

Tadeusz SMOLNICKI*
Krzysztof JAMROZIAK**
Mirosław BOCIAN***
Mariusz KOSOBUDZKI****

OCENA WARUNKÓW TRANSPORTU ŻOŁNIERZY SAMOCHODAMI CIĘŻAROWO-OSOBOWYMI WYSOKIEJ MOBILNOŚCI NA PODSTAWIE DANYCH AKCELEROMETRYCZNYCH

Problematyka oceny komfortu jazdy w odniesieniu do pojazdów wojskowych, które transportują żołnierzy wraz z wyposażeniem i ładunkiem jest stosunkowo nowa w dostępnych publikacjach i opracowaniach. Przedstawiony artykuł jest streszczeniem pracy naukowo – badawczej realizowanej przez zespół autorów, która miała ocenić pojazdy należące do grupy ciężarowo – osobowych wysokiej mobilności ze względu na oferowany komfort jazdy na podstawie obowiązujących wskaźników.

Słowa kluczowe: komfort jazdy, samochody ciężarowo – osobowe wysokiej mobilności

WSTĘP

Każda nowoczesna armia na świecie stawia sobie za cel możliwie najlepsze wyszkolenie żołnierzy i wyposażenie ich w odpowiedni do wykonywanych zadań sprzęt

* dr hab. inż. Tadeusz SMOLNICKI, prof. nadzw. PWr – Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej

** ppłk dr inż. Krzysztof JAMROZIAK – Wydział Planowania i Koordynacji Badań Naukowych Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych

*** dr inż. Mirosław BOCIAN – Instytut Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej Politechnika Wrocławskiej

**** kpt. mgr inż. Mariusz KOSOBUDZKI – Instytut Dowodzenia Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych

wojskowy. Umożliwia to szybkie zareagowanie na powstające sytuacje kryzysowe i ograniczenie do minimum ryzyka utraty zdrowia i życia żołnierzy. Narzędzia prowadzenia walki (UiSW) powinny charakteryzować się wysoką skutecznością działania, ale jednocześnie nie mogą narażać użytkownika na utratę zdrowia, czy życia.

Bardzo liczną grupą techniki wojskowej eksploatowaną codziennie we wszystkich jednostkach wojskowych są wojskowe pojazdy mechaniczne. Dzielą się one na pięć grup głównych oraz 11 podgrup. Pierwszą grupę stanowią samochody ciężarowo – osobowe wysokiej mobilności. Grupa liczy około 2000 samochodów [10].

Samochody ciężarowo – osobowe wysokiej mobilności są przeznaczone do transportu żołnierzy i ładunków w każdych warunkach drogowych. Muszą posiadać między innymi założony, wysoki poziom zapasu potencjału eksploatacyjnego (trwałość), być niezawodne oraz gwarantować odpowiedni poziom bezpieczeństwa i komfortu przewożonym żołnierzom. Proces projektowania takiego pojazdu jest bardzo złożony, co przekłada się bezpośrednio na cenę pojazdu.

Każdy nowy pojazd samochodowy przechodzi szereg badań dopuszczających go do ruchu po drogach publicznych. Wymagania, jakie musi spełnić, są zebrane w przepisach dotyczących homologacji danego typu pojazdu. Spełnienie ich jest konieczne; nie gwarantuje jednak automatycznie pożądanego poziomu komfortu jazdy. Przez wiele lat pojazdy wojskowe miały opinię prostych w budowie i obsłudze, wykonanych z wysokiej jakości materiałów, gdzie pojęcie komfortu zwykle nie występowało. Doświadczenia ostatnich kilkunastu lat pokazują jednak, że komfort jazdy jest jednym z warunków koniecznych, których spełnienie pozwala zachować żołnierzom odpowiednią zdolność psychofizyczną do wykonywania zadań po długotrwałym przebywaniu w pojeździe.

Samo pojęcie komfortu nie ma ścisłej definicji i można je określić jako jakość jazdy, czyli obszar fizycznych doznań związanych z dynamiką ruchu pojazdu, która obejmuje przyspieszenia i ich zmiany w kierunku poprzecznym, wzdłużnym i pionowym oraz ruchy kątowe wokół osi x,y,z (zgodnie z ISO 2631[1]), czyli ruch przechyłu poprzecznego, pochylecia podłużnego oraz ruch odchylenia.

