

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia 5 obiektów wyposażonych w układ jezdny, które jest odporne za zakłócenia pomiaru wynikającego ze zmiennego oporu toczenia nawierzchni. Wynalazek przewidziany jest do wykorzystania w dziedzinach techniki zajmujących się eksploatacją maszyn oraz budową nawierzchni użytku zewnętrznego oraz wewnętrznego. Urządzenie może być zastosowane do dowolnego obiektu 10 wyposażonego w układ jezdny oraz dla pomiarów na dowolnych nawierzchniach nośnych. Urządzenie wprawia badany obiekt w ruch i wykonuje pomiar siły oporów toczenia bez konieczności stosowania dodatkowego napędu w obiekcie badanym.

Najbliższym wynalazkowi rozwiązaniem znanym w stanie techniki jest 15 urządzenie opisane w publikacji PL235796 B1. Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia wykorzystuje układ nawijający linę ze stałą prędkością, na końcu której tuż przed toczonym obiektem znajduje się tensometryczny czujnik pomiaru siły. Badanie w określonych warunkach umożliwi wyznaczenie siły napędowej, która jest równa sile oporów toczenia. Wadą rozwiązania jest wzrost siły oporów 20 ruchu podczas rozpoczęcia wprowadzania obiektu z układem jezdny w ruch. Siła oporów ruchu jest różna (większa) dla obiektu wprowadzanego w ruch niż dla obiektu będącego w ruchu. Wzrost wartości siły podczas wprowadzania obiektu w ruch powoduje ruch obiektu z większą siłą niż potrzeba do poruszania ze stałą prędkością. Układ wprowadzający obiekt w ruch czyli zespół linowy 25 nawijany na bęben pracuje ze stałą prędkością nawijania. Wzrost impulsu siły wprowadzającej w ruch obiekt. powoduje jego ruch z większą prędkością, przyczyniając się do luzowania liny, a następnie wytracania prędkości przez wózek co przyczynia się do kolejnych impulsów siły wywołanej wprowadzeniem obiektu toczącego się w ruch (dążącego poprzez układ napędowy do ruchu ze 30 stałą prędkością). Wartość tych impulsów maleje aż do stabilizacji ruchu, jednak jeżeli podłoże charakteryzuje się zmiennymi oporami toczenia stabilizacja ruchu

jest trudna i wymaga długiego odcinka pomiarowego. Rejestracja takiego sygnału charakteryzuje się dużą oscylacją sygnału, która po wyznaczeniu średniej siły oporów toczenia może charakteryzować się niedokładnością pomiaru.

35 Pomiar tym urządzeniem może być obarczony niedokładnością wynikającą ze zmian prędkości ruchu obiektu wywołanej zmiennymi oporami toczenia podłoża (przyczynia się to do luzowania liny napędowej). Przekłada się to na wzrost wartości siły napędowej, której składową może być w zdecydowanej większości siła oporów toczenia ale również siła bezwładności wynikająca ze
40 zmiany prędkości obiektu toczzonego. W toku prowadzonych prac badawczych okazało się ograniczanie skutków oddziaływania siły bezwładności wynikającej ze zmiennych oporów toczenia nawierzchni może dostarczyć dodatkowych korzyści w postaci dokładniejszego pomiaru siły oporów toczenia na podstawie których można wyznaczyć współczynnik oporów toczenia. Ograniczenie
45 impulsów siły i siły bezwładności wynikającej ze zmiany przyspieszenia tocznego obiektu można uzyskać poprzez układ ograniczający luzowanie lin.

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

- w rzeczywistych warunkach eksploatacji,
- z zachowaniem rzeczywistego kontaktu koła z nawierzchnią badaną,
- badania układów z układem jezdny, bez lub z własnym napędem,
- badania wewnątrz budynków o ograniczonych powierzchniach
55 badawczych,
- badania nawierzchni drogowych zewnętrznych,
- badania układów osadzonych na prowadnicach,
- badania na zróżnicowanych typach nawierzchni nośnych,
- badania na powierzchniach nośnych zanieczyszczonych lub pokrytych
60 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,
- 65 • 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
- 70 badanego.

