

Sebastian Broń¹

BADANIE WPŁYWU PRZECHYŁU WZDŁUŻNEGO NA PRZYSPIESZENIE SAMOCHODU OSOBOWEGO MIERZONE METODĄ BEZPOŚREDNIĄ

Streszczenie. W tej pracy podjęto temat wpływu kąta pochylenia nadwozia samochodu na wartość przyspieszenia mierzonego za pomocą czujnika przyspieszenia przymocowanego do nadwozia. Przyspieszenie mierzone jest w trakcie testu drogowego składającego się z dwóch faz rozbiegu i wybiegu. Dokonano symulacji komputerowej mierzonych wartości przyspieszenia przez czujnik w kierunku poziomym i pionowym. Porównano wyniki z zadanym przyspieszeniem samochodu. Opisano składniki błędów wskazań czujnika przyspieszenia w teście drogowym.

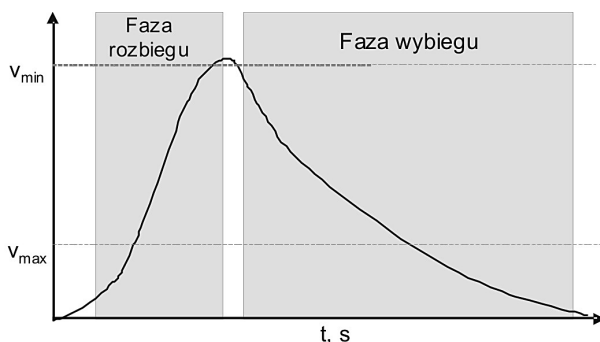
Słowa kluczowe: symulacja, kąt pochylenia wzdużnego nadwozia, przyspieszenie.

TEST DROGOWY

W Katedrze Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej trwają od lat badania zmierzające do opracowania procedury pomiarowej i obliczeniowej służącej do wyznaczania własności i charakterystyk siły i mocy napędowej odbieranej z kół w trakcie testu drogowego [7]. Założono, że wyznaczanie przedmiotowych własności i charakterystyk odbywać się będzie na podstawie przyspieszenia samochodu zmierzonego metodą bezpośrednią za pomocą czujnika przyspieszenia zamocowanego do nadwozia.

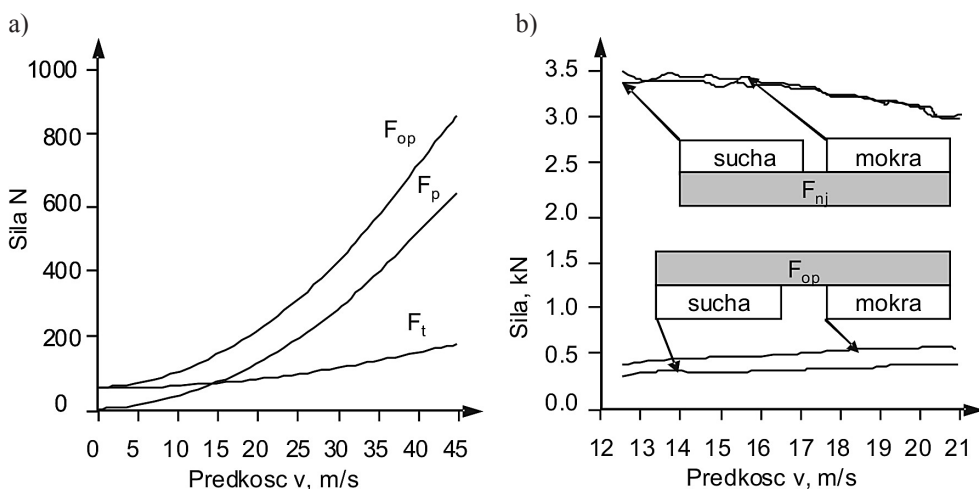
Badano zastosowanie dwufazowego testu drogowego. Jego przebieg przedstawiono na rysunku 1. W fazie rozbiegu samochód rozpędzany jest z największym możliwym do uzyskania przyspieszeniem. W fazie wybiegu samochód porusza się z opóźnieniem określonym przez opory ruchu oraz bezwładnością. Do obliczeń zmian wartości siły i mocy napędowej odbieranej z kół wykorzystuje się przyspieszenie i opóźnienie zmierzone w obu fazach ruchu, gdy samochód zmienia prędkość od v_{\min} do v_{\max} (rys. 1). Wartości v_{\min} do v_{\max} ustala osoba wykonująca test drogowy. Założono, że próby drogowe odbywają się na równej płaskiej drodze o jak najmniejszych nierównościach nawierzchni, a także w niezmiennych warunkach otoczenia w trakcie trwania testu [8].