1. PRZYJĘTE WIELKOŚCI OKREŚLAJĄCE POZIOM KOMFORTU JAZDY

Zdrowotne skutki oddziaływania drgań na organizm ludzki są przedmiotem troski konstruktorów; mają też swoje umocowanie prawne w odpowiednich zapisach normatywnych [6, 7, 8]. Państwo, starając się zapewnić odpowiednie warunki pracy swoim obywatelom, zdefiniowało rodzaje drgań i określiło dopuszczalne poziomy ich oddziaływania na człowieka. Stąd w dokumentach normatywnych znajduje się podział na drgania o działaniu miejscowym (np. podczas pracy z narzędziami, takimi jak wiertarka, młot pneumatyczny itp.) oraz ogólnym (np. podczas jazdy samochodem, ciągnikiem rolniczym, maszyną budowlaną itp.). Zbiór obowiązujących dopuszczalnych poziomów tych drgań zawierają odpowiednie przepisy [2]. Sposób wyznaczania oddziaływania drgań określają odpowiednie normy [3].

W artykule przedstawiono wartości wskaźnika $A(8)$, który charakteryzuje drgania o charakterze ogólnym równe wartości dziennej ekspozycji wyrażonej jako równoważną dla 8 godzin pracy wartość skuteczną przyspieszenia drgań obliczoną, jako największą skuteczną wartość skorygowaną częstościowo przyspieszenia drgań spośród

wyznaczonych trzech wartości składowych kierunkowych z uwzględnieniem współczynników wagi: 1,4 dla osi X, 1,4 dla osi Y i 1 dla osi Z według wzoru:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 t_i} \quad (1)$$

gdzie:

- a_{hvi} - suma wektorowa skutecznych ważonych przyspieszeń drgań dla każdego z analizowanych odcinków drogi,
- i - numer kolejnego odcinka drogi,
- t_i - czas trwania jazdy po danym odcinku drogi,
- n - liczba analizowanych odcinków drogi,
- T - 480 minut

Podano również dopuszczalny czas jazdy analizowanym pojazdem w określonych warunkach ruchu, po którym nastąpi przekroczenie dopuszczalnej wartości $A(8)$.

2. UKŁAD POMIAROWY

Po wybraniu wielkości charakteryzującej komfort jazdy w analizowanych warunkach ruchu, został wybrany i skompletowany sprzęt pomiarowy. Układ pomiarowy składał się z rejestratora wielokanałowego z zestawem czujników przyspieszeń [5,9] oraz specjalistycznego oprogramowania do analizy sygnałów FlexPro. Wytypowany sprzęt można było stosować w warunkach poligonowych. Czujniki pomiarowe były umieszczone w dwóch punktach, w miejscu siedzenia pasażera w drugim rzędzie siedzeń i kierowcy, rejestrując przyspieszenia drgań w trzech osiach X, Y, Z.

3. WARUNKI POMIARU

Pomiarów przyspieszeń drgań dokonano podczas ruchu pojazdów w zróżnicowanych warunkach drogowych, pokonując odcinki dróg o nawierzchniach asfaltowej, kamienistej oraz drogach poligonowych. Jako szczególny rodzaj nawierzchni wybrano odcinek drogi z nawierzchnią z podkładów kolejowych, jak pokazano na rysunku 1. Prędkości jazdy, przy których dokonywano pomiarów, wynikały z ograniczeń, jakie występowały w ruchu miejskim i poza miastem oraz w warunkach poligonowych i wynosiły:

- dla drogi z nawierzchnią asfaltową i kamienną: 50 km/h;
- dla drogi poligonowej: 30 km/h;
- dla drogi z podkładów kolejowych: 20 km/h.

Ze względu na niedostępność niektórych pojazdów w wytypowanych miejscach prowadzenia pomiarów, część z nich była badana na innych, porównywalnych odcinkach pomiarowych.

4. ANALIZOWANE POJAZDY

Grupa samochodów ciężarowo – osobowych wysokiej mobilności została sformowana po raz pierwszy po przedstawieniu nowej struktury parku samochodowego SZ RP decyzją szefa sztabu generalnego z 28 grudnia 1999 roku. Grupa ta jest w przybliżeniu odpowiednikiem cywilnej kategorii pojazdu terenowego. Samochody te,

ze względu na przeznaczenie, są bardziej złożone w swojej budowie w porównaniu do samochodów osobowych i charakteryzują się:

- ustrojem nośnym w postaci ramy;
- wytrzymałym zawieszeniem i układem jezdnym, odpornym na działanie sił o charakterze udarowym;
- dużym skokiem zawieszenia;
- napędem przekazywanym na wszystkie koła pojazdu;
- wyposażeniem w osprzęt dodatkowy do samoewakuacji;
- przystosowaniem do brodenia.