Istotą wynalazku jest urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów wyposażonych w układ jezdny zawierające zespół mechanizmu napędowego przymocowany nieruchomo do nawierzchni nośnej połączony przegubowo z jedną stroną obiektu z układem jezdnym. Urządzenie

75 charakteryzuje się tym, że druga strona obiektu z układem jezdnym jest trwale połączona liną III z układem ograniczającym luzowanie lin.

Układem ograniczający luzowanie lin składa się natomiast z mechanizmu wyciągania liny i jest połączony sprzęgłem III z przekładnią mechaniczną II. Na wale wyjściowym przekładni mechanicznej II jest osadzony bęben nawijający

80 linę IV, która to lina IV jest przeprowadzona przez podwieszany krążek, a na końcu liny IV jest umieszczona masa (ciężarek).

Korzystnie mechanizm wyciągania liny stanowią walec III i walec IV o regulowanej odległości między sobą. Ruch walców ze stałą prędkością zapewnia stały ruch ciągniętego obiektu, który jest wyposażony w układ jezdny.

85 Zastosowanie dwóch walców zamiast bębna nawijającego, zapewnia możliwość wciągania liny o dowolnej długości, ponadto rozwiązuje problem wymiarów geometrycznych bębna które ograniczają długość nawijanej liny.

Korzystnym jest także kiedy zespół mechanizmu napędowego przymocowany nieruchomo do nawierzchni nośnej składa się z silnika

90 elektrycznego, sprzęgła I, przekładni mechanicznej I, sprzęgła II i mechanizmu

wciągającego linę. Przy czym mechanizm wciągający linę zespołu mechanizmu napędowego składają się z dwóch walców tj. walca I oraz walca II. Nadto mechanizm wciągający linę posiada możliwość regulacji odległości między walcem I i walcem II, w celu regulacji i możliwości wciągania lin I o różnych
95 grubościach. Lina I jest przymocowana poprzez przegub I do czujnika siły, który poprzez przegub II jest połączony bezpośrednio i trwale do obiektu z układem jezdny.

Wariantowo przewiduje się, że czujnik siły można połączyć pośrednio poprzez przegub II, który jest połączony z liną II przymocowaną trwale do
100 obiektu z układem jezdny. W tym wariacie czujnik tensometryczny powinien być obciążany siłami rozciągającym lub ściskającymi, w tym celu układ pomiarowy powinien być wyposażony w przegub I oraz przegub II, zapewniającymi działanie sił w osi czujnika siły.

Urządzenie pozwala przeprowadzić pomiar wartości siły w warunkach
105 kiedy przemieszczany obiekt porusza się ze stałą prędkością, na poziomej nawierzchni oraz przy małych prędkościach (do 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.) przy czym pozwala także przyjąć, że mierzona wartość siły jest siłą napędową
110 która jest równa sile oporów toczenia. Jednak zmiana wartości siły oporów toczenia np. wynikające z nawierzchni o zmiennej charakterystyce siły oporów toczenia powoduje w takim układzie zmian prędkości poruszanego obiektu, a to przekłada się na luzowanie wciąganej liny oraz dzielenie siły bezwładności. Wylimitowanie zjawiska luzowania liny i działania siły bezwładności zapewnia
115 dodatkowy układ tj. układem ograniczający luzowanie lin. Układ ten jest połączony z poruszającym się obiektem przy pomocy drugiej liny (liny wyciąganej z układu ograniczającego luzowanie liny). Mechanizm wyciągający linę zapewnia stałą znaną siłę przeciwdziałającą powstawaniu siły bezwładności poruszanego obiektu. Ruch obiektu powoduje wyciąganie liny wywołując ruch
120 obrotowy walców tego układu. Jeden z walców tego układu jest połączony