¹ Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych, Politechnika Opolska, ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, e-mail: s.brol@po.opole.pl.



Rys. 1. Profil prędkości dla testu dwufazowego

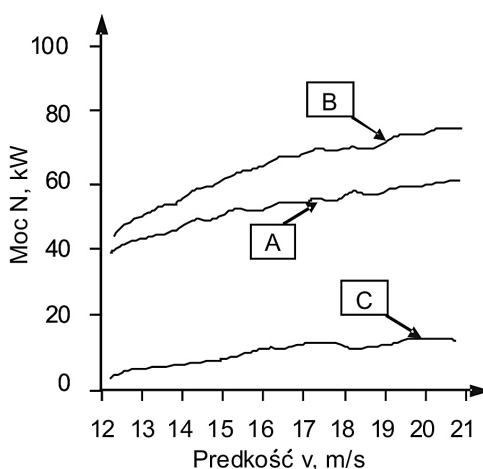
Druga faza, wybiegu, umożliwia kompensację, w rozumieniu metrologicznym, oporów ruchu F_{op} , której składniki zależą w pierwszym rzędzie od prędkości, a ich charakterystyki są przed testem nieznanne, jak to pokazano na rysunku 2a.



Rys. 2. Podstawowe opory ruchu w funkcji prędkości samochodu: opór toczenia (F_t), aerodynamiczny (F_p) i ich suma (F_{op}) (a) oraz przebieg siły napędowej w funkcji prędkości samochodu wyznaczonej w wyniku realizacji dwufazowego testu drogowego na suchej oraz mokrej nawierzchni. Samochód badany: Renault Laguna, 1998r, Silnik ZI, 1.8 dcm³, bieg 2 (b)

Drugą fazę zastosowano w celu zmniejszenia niepewności pomiarowej siły napędowej i mocy odbieranej z kół. Pozwala ona na obliczenie chwilowych wartości, wyznaczenie charakterystyki w funkcji prędkości a następnie na skompensowanie podstawowych oporów ruchu występujących podczas testów drogowych. W szczególności dotyczy to trwałych zmian siły lub kierunku wiatru pomiędzy testami lub nagłych opadów atmosferycznych. Tego rodzaju zjawiska generalnie zwiększają

opory ruchu, a co za tym idzie i starty mocy w teście, co przedstawiono na rysunku 2b. Siła napędowa wyznaczona podczas testu na drodze suchej jest zbliżona (różnica jest nie większa niż 5%) do tej wyznaczonej na drodze po obfitym opadzie deszczu, mimo, że opory ruchu zarejestrowane dla tych testów różniły się od 20% do 25%. Na rysunku 3 przedstawiono przebieg mocy odbieranej z kół wyznaczonej tylko na podstawie fazy rozpędzania (krzywa A), straty mocy wyznaczone w fazie wybiegu (krzywa C), natomiast krzywa B przedstawia moc na kołach w funkcji prędkości samochodu, której wartości są większe od krzywej A o wartość strat mocy dla tej samej prędkości linowej.



Rys. 3. Porównanie krzywych mocy na kołach uzyskanych w wyniku testu jednofazowego (A) i dwufazowego (B). Krzywa (C) przedstawia oszacowane straty mocy uzyskane w dwufazowym teście drogowym