Rys. 1. Odcinek pomiarowy drogi z nawierzchnią z podkładów kolejowych

Źródło: Opracowanie własne

Podstawowe pojazdy należące do tej grupy są następujące:

- Honker: 4011, 4012, 4022, 2324, 2000 w wielu odmianach i wersjach;
- Mercedes serii G w wersji militarnej, z rozstawem osi 2400 i 2850 mm o nadwoziu brezentowym i zamkniętym;
- HMMWV: M1072A2, M1025A2, M1043A2/M1045A2, M1097A2, M1035A2/M1045A2;
- Land Rover DEFENDER 110;
- Iveco 4012 – sanitarka.

Sylwetki analizowanych pojazdów przedstawiono na rysunkach 2 ÷ 7.

OCENA WARUNKÓW TRANSPORTU ŻOŁNIERZY SAMOCHODAMI...



Rys. 2. Honker 2324 – wersja sanitarna
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Honker 2000
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 4. Iveco 40.12 WM- wersja sanitarna
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 5. Land Rover Defender 110
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 6. Mercedes 290 G
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 7. HMMWV – M1025A2
Źródło: Opracowanie własne

5. OTRZYMANE WYNIKI

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów dokonano wyznaczenia przyjętych wskaźników oceny komfortu jazdy w określonych warunkach ruchu. Wyznaczone wartości A(8) odnoszą się do przeprowadzonych pomiarów, które były krótsze niż osiem godzin. Stąd wyznaczone wartości nie przekraczają dopuszczalnego poziomu A(8) równego $0,5 \text{ m/s}^2$ dla drgań o działaniu ogólnym, dla przyjętego kryterium komfortu jazdy. W zapisach ustawy o dopuszczalnych wartościach dawki drgań o działaniu ogólnym podawana jest wartość $0,8 \text{ m/s}^2$, ale ona dotyczy przyjętego kryterium ochrony zdrowia.

Wskaźnikiem pozwalającym porównać komfort jazdy analizowanych pojazdów jest dopuszczalny czas jazdy, przy którym nie występuje jeszcze przekroczenie dopuszczalnego progu działania drgań. Wskaźnik ten pokazuje, jak długo można jechać analizowanym pojazdem w przyjętych warunkach drogowych, aby nie przekroczyć przyjętego dopuszczalnego poziomu drgań. Zbiorcze zestawienie wyznaczonych wskaźników przedstawiono w tabeli 1. Jeżeli w tabeli nie występuje wartość, oznacza to, że pojazd nie był badany w tych warunkach drogowych.

Tabela 1. Zestawienie wartości wskaźników wykorzystanych do oceny komfortu jazdy

Pojazd	Wskaźnik oceny	Droga asfaltowa		Droga kamienista		Droga poligonowa		Droga z podkładów kolej.	
		Pasażer	Kierowca	Pasażer	Kierowca	Pasażer	Kierowca	Pasażer	Kierowca
<i>HMMWV</i>	A(8)	0,05886	0,04534	0,06046	0,07625	0,03141	0,02400	-	-
	Dop. czas jazdy	7h12m56s	12h9m40s	3h2m23s	1h54m40s	5h16m42s	9h2m33s	-	-
<i>Honker 2324 sanitarka</i>	A(8)	0,06380	0,6383	0,06143	0,05611	0,07475	0,06523	0,01094	0,01211
	Dop. czas jazdy	3h55m27s	3h55m14s	2h45m37s	3h18m33s	2h21m42s	3h6m2s	5h48m6s	4h44m2s
<i>Honker 2000 osobowy</i>	A(8)	0,07110	0,05900	-	-	0,07586	0,10506	0,07827	0,10578
	Dop. czas jazdy	2h53m6s	4h11m20s	-	-	1h38m28s	0h51m20s	1h21m37s	0h44m41s
<i>Iveco 40.12 sanitarka</i>	A(8)	0,09302	0,06382	0,11304	0,08251	0,17692	0,10870	0,15049	0,09843
	Dop. czas jazdy	1h55m35s	4h5m32s	0h44m1s	1h22m37s	0h31m57s	1h24m38s	0h40m29s	1h34m36s
<i>Land Rover Defender 110</i>	A(8)	0,08768	0,04824	0,08304	0,04423	0,24911	0,07577	0,13664	0,07106
	Dop. czas jazdy	2h10m4s	7h9m48s	0h39m16s	2h18m26s	0h10m45s	1h56m7s	0h37m57s	2h20m16s
<i>Mercedes 290G</i>	A(8)	0,06395	0,04780	0,06696	0,05573	0,05620	0,04074	0,09178	0,06374
	Dop. czas jazdy	5h22m57s	9h38m2s	1h18m4s	1h52m42s	1h45m33s	3h20m47s	1h26m34s	2h59m27s

