

Grzegorz MOTRYCZ¹
Piotr STRYJEK²

PROBLEMY OCENY PARAMETRÓW POJAZDÓW 8X8 W METODZIE RUCHU PO OKRĘGU

Stateczność ruchu pojazdu stanowi najważniejszy aspekt czynnego bezpieczeństwa pojazdu. Każdy pojazd wraz z kierowcą i otaczającymi warunkami zewnętrznymi (kierowca-pojazd-droga) stanowi zamknięty system sterowania. Ocena stateczności ruchu pojazdu jest bardzo trudna ze względu na złożone struktury wzajemnych sprzężeń zwrotnych w/w systemu. Dlatego istnieje też konieczność przeprowadzenia różnego rodzaju prób. Poszczególne próby dostarczają informacji pozwalających jedynie na częściową ocenę całościowej problematyki kierowności i stateczności pojazdu. Uzyskane w czasie konkretnej próby wyniki badań eksperymentalnych są znaczące jedynie w niewielkim stopniu dla ogólnej oceny zachowania się pojazdu na drodze. Przedstawiony materiał stanowi pewien wycinek z ogólnej problematyki dotyczącej stateczności i kierowności pojazdu.

PROBLEMS OF EVALUATION OF PARAMETERS OF VEHICLES 8X8 THE METHOD OF CIRCULAR MOTION

The stability of vehicle is the most important aspect of active vehicle safety. Any vehicle with a driver and the surrounding external conditions (driver-vehicle-road) is a closed system of steering. Evaluation of stability of a vehicle is very difficult due to the complex structure of mutual feedback the system. Therefore, it is necessary to carry out various tests. Each tests gives only a small extent on the assessment of individual fragments vehicle stability. Obtained during the tests results of experimental tests are significant only to a small extent for an overall assessment of the behavior of the vehicle on the road. The material represents a part of the general issues concerning the stability of vehicle.

1. WSTĘP

Zapewnienie bezpieczeństwa dla przyszłych użytkowników wojskowych pojazdów lądowych wymusiło na producentach poddawanie nowych prototypów szeregowi badań eksperymentalnych.

¹mgr inż. Grzegorz Motrycz – Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej – asystent,

²mgr inż. Piotr Stryjek – Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej – kierownik pracowni.

W szczególności żąda się, aby kierowca za pomocą odpowiednich urządzeń sterowniczych mógł łatwo prowadzić transporter opancerzony po określonym torze. Jest to jedno z najważniejszych wymagań, które muszą spełnić transportery poruszające się z dużymi prędkościami. Warto podkreślić, że przykładowo prędkość maksymalna polskiego transportera KTO Rosomak, może przekraczać znacząco 100km/h.

Na zachowanie się transportera mają wpływ zmiany wielkości parametrów obciążenia kół spowodowane zmianą położenia środka masy nad poziomem podłoża, przemieszczenia kadłuba korpusu.

W czasie ruchu działają na transporter opancerzony siły skrętu zmieniane przez kierowcę za pomocą układów sterowania oraz siły, których kierowca nie może zmienić ani też utrzymywać stałych wartości.

Wynika stąd trudność problematyki stateczności ruchu i kierowności transporterów opancerzonych.

2. PRZEGLĄD PRÓB OCENY KIEROWALNOŚCI I STATECZNOŚCI W METODZIE RUCHU PO OKRĘGU.

Test ruchu ustalonego po okręgu jest podstawowym testem pozwalającym ocenić niektóre właściwości z dziedziny kierowności i stateczności. Przeprowadzenie weryfikacji pojazdu za pomocą tego testu pozwala na określenie wielkości amplitudy wielkości kąta obrotu kierownicy δ_H .

