskowych.

Istotą wynalazku jest urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny wyposażone w płytę mocującą, która w sposób trwały jest utwierdzona do nawierzchni nośnej. Przedmiot wynalazku stosowany może być na różnych nawierzchniach nośnych w związku z tym istotnym jest umieszczenie wszystkich elementów urządzenia na jednej płycie nieruchomej względem badanego obiektu. W związku z tym do płyty mocującej w sposób trwały zamocowano jednostkę napędową połączoną sprzęgłem z przekładnią, która to zapewnia stałą prędkość obrotową zespołu nawijającego linę. Przekładnię połączono sprzęgłem z zespołem nawijającym linę, który jest również w sposób trwały połączony z płytą mocującą. W skład zespołu nawijającego wchodzi wał do

którego zamocowana jest lina. Lina ta następnie jest przeprowadzona przez zespół rolek pozycjonujących, który to jest również w sposób trwały przymocowany to płyty mocującej. Zadaniem tego zespołu jest utrzymanie liny równoległe do nawierzchni nośnej i na tej samej wysokości co zaczep liny w badanym obiekcie. Lina wychodząca z zespołu rolek pozycjonujących połączona jest za pomocą przegubu kulowego z czujnikiem siły. Czujnik siły wykorzystując przegub kulowy i drugi odcinek liny łączy się z badanym obiektem.

Istotnym jest aby jednostka napędowa, zespół wału nawijającego linę oraz zespół rolek pozycjonujących był trwale połączony z płytą mocującą. Zapewnia to mobilność stanowiska i możliwość zastosowania go na każdej nawierzchni nośnej, nawet sypkiej.

Korzystnym jest aby wykorzystany zespół nawijający linę był wyposażony w wał posiadający rowki spiralnie nacięte wzdłuż osi symetrii wału na pobocznicę walca tworzącego wał. Zapewnia to nawijanie liny zawsze na tą samą średnicę bez ryzyka nawinięcia się liny na nawinięty już zwój. Co jest istotnym w celu zapewniania prawidłowego funkcjonowania urządzenia i metody badawczej, ponieważ pojazd musi być holowany z stałą prędkością. Przy czym istotnym jest aby lina nawijała się na okrąg o takiej samej średnicy, a zapewnione jest to tylko wtedy gdy lina nie będzie się nawijać na wcześniej nawinięty już zwój. Stała średnica nawijanych zwojów liny zapewnia stałą prędkość liniową liny co jest istotne z punktu widzenia stosowanej metody.

Korzystnym jest aby zastosowany w urządzeniu układ pozycjonujący linę w postaci zespołu rolek pozycjonujących, posiadał dwie rolki. Niezbędnym jest aby zachowana była możliwość regulowania położenia rolek w pionie względem płyty mocującej. Ponadto istotnym jest aby pierwsza rolka, patrząc od strony badanego obiektu, miała rowek typu „V” o mniejszym kącie rozwarcia niż rolka druga. Zastosowanie różnych kątów rozwarcia rowków w rolkach wynika z faktu że lina wychodząca z rolki drugiej jest nawijana na wał należący do zespołu nawijającego linę zamocowanego niżej niż zespół rolek pozycjonujących. Zastosowanie rowka o takim samym kącie rozwarcia jak w rolce pierwszej może wywołać nadmierne tarcie linki o krawędź, a tym samym wprowadzić zakłócenia w pomiarze. Odnosząc się do pierwszej rolki istotnym jest aby kąt rozwarcia rowka w niej naciętego był jak najmniejszy, ponieważ gwarantuje to utrzymanie w poziomie liny wychodzącej z rolki względem płyty montażowej całego urządzenia. Dodatkowo mały kąt rozwarcia ograniczą oscylację położenia w pionie wyjścia liny podczas jej nawijania na wał zespołu nawijającego linę. Rolki zespołu rolek pozycjonujących linę umieszczone są na gwintowanych prętach w taki sposób że w pierwszej kolejności na pręty nakręcono nakrętki pozycjonujące blokujące opadanie rolek w dół. Następnie po umieszczeniu rolek na prętach nakręcane są nakrętki pozycjonujące blokujące podnoszenie się rolek do góry. Nakrętki pozycjonujące

zabezpieczono przed odkręcaniem poprzez przeciwstawne przykręcenie nakrętek kontruujących. Dodatkowo nakrętki pozycjonujące blokują bieżnie wewnętrzne łożysk umieszczonych w rolkach.