sprzęgłem przekładnią mechaniczną, na której wale wyjściowym jest osadzony bęben nawijający linę. Wyciągana lina jest przeprowadzona przez krążek, na końcu liny jest umieszczona masa (ciężarek). Masa swobodnie zwisająca na linie generuje znaną i stałą siłę, przeciwną do siły napędowej, dodatkowo siła ta ogranicza możliwość luzowania liny. Odliczenie wartości siły wywołanej masą od siły napędowej pozwala wyznaczyć siłę oporów toczenia pozbawioną wpływu siły bezwładności wynikające ze zmiany prędkości poruszanego obiektu.

Widok urządzenia do pomiaru siły oporów toczenia z układem jezdnym odpornego za zakłócenia pomiaru wynikającego ze zmiennego oporu toczenia nawierzchni przedstawia fig. 1.

Urządzenie do pomiaru siły oporów toczenia obiektów z układem jezdnym odporne za zakłócenia pomiaru wynikającego ze zmiennego oporu toczenia nawierzchni składa się z mechanizmu napędowego 1 przymocowanego nieruchomo do nawierzchni nośnej 2. Mechanizm napędowy 1 składa się z silnika elektrycznego 3, sprzęgła I 4, przekładni mechanicznej I 5, sprzęgła II 6, mechanizmu wciągającego linę 7 składających się z dwóch walców, walca I 8 oraz walca II 9. Mechanizm wciągający linę 7 posiada możliwość regulacji odległości między walcem I 8 i walcem II 9, w celu regulacji i możliwości wciągania lin I 10 o różnych grubościach. Ruch obiektu z układem jezdnym 11, jest realizowany poprzez wciąganie liny I 10 przez mechanizm wciągający linę 7. Jeden koniec liny I 10 jest wciągany przymocowany poprzez przegub I 12 do czujnika siły 13, który poprzez przegub II 14 jest połączony bezpośrednio i trwale do obiektu z układem jezdnym 11. Opcjonalnie czujnik siły 13 można połączyć pośrednio poprzez przegub II 14, który jest połączony z liną II 15 przymocowaną trwale do obiektu z układem jezdnym 11. Ważne jest żeby czujnik tensometryczny był obciążany siłami rozciągającym lub ściskającymi w tym celu układ pomiarowy 17 powinien być wyposażony w przegub I 12 oraz przegub II 14, zapewniającymi działanie sił w osi czujnika siły 13. Po drugiej stronie obiektu z układem jezdnym 11 jest trwale przymocowana lina III 16. Lina III 16 łączy obiekt z układem jezdnym 11 z układem ograniczającym luzowanie lin 18. Lina

III 16 jest umieszczona w mechanizmie wyciągania liny 19. Mechanizm wyciągający linę 19 posiada możliwość regulacji odległości między walcem III 20 i walcem IV 21, w celu regulacji i możliwości wyciągania lin III 16 o różnych grubościach. Ruch obiektu z układem jezdnym 11, powoduje wyciąganie liny III 16 z mechanizmu wyciągania liny 19 wywołując ruch obrotowy walca IV 21 oraz walca III 20. Walec III 20 jest połączony sprzęgłem III 22 z przekładnią mechaniczną II 23, na wale wyjściowym z przekładni mechanicznej II 23 jest osadzony bęben nawijający 24 linę IV 25. Lina IV 25 jest przeprowadzona przez krążek 26, na końcu liny IV 25 jest umieszczona masa 27 (ciężarek). Masa 27 swobodnie zwisająca na linie generuje znaną i stałą siłę, przeciwną do siły napędowej, dodatkowo siła ta ogranicza możliwość luzowania liny I 10. Odliczenie wartości siły wywołanej masą 27 od siły napędowej pozwala wyznaczyć siłę oporów toczenia pozbawioną wpływu siły bezwładności wynikające ze zmiany prędkości poruszanego obiektu.