W celu przybliżenia zagadnienia w formie syntetycznej na podstawie prac [3], [4], [5], przedstawiłem w Tab. 1

Tab. 1 Metody ruchu ustalonego po okręgu

Nazwa testu	Tor ruchu/ wymuszenie	Dziedzina analizy	Norma
Badania w ustalonych stanach ruchu na torze kołowym	R=const	przyspieszenie poprzeczne	Projekt Normy Zakładowej $\frac{ZN - 88}{MP}$
	$\delta_H = \text{const}$		
	$a_y = \text{const}$		
Metoda badań w ustalonych stanach ruchu na torze kołowym	V=const		$\frac{PN - 87}{S - 47350}$
Ruch ustalony po okręgu	R=const		ISO 4138
	$\delta_H = \text{const}$		
	$V = \text{const}$		
Próba w ruchu po okręgu			AVTP 03 160 W

Test przeprowadzany jest w warunkach quasi statycznych, metoda pozwala na przeprowadzenie pomiarów w trzech wariantach:

- wariant 1 – o stałym promieniu;
- wariant 2 – stały kąt obrotu kierownicy;
- wariant 3 - stała prędkość.

Poniżej przedstawię podstawowe warianty prowadzenia testu.

W wariancie 1 - o stałym promieniu $R=\text{const}$, kierujący pojazdem powinien prowadzić pojazd po okręgu, wykonując odpowiednio ruchy korygujące tor jazdy tak, aby odchylenie od zadanego promienia mieściło się w ustalonych granicach (0.3 m w każdą stronę ZN-88, 0.5 m- ISO 4138). Promień powinien zawierać się w granicy 20-100 m.

W wariancie 2 - stały kąt obrotu kierownicy ($\delta_H = \text{const}$) w pojeździe badanym należy wykonać obrót kierownicą o stały kąt i przytrzymać ją w tej pozycji. Wartość kąta powinna być taka, aby promień toru ruchu mieścił się w ustalonych granicach (20-100m - ISO 4138; 20-50m ZN-88).

W wariancie 3 – stała prędkość ($V=\text{const}$). Kierujący pojazdem porusza się z ustaloną prędkością wykonując korekty kierownicą. Prędkość oraz ustalenie kierownicy powinno być stałe przez około 3 s, na czas rejestracji parametrów.

Warunki prowadzenia badań różnie są definiowane przez poszczególne zapisy norm. Próby badawcze powinny być przeprowadzane na jednolitej, twardej, czystej nawierzchni, o nachyleniu nie większym niż 2 %. Prędkość wiatru prędkość wiatru nie powinna być większa niż od 7 m/s (norma ZN-88) lub 3 m/s (norma PN-87 S 47350).

W celu określenia podstawowych właściwości badanych obiektów sporządza się następujące charakterystyki:

- kąta obrotu kierownicy δ_H w funkcji przyspieszenia poprzecznego a_y ;
- promienia R w funkcji przyspieszenia poprzecznego a_y ;
- kąta znoszenia pojazdu β w funkcji przyspieszenia poprzecznego a_y ;
- moment na kole kierownicy M_h w funkcji przyspieszenia poprzecznego a_y ;
- kąt bocznego przechyłu ϑ w funkcji przyspieszenia poprzecznego a_y .

Oprócz przedstawionych charakterystyk wyznaczane są również znormalizowane wskaźniki:

- gradient podsterowności/nadsterowności – (gradient kąta obrotu kierownicy / przełożenia układu kierowniczego);
- gradient podsterowności/nadsterowności względem kąta znoszenia pojazdu – (gradient kąta obrotu kierownicy/przełożenie układu kierowniczego względem kąta znoszenia pojazdu);

Aby porównać obiekty, których wymiary znacznie różnią się od siebie uwzględniając przełożenie układu kierowniczego i rozstaw osi stosuje się:

- współczynnik kierowności – (gradient kąta obrotu kierownicy/iloczyn przełożenia układu kierowniczego i rozstaw osi);
- współczynnik kierunkowy (gradient kąta obrotu kierownicy względem kąta znoszenia pojazdu/ iloczyn przełożenia układu kierowniczego i rozstawu osi).