Korzystnym jest aby urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny posiadało czujnik siły łączący dwa odcinki liny holującej badany obiekt, a czujnik ten połączony był przewodem elastycznym z jednostką monitorująco-rejestrującą. Co zapewni możliwość stałego rejestrowania wartości siły oporów toczenia niezbędnej do wyznaczenia współczynnika oporów toczenia.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny umożliwia pomiar siły oporów toczenia dla całego obiektu wraz z kompletnym układem jezdny, zarówno dla pojazdów z napędem jak i bez napędu. Uzyskane to zostało dlatego, że konstrukcja urządzenia pozwala na zamocowanie do niego kompletnego pojazdu. A metodyka badania wykorzystująca urządzenie nie wymaga wcześniejszego dostosowania pojazdu do realizowanych badań.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny ze względu na swoją budowę i brak oddziaływania na elementy otoczenia wykorzystywane może być w pomieszczeniach zamkniętych. Daje to dodatkową funkcjonalność w postaci możliwości badania oporów toczenia po nawierzchniach nośnych stosowanych w budynkach.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny umożliwia zamocowanie nieruchomo płyty montażowej na której znajdują się elementy urządzenia. Po przez wydzielenie na płycie przestrzeni na zastosowanie śrub mocujących, przysawek lub kotw.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny pozwala na badanie obiektów o różnej masie po przez wykorzystanie przekładni pozwalającej na kontrolę momentu napędowego walca zespołu nawijającego linę. Pozwala to dostosować moment napędowy wału zespołu nawijającego linę do masy obiektu badanego, oraz umożliwia uzyskanie różnych prędkości liniowych holowania badanego obiektu. Zapewnia to szerokie spektrum możliwych do przebadania pojazdów i warunków eksploatacji.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny zawiera zespół rolek pozycjonujący położenie liny z czujnikiem pomiaru siły. Zespół ten umożliwia pozycjonowanie w pionie wyjścia liny z czujnikiem pomiaru siły. Pozwala to na dostosowanie wysokości liny do poziomu zaczepu w obiekcie badanym. Dzięki temu można badać pojazdy o zróżnicowanej wysokości zaczepu, przy jednoczesnym utrzymaniu liny z czujnikiem pomiaru siły równolegle do

badanej nawierzchni nośnej. Taka zależność geometryczna odzwierciedlona jest w bezpośrednim pomiarze siły oporów toczenia.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny posiada silnik elektryczny, który wprowadza w ruch badany obiekt. Pozwala to na wykonywanie badań na znacznie krótszych odcinkach niż w przypadku metody holowania badanego obiektu za innym pojazdem będącym w ruchu. Dodatkowo zastosowanie silnika elektrycznego zapewnia możliwość zastosowania urządzenia w pomieszczeniach zamkniętych, oraz pozwala na badanie obiektów o niewielkich rozmiarach nie wyposażonych w jednostkę napędową.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny wyposażone jest w liny na której za pomocą przegubów o trzech stopniach swobody połączone są czujnikiem pomiaru siły. Koniec liny jest połączony z obiektem badanym również za pomocą przegubu o trzech stopniach swobody. Umieszczenie czujnika bezpośrednio przed badanym obiektem pozwala uzyskać wynik pomiaru siły oporów toczenia nie obciążony błędami wynikającymi z sprawności elementów wykorzystanych w zespołach wchodzących w skład przedmiotu wynalazku. Ponadto przeguby kulowe pozwalają na ułożenie osi symetrii czujnika zgodnie z linią wyznaczaną przez linę nawijaną na wał zespołu nawijającego linę.

Korzystnym jest aby rolki prowadzące posiadały na swojej poboczniczy rowek w kształcie „V” przy czym kąt zarysu rowka rolki drugiej musi być dwa razy większy od kąta rozwarcia rowka rolki pierwszej. Zastosowanie zarysu rowka typu „V” zabezpiecza linę przed wypadnięciem z zespołu rolek pozycjonujących. A zróżnicowanie kątów rozwarcia rowków pozwala na umieszczenie wału nawijającego linę niżej niż położenie zespołu rolek pozycjonujących.