PRZYCZYNY WAHAŃ WZDŁUŻNYCH

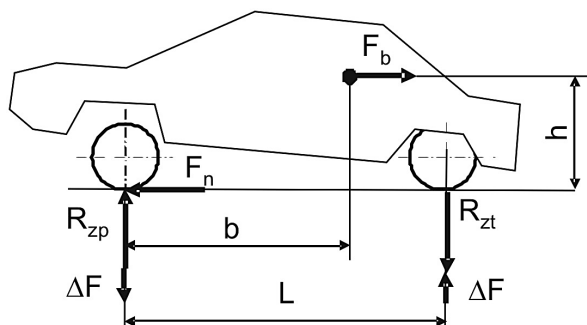
Za ustalony można uznać taki kąt pochylenia wzdluznego nadwozia (α_p), który powstaje w czasie ruchu samochodu z ustaloną prędkością lub podczas faz ruchu z quasi-stalym przyspieszeniem. Podczas jazdy ze stałą prędkością α_p może być inny dla różnych prędkości dla tego samego samochodu. Genta i Morello [3] podają, że przyczyną tego jest jednoczesne działanie sił napędowej i aerodynamicznej, zwłaszcza nośnej, indukcyjnej i profilowej, a także oporów toczenia. Od proporcji wartości poszczególnych sił i oporów zależy wynikowy kąt pochylenia wzdluznego α_p .

Podczas przyspieszania lub opóźniania ruchu samochodu występują dodatkowe siły pionowe w obszarach styku kół przednich i tylnych z jezdnią. Są one wynikiem oddziaływania siły bezwładności przyłożonej do środka masy samochodu [9] i wywołują zmianę reakcji kół przednich R_{zp} i tylnych R_{zt} o wartość ΔF tak, jak to pokazano na rysunku 4 dla samochodu podczas rozpędzania.

Opisuje to zależność (1)

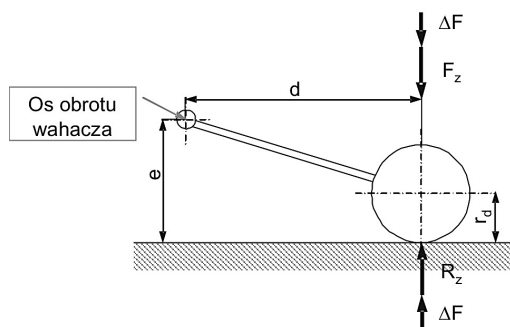
$$\Delta F = F_b \frac{h}{L} \quad (1)$$

gdzie: F_b – siła bezwładności, L – rozstaw osi, h – wysokość środka masy nad powierzchnią jezdni.



Rys. 4. Uproszczony układ wybranych sił działający na samochód podczas rozpędzania. Oddziaływanie oporów aerodynamicznego i toczenia pominięto. Oznaczenia na rysunku: F_b – siła bezwładności, R_{zp} i R_{zt} - reakcje na obciążenie kół przednich i tylnych, ΔF – reakcja wywołana działaniem siły bezwładności F_b .

Zmiana obciążenia z kolei powoduje zmianę ugięcia zawiesznień, a w konsekwencji i kąta pochylenia wzdłużnego α_p . W zależności od tego, która oś samochodu (przednia lub tylna) jest napędzana wpływ przyłożenia siły napędowej na zmianę α_p może być różny. Przy czym należy zwrócić uwagę na konstrukcję zawieszienia, gdyż może ona w sposób istotny wpływać na charakter, a nawet i wartość przyrostu kąta pochylenia nadwozia.



Rys. 5. Siły pionowe działające na zawieszenie i koło napędzane

W odniesieniu do samochodów tylnonapędowych z zawieszeniem niezależnym ogólna zależność może przyjąć postać (2).

$$\alpha_p = \frac{ma}{L} \left(\frac{h}{K_b L} - \frac{(1-\psi)(e_t - r_d)}{K_b d_t} + \frac{h}{K_a L} + \frac{\psi(e_p - r_d)}{K_a d_p} \right) \quad (2)$$

gdzie: a – przyspieszenie pojazdu, m – masa pojazdu, L – rozstaw osi, h – wysokość środka masy, K_a , K_b – sztywności odpowiednio zawieszenia przedniego i tylnego, r_d – promień dynamiczny kół (uwzględnia się generalnie dla zawiesznień niezależnych, dla osi sztywnej przyjmuje się $r_d=0$), d_p , d_t – odległość środka przechyłu wzdłużnego od osi koła w kierunku wzdłużnym odpowiednio dla zawieszenia przedniego i tylnego, e_p , e_t – odległość środka przechyłu wzdłużnego od osi koła w kierunku pionowym odpowiednio dla zawieszenia przedniego i tylnego, ψ – parametr adaptujący równanie dla napędu osi przedniej wtedy $\psi=1$ lub tylnej – $\psi=0$.