3. OBIEKT BADAŃ.



Rys 1. Obiekt - PATRIA XA-360P w wersji 8x8

Obiektem badań był pojazd PATRIA XA-360P na podwoziu 8x8 (Rys.1) [1],[2]. Zastosowana jednostka napędowa to czterosuwowy, sześciocylindrowy, rzędowy wysokoprężny silnik Diesla (SCANIA DI1249A03P). Jest on chłodzony cieczą i wyposażony w turbosprężarkę doładowującą oraz chłodnicę międzystopniową (intercooler). Bezpośredni wtrysk paliwa jest realizowany z wykorzystaniem specjalnych wtryskiwaczy typu PDE sterowanych elektronicznie. Układ ten kontroluje pracę silnika oraz dozowanie paliwa we wszystkich stanach pracy. Elektroniczny układ sterowniczo-regulacyjny wtryskiem paliwa składa się z układu sterującego, czujników monitorujących stan silnika oraz układu koordynacyjnego podłączonego do interfejsu użytkownika pojazdu. Układ sterowniczo regulacyjny dopasowuje dawkowanie paliwa na podstawie informacji z czujników oraz zapamiętuje wykryte błędy. Silnik może pracować na dwóch zakresach mocy wyjściowych wybieranych przełącznikiem wyboru zakresu mocy umieszczonym w przedziale kierowcy.

Pojazd posiada automatyczną skrzynię biegów wyposażoną w siedem biegów jazdy do przodu oraz jeden bieg wsteczny. Skrzynia biegów ta pozwala na jazdę od małych prędkości podczas jazdy w terenie do dużych prędkości podczas jazdy po drogach. Układ przeniesienia napędu składa się ze skrzyni biegów, skrzyni rozdzielczej, przekładni głównych, przekładni piast, oraz wałów napędowych łączących elementy napędu. Układ zawieszenia stanowi połączenie pomiędzy kołami, a nadwoziem pojazdu. Kontrolowane przez układ zawieszenia, koła są w stanie absorbować ruchy wywołane przez kołyszący się korpus pojazdu oraz nierówności nawierzchni. Zawieszenie każdego koła to układ podwójnych wahaczy dwuramiennych mocowanych za pomocą sworzni do zintegrowanego wspornika układu zawieszenia i piasty koła pojazdu. Wahacze lewej i prawej strony pojazdu są lustrzanymi odbiciami. Pomiędzy dolnym wahaczem, a kadłubem pojazdu

zamontowany jest układ zawieszenia i amortyzacji. Układy te są identyczne dla wszystkich osi. Zawieszenie i układ amortyzacji pojazdu wykorzystuje resory hydrauliczne, w których gaz i płyn odpowiedzialne są odpowiednio za resorowanie i amortyzację wstrząsów.

4. BADANIA RUCHU PO OKRĘGU.

Do przeprowadzenia stosownego testu wykorzystano aparaturę pomiarową (Rys. 2,3), na którą składały się:

- rejestrator RT 3002 – do pomiaru prędkości wzdłużnej, poprzecznej, przyspieszenia wzdłużnego, poprzecznego, kątów $\psi_s, \vartheta_s, \varphi_s$;
- kierownica MSW-2 S/N 103-4243;
- komputer rejestrujący;
- zasilacze;
- okablowanie;
- taśma miernicza;
- pachołki drogowe.



Rys 2. Rejestrator RT-3002



Rys 3. kierownica MSW-2 S/N 103-4243

Analizę sygnałów dokonano z wykorzystaniem komputera, za pomocą oprogramowania MATLAB.

Tab. 2 Dokładność pomiarowa RT 3002

Lp.	Wielkości mierzone	Maksymalny błąd
RT3002		
1	przyspieszenie poprzeczne	± 0.01 %
2	prędkość poprzeczna	± 0.01 %
3	prędkość wzdłużna	± 0.01 %
4	kąty $\psi_s, \vartheta_s, \phi_s$;	± 0.03 °

Pomiary zostały zarejestrowane cyfrowo z częstotliwością próbkowania sygnału 100 Hz, a następnie poddane procesowi filtracji (filtr dolno przepustowy).