Korzystnym jest wykorzystanie dwóch odcinków nieodkształcalnej liny połączonych czujnikiem pomiaru siły. Liny te i czujnik pomiaru siły łączą wał zespołu nawijającego linę z badanym obiektem. Nieodkształcalność liny ogranicza błąd pomiarowy.

Widok urządzenia do pomiaru siły oporów toczenia obiektów z układem jezdny przedstawia fig.1. Widok zespołu wału nawijającego z charakterystycznym rowkiem prowadzącym linę przedstawia fig. 2. Widok zespołu rolek pozycjonujących linę przedstawia rysunek fig. 3 i fig. 4. Widok połączenia liną elementów stanowiska badawczego podczas badania w płaszczyźnie równoległej do nawierzchni nośnej fig. 5. Widok połączenia liną elementów stanowiska badawczego podczas badania w płaszczyźnie prostopadłej do nawierzchni nośnej fig. 6.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia składanie z płyty mocującej 1 przymocowanej nie ruchomo do nawierzchni nośnej 44. Do płyty mocującej 1 przymocowana jest jednostka napędowa 2,

która przez sprzęgło 3 połączona jest z przekładnią 4, która przez sprzęgło 5 połączona jest z zespołem nawijającym linię 6. Zespół nawijający linię 6 składa się z wału 11 z charakterystycznym rowkiem 12 prowadzącym linię 9, otworem przelotowym 13 umożliwiającym mocowanie liny 9 oraz rowkiem wpustowym umożliwiającym uzyskanie momentu obrotowego z jednostki napędowej 2. Wał 11 osadzony jest na łożyskach tocznych 15 i 16, w obudowach łożysk górnej 17 i 18 oraz dolnej 19 i 20, łożysko toczne 15 jest zabezpieczone na wale 11 pierścieniem sprężystym osadczym zewnętrznym 21. Obudowy łożysk 19 i 20 są mocowane do płyty mocującej 1. Nawijana na wał 11 w zespole nawijający linię 6 lina 9 jest umieszczona w zespole rolek pozycjonujących 7. Zespół rolek pozycjonujących 7 składa się z podstawy 22 przymocowanej do płyty mocującej 1, do której są przymocowane pręty z gwintem 23 i 24. Gwint na prętach z gwintem 23 i 24 umożliwia pozycjonowanie w osi prostopadłej do nawierzchni nośnej 44, rolek 25 i 26 które są osadzone na łożyskach tocznych 35 i 36, które są zabezpieczone pierścieniami sprężystymi wewnętrznymi 37 i 38. Pozycja rolki 25 i blokada bieżni wewnętrznej łożyska 35 jest realizowana przez dokręcenie w kierunku łożyska nakrętek pozycjonujące 29 i 33, w celu zabezpieczenia przed odkręcaniem nakrętek pozycjonujących 29 i 33 są one skontrowane przez nakrętki kontruujące 27 i 31. Pozycja rolki 26 i blokada bieżni wewnętrznej łożyska 36 jest realizowana przez dokręcenie w kierunku łożyska nakrętek pozycjonujących 30 i 34, w celu zabezpieczenia przed odkręceniem nakrętek pozycjonujących 30 i 34 są skontrowane przez nakrętki kontruujące 28 i 32. Lina 9 wychodząca z zespołu rolek pozycjonujących 7 połączona jest przegubem kulowym 41 z czujnikiem pomiaru siły 8, który połączony jest przewodem z urządzeniem monitorująco-rejestrującym 40 wyniki. Czujnik pomiaru siły 8 jest połączony poprzez przegub kulowy 42 z linią 39, która przez przegub kulowy 43 połączona jest z obiektem badanym 10, który jest wyposażony w układ jezdny. Połączenie elementów układu podczas badań linią 9 i 39 powinno zapewnić stałą prędkość obiektu badanego 10 oraz przyłożone siły do czujnika pomiaru siły 8 powinny być równoległe do osi czujnika pomiaru siły 8. Stała prędkość obiektu badanego 10 jest realizowana przez jednostkę napędową 2, utrzymując stałą prędkość obrotową wału 11. Nawijana lina 9 w przypadku nakładania się warstw liny 9 na wale 11 może powodować zmiany prędkości liniowej realizowanej przez zespół nawijający linię 6, stąd na wale 11 jest wykonany rowek 12 prowadzący linię 9. Zapewnienie osiowego przyłożenia siły do czujnika pomiaru siły 8 poprzez linię 9 i 39 wymaga zastosowania zespołu rolek pozycjonujących 7 linię 9. Realizacja pozycjonowania odbywa się w dwóch płaszczyznach i trzech operacjach. Pierwsza faza realizacji pozycjonowania „A” wymaga ustawienia rolek 25 i 26 równoległą osią symetrii do nawierzchni nośnej 44, równoległe do osi czujnika pomiaru siły 8 oraz mocowania liny 39 do obiektu badanego 10. Rolka 25 o szerszym kącie rowka B umożliwia uzyskanie osiowej siły na czujniku pomiaru siły 8 bez konieczności zmiany położenia zespołu nawijający linię 6. Zespół rolek pozycjonujących 7 ogranicza wpływ zmiany położenia liny 9 wywołany nawijaniem jej na wał 11. Rolka