Podsumowując można stwierdzić, że pochylenie nadwozia zależy od wartości wypadkowych sił pionowych i poziomych działających na przednie i tylne zawieszenia i zmieniających się wraz z prędkością pojazdu [2, 3, 4]. Rozkład obciążenia kół przednich i tylnych jest różny podczas rozbiegu i wybiegu.

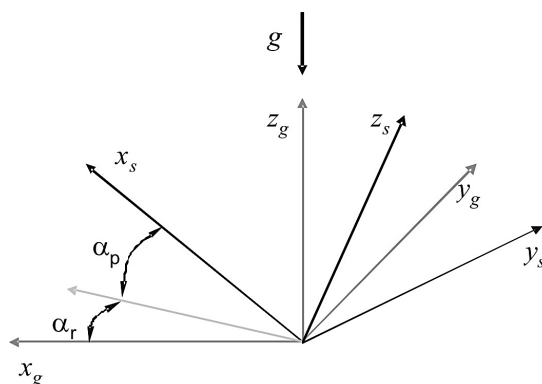
Omówione w tym podrozdziale zjawiska skutkujące zmianami α_p w czasie testu mają istotny wpływ na proces pomiarowy przyspieszenia. W czasie rozbiegu nastąpi zmiana α_p zależna głównie od zmian przyspieszenia (przyłożonej siły napędowej) w czasie rozpędzania, co z kolei zależy m. in. od charakterystyki momentu jednostki napędowej i oporów ruchu [5]. Dodatkowo wpływ na α_p w fazie rozpędzania ma także wysokość środka masy, sztywność zawieszenia i rozstaw osi samochodu [10]. Podczas wybiegu przebieg zmian α_p będzie miał charakter quasi-ustalony ze względu na relatywnie wolne zmiany sił oporów. Co więcej, w obu fazach ruchu na chwilowe zmiany wartości α_p będą także wpływać ugięcia zawieszenia wywołane nierównościami jezdni [6] objawiające się przemieszczaniem nadwozia szczególnie w zakresie niskich częstotliwości [1].

ANALIZA TEORETYCZNA

Kąt pochylenia nadwozia α_p zawiera się między osią x_g globalnego inercyjnego układu współrzędnych a osią x_s arbitralnie przyjętego układu związanego z bryłą nadwozia pojazdu. Określa się go w płaszczyźnie pionowej zawierającej oś symetrii wzdłużnej pojazdu, co pokazano na rysunku 6.

Warto zwrócić uwagę, że globalny układ współrzędnych jest zorientowany względem kierunku przyspieszenia ziemskiego (oś z_g) i kierunku jazdy (oś x_g), zatem założono, że nawierzchnia, po której porusza się pojazd, jest prostopadła do kierunku wektora przyspieszenia ziemskiego g .

W wyniku zmian ugięcia zawieszenia występuje nierównoległość kierunku pomiaru przyspieszenia oraz kierunku ruchu samochodu. W tej pracy określa się



Rys. 6. Przyjęty układ współrzędnych globalny x_g, y_g, z_g i samochodu x_s, y_s, z_s .

go dwoma kątami α_r i α_p okresowymi w płaszczyźnie poziomej oraz pionowej tak, jak to przedstawiono na rysunku 6. O ile kąt α_r jest stosunkowo łatwo skompensować przy założeniu ruchu prostoliniowego samochodu za pomocą np. obrotu układu współrzędnych, o tyle wyznaczenie kąta α_p jest w warunkach ruchu przyspieszonego lub opóźnionego utrudnione. Co więcej, kąt pochylenia wzdłużnego ma istotny wpływ na precyzję wyznaczenia przyspieszenia samochodu podczas rozpędzania i wybiegu. Wpływ ten należy poznać.

W tym celu przeprowadzono badania mające na celu wyjaśnienie czy 2 lub 3 osiowy czujnik przyspieszenia jest wystarczający do kompensacji zakłóceń wywołanych przechyłami wzdłużnymi nadwozia pojazdu.