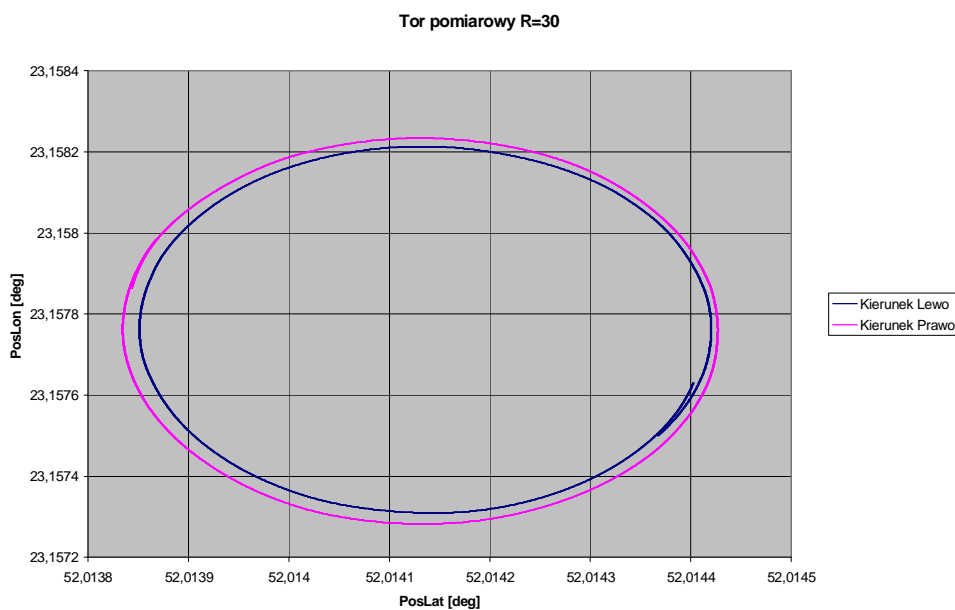
Do badań eksperymentalnych wytypowano doświadczonych kierowców testowych, mających już wcześniej styczność z kierowaniem transporterami opancerzonymi. Przed próbą z rejestracją wyników wykonano szereg treningowych przejazdów, w celu zapoznania się z właściwościami trakcyjnymi pojazdu (Rys. 4).



Rys 4. Obiekt badań podczas prób

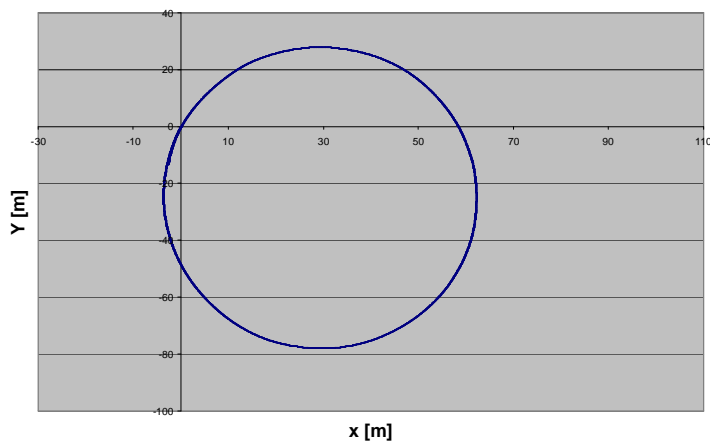
5. ANALIZA PRZYKŁADOWYCH PLIKÓW POMIAROWYCH.

Wykonywanie badań pojazdami klasy 8x8, sprawia zespołom badawczym wiele trudności. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowy tor ruchu obiektu badań podczas wykonywania próby. Zgodnie z kanonem warsztatu pracy prawidłowo wykonane próby badawcze powinny posiadać odchyłkę toru od 30-50 cm w każdą stronę.