26 to rolka o mniejszym kącie rowka C, ukierunkowująca linię 9 równoległe do osi czujnika pomiaru siły 8.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów z układem jezdny umożliwia wyznaczenie współczynnika oporów toczenia zgodnie ze sposobem, w którym unieruchomiona jest płyta mocująca 1 do nawierzchni nośnej 44. W tym celu w zależności od nawierzchni nośnej 44 można zastosować śruby montażowe, kotwy lub przysawki nie ujęte w przedmiocie wynalazku. Następnie wymagana jest regulacja zespołu rolek pozycjonujących 7 do poziomu „A” równego wysokości zaczepu na obiekcie badanym 10. W dalszej kolejności należy rozwinąć linię 9 z zespołu nawijający linię 6, przeprowadzić ją przez zespół rolek pozycjonujących 7 podłączyć poprzez przegub kulowy 41 do czujnika pomiaru siły 8, następnie z drugiej strony czujnika pomiaru siły 8 poprzez przegub kulowy 42 należy podłączyć linię 39, a dalej poprzez przegub 43 podłączyć ją do obiektu badań. Po podłączeniu badanego obiektu do urządzenia w pierwszej kolejności należy doprowadzić do wstępnego napięcia liny 9 i 39 łączącej obiekt badany 10 z wałem 11. Po wstępnym napięciu lin 9 i 39 należy rozpędzić obiekt badany 10 do zadanej i stałej prędkości po przez rozpoczęcie procedury nawijania liny 9 na wał 11. Następnym etapem jest nawijanie liny 9 na wał 11 ze stałą prędkością obrotową wału 11, podczas tego procesu generowana jest siła niezbędna do pokonania oporów toczenia obiektu badanego 10. Wartość siły jest mierzona przez czujnik pomiaru siły 8 i przez przewód wysyłana do urządzenia monitorująco-rejestrującego 40. Pomiar kończy się po nawinięciu oszacowanego odcinka liny 9 przez wyłączenie jednostki napędowej 2.

Warunki niezbędne do wykonania pomiaru:

- nieruchome mocowanie płyty mocującej 1 do nawierzchni nośnej 44,
- mocowanie liny 9 i 39 oraz przyłożone siły do czujnika pomiaru siły 8, powinny być równoległe do osi symetrii czujnika, stąd lina 9 na wyjściu z zespołu rolek pozycjonujących 7 powinna być równoległa w płaszczyźnie poziomej i pionowej do zaczepu obiektu badanego 10 i przechodzić przez oś symetrii wzdłużnej czujnika pomiaru siły 8,
- stała prędkość poruszającego się obiektu badawczego,
- stała prędkość generowanego napędu,
- pomiar powinien odbywać się na nawierzchni poziomej,
- analizie pomiaru siły podlega odcinek wyników realizowany ze stałą prędkością obrotową z pominięciem stanów przejściowych, rozpędzania i zatrzymania obiektu badawczego.