Ze względu na łatwość kompensacji α_r zadanie zredukowano do płaszczyzny xz . Na podstawie rysunku 6 przyspieszenie samochodu mierzone przez czujnik przyspieszenia zamocowany do nadwozia można opisać następującymi zależnościami (3):

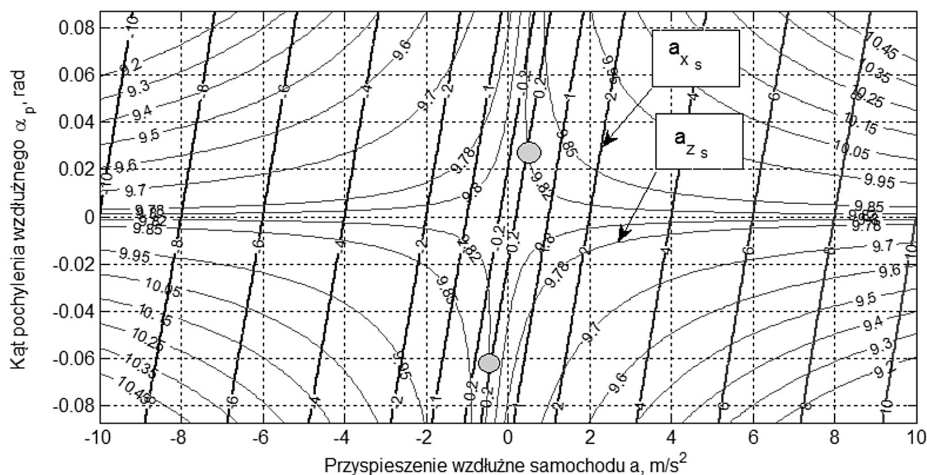
$$\begin{aligned} a_{x_s} &= a_{sx} + g_{sx} \\ a_{z_s} &= a_{sz} + g_{sz} \\ a_{x_s} &= a \cos(\alpha_p) - g \sin(\alpha_p) \\ a_{z_s} &= g \cos(\alpha_p) + a \sin(\alpha_p) \end{aligned} \quad (3)$$

gdzie: a_{x_s} – przyspieszenie mierzone względem kierunku wyznaczanego przez oś x_s czujnika przyspieszenia, a_{z_s} – przyspieszenie mierzone względem kierunku wyznaczanego przez oś z_s czujnika przyspieszenia, a – rzeczywiste przyspieszenie samochodu, a_{sx} – rzut rzeczywistego przyspieszenia a na oś pomiarową sensora x_s , a_{sz} – rzut rzeczywistego przyspieszenia a na oś pomiarową sensora z_s , α_p – kąt działania przyspieszenia pojazdu w układzie $x_s z_s$ (kąt pochylenia nadwozia), g – przyspieszenie ziemskie, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, g_{sx} – rzut przyspieszenia ziemskiego g na oś pomiarową sensora x_s , g_{sz} – rzut przyspieszenia ziemskiego g na oś pomiarową sensora z_s .

Na podstawie badań własnych założono (z pewnym nadmiarem), że przyspieszenie pojazdu będzie się zmieniać w zakresie od $a = -10 \text{ m/s}^2$ to $a = 10 \text{ m/s}^2$, natomiast pochylenie wzdłużne od $\alpha_p = -0,087 \text{ rad}$ do $\alpha_p = 0,087 \text{ rad}$. Wyniki przedstawiono na rysunku 7 jako symulowane wartości mierzonego przyspieszenia w kierunkach x_s i z_s oznaczone odpowiednio a_{x_s} i a_{z_s} .

Różnica wartości przyspieszenia zmierzonego w kierunku x_s i rzeczywistego zmienia się w funkcji przyspieszenia wzdłużnego oraz kąta pochylenia nadwozia. Dla przyjętego układu współrzędnych jak na rys. 6 zmniejszenie kąta α_p o $0,087 \text{ rad}$ powoduje zmniejszenie mierzonego opóźnienia o $0,85 \text{ m/s}^2$. Zatem podczas hamowania lub wybiegu opóźnienie mierzone w kierunku x_s jest mniejsze od rzeczywistego. Symetrycznie przebiegają zmiany wartości mierzonego przyspieszenia podczas przyspieszania. Jednak w tym przypadku pochylenie nadwozia w wyniku „przysiadania” nadwozia skutkuje zaniżeniem mierzonego przyspieszenia także o $0,85 \text{ m/s}^2$ przy zwiększeniu α_p o $0,087 \text{ rad}$.