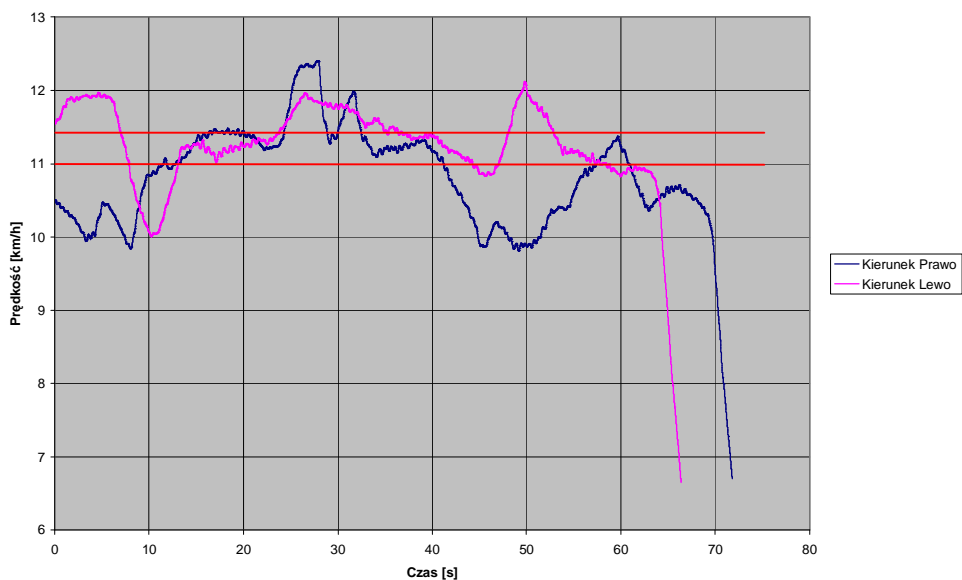
Rys 5. Tor obiektu badań $R = 30$ m

Z powyższego rysunku wynika typowa sytuacja związana z badaniem kierowności transporterów wojskowych. Widoczność z miejsca kierowcy jest na tyle ograniczona, że kierowca nie jest w stanie obserwować w dostatecznie dobry sposób słupków wyznaczających okrąg. Dlatego, podczas skrętu w lewą stronę, przy lepszej widoczności, jest w stanie jeździć bardzo blisko słupków wyznaczających okrąg, natomiast podczas jazdy okręgu w stronę prawą, kierowca nie widząc dobrze słupków prowadzi pojazd po większym promieniu.



Rys 6. Tor jazdy środka masy obiektu badań $R = 30\text{ m}$

Przy obostrzeniach w normach wynikających z błędu określającego tor ruchu pojazdu, konieczne jest bardzo dokładne rejestrowanie toru jazdy. Nowoczesne systemy pomiarowe wyposażone w dodatkowe stacje GPS są w stanie rejestrować tor ruchu środka masy pojazdu z dokładnością do 2cm. Daje to możliwość późniejszego sprawdzenia, czy zarejestrowany tor ruchu był zgodny z wymaganiami normy (rys 6).



Rys 7. Tor jazdy środka masy obiektu badań $R = 30\text{ m}$

Na rysunku nr 7 przedstawiono wykres prędkości pojazdu podczas około 60 sekundowej łącznej próby jazdy po okręgu. Liniami czerwoni zaznaczono zakres błędu prędkości, w jakim kierowca powinien utrzymywać prędkość pojazdu. Można zauważyć, że łatwo jest wytypować okresy 3 sekund, w których prędkość była utrzymywana z dostateczną dokładnością. Jednak w skali „globalnej” próby, rozrzut prędkości jest już znaczący.

Problemy z utrzymywaniem prędkości w pojeździe opancerzonym wynikają z jego masy, sposobu pracy automatycznej skrzyni biegów i ze stosunkowo małej wrażliwości silnika na zmianę pozycji pedału przyspieszenia.