165 Warunki niezbędne do wykonania pomiaru:

- nieruchome mocowanie mechanizmu wyciągającej linę 7 oraz układu ograniczającego luzowanie liny 18,
- Przyłożone siły powinny być równoległe do osi symetrii czujnika siły 13,
- stała prędkość poruszającego się obiektu badawczego utrzymywana poprzez działanie układu mechanizmu wyciągającej linę 7 oraz układu ograniczającego luzowanie liny 18
- stała prędkość generowanego napędu
- pomiar powinien odbywać się na powierzchni 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
180 (1).

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

gdzie:

F_N – siła napędowa,

F_t – siła oporów toczenia,

F_p – siła oporów powietrza,

185 F_w – siła oporów wzniesienia,

F_b – siła oporów bezwładności,

F_u – siła oporów ruchu wytwarzana przez układ ograniczający luzowanie lin.

Opcjonalnie może występować siła działająca na hak holowniczy, związana z ciągnięciem przyczep.

190

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 siły ciężkości. Podczas zjazdu w dół składowa przyjmuje
195 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
200 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 oraz sile oporów ruchu wytwarzana przez układ
205 ograniczający luzowanie lin F_u (2).

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

Wartość siły napędowej F_N jest mierzona i jest znana, dodatkowo znana jest wartość siły oporów ruchu wytwarzana przez układ ograniczający luzowanie lin F_u .

210 Siła oporów ruchu wytwarzana przez układ ograniczający luzowanie lin F_u można wyznaczyć zgodnie z równaniem (3), na którą składa się z siła ciężkości ciężarka G_c , oraz siły oporów wewnętrznych w mechanizmie układu ograniczania luzowania lin F_{ou} .

$$F_u = G_c + F_{ou} \quad (3)$$

Gdzie:

$$G_c = m_c \cdot g_c$$

215 Gdzie:

m_c – masa ciężarka,

g_c – przyspieszenie ziemskie.

Siłę oporów wewnętrznych w mechanizmie układu ograniczania luzowania lin F_{ou} można wyznaczyć eksperymentalnie lub teoretycznie zgodnie z ogólnie znanymi 220 zasadami konstrukcji maszyn.

Wynika stąd, że mierząc siłę napędową F_N i znając siłę siły oporów ruchu wytwarzaną przez układ ograniczający luzowanie lin F_u . Można wyznaczyć siłę oporów toczenia zgodnie z równaniem (4).

$$F_N - F_u = F_t \quad (4)$$

225 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),
- 230 • 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 związana z brakiem zbieżności kół układu.

Ograniczając wpływ zbieżności układu, ujednolicając rodzaj kół oraz odliczając
 235 opór generowany w łożyskach kół można wyznaczyć ogólne równanie siły
 oporów toczenia na płaskiej nawierzchni, równanie (5).

$$F_t = G_o \cdot f_t \quad (5)$$

Gdzie:

G_o – siła ciężkości obiektu przemieszczanego,

f_t – współczynnik oporów toczenia.

240 Gdzie:

$$G_o = m_o \cdot g_o$$

Gdzie:

m_o – masa ciężarka,

g_o – przyspieszenie ziemskie.

245 Przekształcając równanie (5) można wyznaczyć równanie umożliwiające
 wyznaczenie współczynnika oporów toczenia, znając wartość generowanej siły
 podczas badań z czujnika pomiaru siły; masę obiektu badanego oraz
 przyspieszenie ziemskie, równanie (6).

$$f_t = \frac{F_t}{m_o \cdot g_o} \quad (6)$$

Stanowisko umożliwia wyznaczenie współczynnika oporów toczenia
 250 poprzez pomiar siły oporów toczenia podczas zachowania odpowiednich
 warunków pomiaru. Dodatkowo stanowisko umożliwia pomiar wpływu zmian
 konstrukcji badanych obiektów na tę 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
 255 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.