Różnica przyspieszeń pomiędzy przyspieszeniem ziemskim a mierzonym w kierunku osi z_s jest także zależna od kąta pochylenia wzdłużnego nadwozia oraz przyspieszenia wzdłużnego pojazdu i zmienia się w analizowanym obszarze zmienności zmiennych niezależnych od 9 m/s^2 do $10,5 \text{ m/s}^2$ tak jak to pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Przyspieszenia mierzone w kierunkach x_s i z_s jako funkcja przyspieszenia pojazdu a oraz pochylenia wzdłużnego nadwozia α_p

Jak wykazano, zmiana położenia kąтового nadwozia względem powierzchni drogi (a zgodnie względem globalnego grawitacyjnego układu współrzędnych) powoduje znaczną odchyłkę wartości mierzonego przyspieszenia względem ustalonego przed testem kierunku pomiarowego.

Aby sprawdzić, czy istnieje możliwość określenia zmian kąta α_p podczas testu wykorzystując do tego wyłącznie akcelerometr dokonano obliczeń wartości mie-

rzonych przyspieszeń względem osi x_s i z_s w zależności od pochylenia wzdłużnego nadwozia oraz przyspieszenia pojazdu. Do badań przyjęto zakres przyspieszeń pojazdu od $a = -10 \text{ m/s}^2$ do $a = 10 \text{ m/s}^2$ oraz pochylenie wzdłużne zmieniające się od $\alpha_p = -0,087$ do $\alpha_p = 0,087$ rad. Następnie nałożono na siebie wykresy przyspieszeń mierzonych na osiach x_s i z_s obliczonych zgodnie z zależnościami (3).

Wyniki badań pokazują, że istnieje więcej niż jedna kombinacja pochylenia wzdłużnego i przyspieszenia rzeczywistego pojazdu, dla których wartości przyspieszeń mierzonych w kierunkach osi pomiarowych czujnika przyspieszeń są takie samo. Jeśli $a_{x_s} = 0,2 \text{ m/s}^2$ oraz $a_{z_s} = 9,82 \text{ m/s}^2$ (szare koła na rys. 7), to rzeczywiste przyspieszenie pojazdu może wynosić $a = -0,486 \text{ m/s}^2$ lub $a = 0,486 \text{ m/s}^2$, a pochylenie wzdłużne może być równe odpowiednio $\alpha_p = -0,698$ rad i $\alpha_p = 0,0292$ rad.

Przedstawiona w powyższym rozdziale analiza teoretyczna wskazuje, że wykorzystanie czujnika mierzącego przyspieszenie nawet w 2 lub 3 kierunkach nie pozwala na skompensowanie wpływu kąta pochylenia nadwozia ze względu na niejednoznaczność między wartościami składowych przyspieszenia a przyspieszeniem rzeczywistym samochodu.

Wnioski płynące z analizy zweryfikowano eksperymentalnie. Wykorzystano do tego samochód Fiat Punto ze względu na względnie mały rozstaw osi wynoszący 2510 mm. Rysunek 8 przedstawia fragment testu drogowego, podczas którego dokonano hamowania, a następnie przyspieszania.



Rys. 8. Porównanie chwilowych wartości przyspieszenia uzyskanych z czujnika przyspieszenia oraz ze zróżniczkowanego sygnału prędkości liniowej pojazdu. Dane uzyskano z testu drogowego wykonanego z użyciem samochodu Fiat Punto II

Chwilowe przyspieszenia zmierzone w kierunku x_s porównano z wartością zróżniczkowanej prędkości pojazdu. Jak widać istnieje przesunięcie pomiędzy tymi dwoma sygnałami, a ponadto wartość przyspieszenia mierzona przez czujnik przy-

spieszenia jest większa przy przyspieszaniu i mniejsza przy hamowaniu. Największa różnica między wartościami uzyskanymi z obu metod pomiarowych wynosiła 0,9 m/s² podczas przyspieszania pojazdu z przyspieszeniem $a = 2,24$ m/s². Porównując to z wartościami z rysunku 8 pochylenie nadwozia względem pochylenia początkowego wynosiło 0,061 rad, co wyznaczono całkując po czasie prędkość kątową zmierzoną za pomocą inercyjnego czujnika prędkości kątowej przymocowanego do nadwozia.

SYMULACJA ZMIAN KĄTA POCHYLENIA WZDŁUŻNEGO NADWOZIA W TRAKCIE TESTU DROGOWEGO

Celem następnego etapu badań było oszacowanie wpływu zmian α_p w trakcie testu drogowego na wartości siły napędowej F_n w zależności od reakcji zawieszenia na przyłożoną siłę napędową.