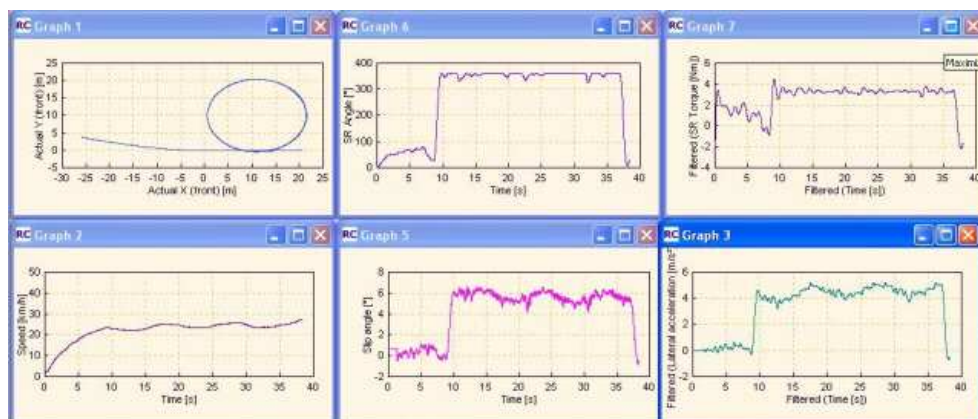
Jednak głównym powodem takiej sytuacji jest niedokładność człowieka w sterowaniu prędkością ruchu badanego pojazdu. By wyeliminować błędy człowieka, Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej rozpoczął wdrażanie procedur badawczych z udziałem automatycznego systemu kierowania pojazdami (rys 8).

System składa się z elementu wykonawczego w postaci silnika elektrycznego zamontowanego na kole kierownicy i systemu pozycjonowania GPS, stanowiącego sprzężenie zwrotne dla układu sterującego.

Specjalny system procedur uczących urządzenie reakcji pojazdu na szereg wymuszeń oraz bardzo dokładne pozycjonowanie GPS pozwalają na wykonywanie manewrów opisanych w poszczególnych normach z dokładnością i powtarzalnością do 2 cm.



Rys 8. Widok systemu pomiarowego zamontowanego w pojeździe



Rys 9. Przykładowe wyniki pomiarów z użyciem systemu automatycznego kierowania pojazdem

6. WNIOSKI

Normy opisujące próby ruchu pojazdu po okręgu cechują się dużymi obostrzeniami związanymi z dokładnością wykonywania manewrów i utrzymywaniem poszczególnych parametrów ruchu pojazdu w wąskim zakresie błędów. W przypadku pojazdów specjalnych typu KTO Rosomak, zadanie postawione przed kierowcą jest jeszcze trudniejsze, ze względu na wymiary transportera, ograniczoną widoczność, dużą masę pojazdu.

Niezbędne, więc wydaje się, by w celu wyeliminowania błędów czynnika ludzkiego oraz zapewnienia dobrej powtarzalności prób, stosować zautomatyzowane układy kierowania pojazdami.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Instrukcja Eksploatacji KTO 8x8 – Opis i użytkowanie (Wojskowe Zakłady Mechaniczne Spółka Akcyjna Siemianowice Śląskie 2008);
- [2] www.patria.fi;
- [3] ISO 4138: Passenger cars – Steady – state circular driving behaviour – Open-loop test methods: 2004 (Third edition 2004-09-15);
- [4] KLECZKOWSKI Adam „Norma Zakładowa Samochody Kierowalność i stateczność. Metody badań, wskaźniki ocen wymagania 1988” Projekt Normy Zakładowej Ośrodka Badawczo Rozwojowego Samochodów Małolitrażowych w Bielsku Białej. (tekst niepublikowany);
- [5] PN-87 S-47350 Metoda badań w ustalonym stanie ruchu na torze kołowym;
- [6] www.abd.uk.com.