Źródło: Opracowanie własne

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i wyznaczeniu wybranych wskaźników oceny komfortu jazdy, można stwierdzić, że analizowane pojazdy oferują komfort jazdy przewożonym osobom i ładunkom na zróżnicowanym poziomie. Najbardziej uniwersalnym pojazdem okazał się być HMMWV, co potwierdza słuszność przyjętej nazwy tego pojazdu. Najgorsze warunki zapewnia Iveco, które zbudowane jest według koncepcji typowej dla budowy ciężarówek [4]. Ponadto pojazd ten miał największą masę podczas badań. Dobre warunki jazdy oferuje Honker w wersji sanitarnej, a względnie stałe warunki jazdy zapewnia swoim pasażerom Mercedes 290G. Potwierdza się również prawidłowość, że umieszczenie fotela kierowcy w połowie rozstawu osi (lub możliwie blisko tego miejsca) zapewnia wysoki komfort jazdy, wyraźnie wyższy, niż nad osią tylną, co ma miejsce w przypadku umieszczenia kanapy tylnej dla pasażerów, czy noszy do przewozu rannych.

LITERATURA

- [1] ISO 2631 Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole body vibration.
- [2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.11.2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy- Dz.U. 2002 nr 217 poz.1833 (zmiany w Dz.U 2005 nr 212 poz. 1769).
- [3] PN-EN 14253:2005 - *Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia*. Wytyczne praktyczne.
- [4] Kosobudzki M., Jamroziak K., *Budowa ustrojów nośnych i zawieszzeń samochodów ciężarowo – osobowych wysokiej mobilności eksploatowanych w Siłach Zbrojnych RP*, [w:] „Zeszyty Naukowe WSOWL”, nr 2/2009.
- [5] Kosobudzki M., Stańco M., Kowalczyk M., *Akwizycja wymuszeń działających na ustrój nośny pojazdu od układu jezdnego*, [w:] „Transport Przemysłowy”, nr 3(5)/2009.
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.11.2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz.U. nr 217 poz.1833 (zmiany w Dz.U 2005 nr 212 poz. 1769).
- [7] Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risk arising from physical agents (vibration).
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne, Dz.U. nr 157 poz.1318.
- [9] Kosobudzki M., Stańco M., Kowalczyk M., *Rozkład przyspieszeń w charakterystycznych punktach pojazdu dla wybranych warunków ruchu samochodów terenowych*, [w:] „Górnictwo Odkrywkowe”, nr 4-5/2008.

[10] [online]. [dostęp: 01.10.2010]. Dostępny w Internecie: http://www.militarypedia.corran.pl/wiki/Zestawienie_pojazdów_użytkowych_Wojska_Polskiego

EVALUATION OF TRANSPORT CONDITIONS OF TROOPS IN HIGH-MOBILITY MULTIPURPOSE MILITARY VEHICLES ON THE BASIS OF ACCELEROMETRIC DATA

Summary

The issues of driving comfort with regard to military vehicles transporting troops with their equipment are relatively new in available articles and published studies. This paper contains some information related to the driving comfort in high-mobility multipurpose military vehicles operated by the Polish Army. The authors used a daily exposure factor $A(8)$ to evaluate the driving comfort.

Key words: *driving comfort, high-mobility multipurpose wheeled vehicle*

Artykuł recenzował: dr hab. inż. Jerzy CZMOCHOWSKI, prof. nadzw. PWr