Przeprowadzono symulację komputerową pomiaru przyspieszenia w kierunku x_s podczas testu drogowego ustalając parametry tak, że w pierwszym przypadku kąt pochylenia nadwozia jest dodatni podczas rozpędzania i ujemny podczas wybiegu natomiast w drugim przypadku, że $\alpha_p < 0$ podczas rozpędzania i $\alpha_p > 0$ podczas wybiegu.

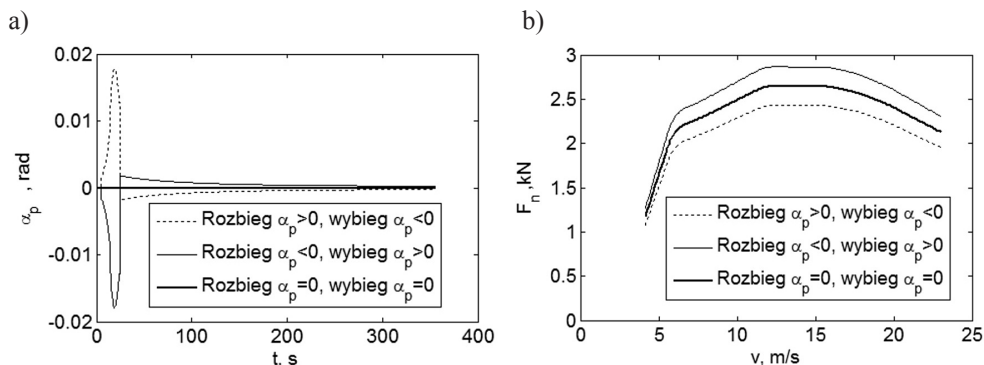
Wykorzystano równanie (4) opisujące przyspieszanie samochodu z uwzględnieniem trzech składników siły napędowej, oporu aerodynamicznego i oporu toczenia przy wykorzystaniu chwilowego największego momentu napędowego silnika wg zadanej charakterystyki $M_s(\omega)$. Kąt α_p obliczono w oparciu o równanie (2), zaś symulowane przyspieszenie mierzone w kierunku x_s wyznaczano na podstawie równań (3).

$$\frac{dv}{dt} = \frac{M_s(\omega)i_c}{r_d m \delta} - \frac{\rho A c_x v^2}{2} - mg f_o (1 + f_v v^2) \quad (4)$$

gdzie: dv/dt – przyspieszenie liniowe samochodu, $M_s(\omega)$ – największy moment napędowy silnika, v – prędkość liniowa samochodu, ω – prędkość kątowa wału silnika, r_d – promień dynamiczny koła, m – masa samochodu, δ – współczynnik mas wirujących, A – powierzchnia czołowa samochodu, c_x – współczynnik oporu powietrza (aerodynamiczny) w kierunku wzdluznej osi symetrii samochodu, ρ – gęstość powietrza, g – przyspieszenie ziemskie, f_o, f_v – sumaryczne współczynniki oporu kół samochodu.

Założono brak poślizgu kół napędzanych, niewystępowanie oporu wzniesienia i uciągu oraz $\delta=1,01$; $r_d=0,27$ m; $m=1200$; $i_c=7,17$; $c_x=0,31$; $A=2$ m², $f_o=0,015$; $f_v=0,0006$; $M_{s \max}(\omega)=100$ Nm.

Wartość symulowanej siły napędowej obliczano korzystając z zależności (5) wykorzystując do tego celu chwilowe przyspieszenia zmierzone dla tej samej prędkości liniowej samochodu w fazach rozbiegu i wybiegu [7, 8]:



Rys. 9. Wyniki symulacji zmian kąta α_p podczas testu (a) oraz charakterystyka siły napędowej wyznaczona na podstawie równania (5)

$$F_n(v) = (a_r(v) - a_w(v)) \cdot m\delta \quad (5)$$

gdzie: F_n – siła napędowa, v – prędkość liniowa samochodu, a_r – symulowane przyspieszenie podczas rozpędzania w fazie rozbiegu mierzone w kierunku x_s , a_w – symulowane opóźnienie w fazie wybiegu mierzone w kierunku x_s .