Uzyskane wyniki z pomiarów przy znajomości równania całkowitej siły ruchu pojazdu służą do wyznaczenia współczynników oporów toczenia, równanie (1).

$$F_N = F_t + F_p + F_w + F_b \quad (1)$$

gdzie:

$F_N$ - siła napędowa

$F_t$ - siła oporów toczenia

$F_p$ - siła oporów powietrza

$F_w$ - siła oporów wzniesienia

$F_b$ - siła oporów bezwładności

- opcjonalnie może występować siła działająca na hak holowniczy, związana z ciągnięciem przyczepy

Opór toczenia oraz opór powietrza występują zawsze tworząc opór podstawowy. Opór wzniesienia i opór bezwładności występuje okresowo. Opór wzniesienia występuje tylko podczas jazdy pod górę, stanowi go równoległa do nawierzchni składowa siła ciężkości. Podczas zjazdu w dół składowa przyjmuje zwrot zgodny z kierunkiem jazdy, stając się siłą wymuszającą ruch obiektu. Opór bezwładności występuje wyłącznie podczas przyspieszania. Wtedy równoległa do nawierzchni siła bezwładności samochodu jest skierowana przeciwnie do kierunku ruchu. W ruchu opóźnionym siła ta zmienia zwrot. Opór uciągu to jest to suma oporów holowanej przyczepy lub naczepy. Niezależnie od bryły pojazdu podczas badań poniżej 15 km/h opór powietrza jest tak nieznaczny iż można go pominąć w obliczeniach jak wskazano w publikacji Lanzendoerfer J. Badania pojazdów samochodowych. Warszawa, WKŁ 1977.

Podczas badań we wskazanych warunkach pomiarowych siła  $F_N$  jest równa sile oporów toczenia  $F_t$ , równanie (2).

$$F_N = F_t \quad (2)$$

Siła oporów toczenia wyznaczana podczas badań na urządzeniu będącym przedmiotem wynalazku to:

- suma właściwego oporu toczenia wszystkich kół obiektu, której wartość można podzielić na wszystkie koła pojazdu i przyjąć jako jednostkową wartość oporów toczenia dla konkretnego koła (z wyjątkiem pojazdów o zróżnicowanych wymiarach kół),

- suma oporów połączeń kół z obiektem, najczęściej tarcia tocznego lub ślizgowego w łożyskach układu zawieszenia oraz tłumienia, ewentualnie sprzężonego układu przeniesienia napędu np. mechanizmu różnicowego,

- suma oporów związaną z brakiem zbieżności kół układu

Ograniczając wpływ zbieżności układu, ujednocając rodzaj kół oraz odliczając opór generowany w łożyskach kół można wyznaczyć ogólne równanie siły oporów toczenia na płaskiej nawierzchni, równanie (3).

$$F_t = G \cdot f_t \quad (3)$$

gdzie:

$G$ - siła ciężkości [N], gdzie:  $G = m \cdot g$

$m$  – masa [kg]

$g$  – przyspieszenie ziemskie [ $\frac{m}{s^2}$ ]

$f_t$ - współczynnik oporów toczenia

Przekształcając równanie (3) można wyznaczyć równanie umożliwiające wyznaczenie współczynnika oporów toczenia, znając wartość generowanej siły podczas badań z czujnika pomiaru siły 8; masę obiektu badanego 10 oraz przyspieszenie ziemskie, równanie (4).

$$f_t = \frac{F_t}{m \cdot g} \quad (4)$$

Stanowisko umożliwia wyznaczenie współczynnika oporów toczenia poprzez pomiar siły oporów toczenia podczas zachowania odpowiednich warunków pomiaru. Dodatkowo stanowisko umożliwia pomiar wpływu zmian konstrukcji badanych obiektów na tą wartość w zakresie: rodzaju i kształtu opony, ciśnienia w oponie, prędkości obiektu w zakresie bez korekcyjnym do 15 km/h, powyżej wymaga uwzględnienia współczynnika korekcyjnego związanego z oporem powietrza. Stanowisko poprzez opracowaną metodykę oraz mobilną konstrukcję pozwala badać wpływ rodzaju i jakości nawierzchni na generowane wartości współczynnika oporów toczenia. Jest to połączenie badań charakteryzujących się cechami badań drogowych oraz stanowiskowych.

REKTOR  
POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ  
  
prof. dr hab. inż. Tomasz Łodygowski