Na podstawie rysunku 9b można stwierdzić, że ugięcie zawieszenia w reakcji na przyłożoną siłę napędową, a tym samym i zmiana kąta α_p (rys. 9.a) wpływają na wyznaczone wartości siły napędowej odbieranej z kół. Gdy $\alpha_p = 0$ podczas całego testu wartość maksymalna $F_n = 2,64$ kN. Dla pierwszego przypadku reakcji zawieszenia ($\alpha_p = 0,017$ rad dla rozpędzania i $\alpha_p = -0,002$ rad podczas wybiegu) maksymalna siła napędowa jest mniejsza o 0,22 kN (ok. 8%) natomiast dla przeciwnych zmian α_p jest o 0,22 kN większa.

WNIOSKI

Odchylenie kątowe pomiędzy kierunkiem pomiarowym i kierunkiem ruchu samochodu powoduje różnicę między wartością mierzonego przyspieszenia a rzeczywistym przyspieszeniem samochodu. Istnieją dwa składniki wpływające na tę różnicę.

1. Rzut przyspieszenia rzeczywistego samochodu na kierunek pomiarowy. Przy niezerowym α_p zawsze mniejszy niż przyspieszenie rzeczywiste.
2. Rzut przyspieszenia ziemskiego.

Rozróżnia się 2 przypadki: gdy $\alpha_p > 0$ i $\alpha_p < 0$. Jeśli $\alpha_p > 0$ to rzut przyspieszenia ziemskiego zmniejsza wartość mierzonego przyspieszenia, natomiast jeżeli $\alpha_p < 0$ to zwiększa.

W odniesieniu do faz testu drogowego można stwierdzić, że niekompensowany kąt pochylenia wzdłużnego podczas rozpędzania powoduje zmniejszenie wartości mierzonego przyspieszenia oraz zwiększa podczas wybiegu.

Z uwagi na to, że kąt pochylenia wzdłużnego zależy głównie od różnicy ugięcia zawieszenia w odniesieniu do początkowego będącego wynikiem działania siły bezwładności, aerodynamicznej oraz wahań wzdłużnych nadwozia należy kompensować wpływ kąta α_p na mierzone przyspieszenie w celu uzyskiwania jak najniższej niepewności pomiarowej przyspieszenia samochodu z wykorzystaniem bezpośredniej metody pomiarowej.

LITERATURA

1. Brol S., Mamala J. Application of Spectral and Wavelet Analysis in PowerTrain System Diagnostic. SAE 2010 World Congress. Detroit, USA 13-15.04, 2010.
2. Dixon J. Suspension Geometry and Computation. Wiley & Sons. 2009.
3. Genta G., Morello L. The Automotive Chassis, Vol. 1: Components Design, Springer. 2009.
4. Gillespie T. Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE International. 1992.
5. Jantos J. Zintegrowane sterowanie samochodowym spalinywym układem napędowym o przełożeniu zmiennym w sposób ciągły. Studia i Monografie/ Politechnika Opolska, z. 235, Opole 2006.
6. Lozia Z., Mazański K. Typowe nierówności nawierzchni dróg. Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów PW, 1, 77, 2010, 209–221.
7. Mamala J., Brol S., Jantos J. Estymacja charakterystyk układu napędowego na podstawie pomiaru przyspieszenia samochodu. Studia i Monografie/ Politechnika Opolska, z. 235, Opole 2008.
8. Mamala J., Brol S., Jantos J. The estimation of the engine power with use of an accelerometer. Optimization, Optical Measurement Nondestructive Testing Techniques. SAE International Published, 04, 2010.
9. Prochowski L., Mechanika ruchu. Pojazdy samochodowe. WKŁ, Warszawa 2008.
10. Siłka W. Teoria Ruchu Samochodu. WNT, Warszawa 2002.

INVESTYIGATION OF INFLUENCE OF PITCH ANGLE ON ACCELERATION OF PASSENGER CAR MEASURED USING DERACT METHOD

Abstract

In this work the topic of influence of pitch angle on measured acceleration using acceleration sensor fixed to car's chassis was taken into account. The acceleration is measured during road test which consists of acceleration and deceleration phases. Simulation was made of measures accelerations by sensor in horizontal and vertical directions. The results were then compared with statted before simulation "real" car acceleration. The components of measurement error were described in aspect of road test course.

Keywords: simulation, pitch angle, acceleration.