

Dr inż. Krzysztof Jamroziak

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych
im. gen. Tadeusza Kościuszki
ul. Czajkowskiego109, 51-150 Wrocław
e-mail: krzysztof.jamroziak@wso.wroc.pl

mgr inż. Mariusz Kosobudzki

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych
im. gen. Tadeusza Kościuszki
ul. Czajkowskiego109, 51-150 Wrocław
e-mail: m.kosobudzki@wso.wroc.pl

mgr inż. Jerzy Ptak

Dom Samochodowy Germaz Sp. z o.o.
ul. Strzegomska 139, 54-428 Wrocław
e-mail: jptak@germaz.pl

Ocena warunków komfortu transportu osób w pojazdach specjalnego przeznaczenia

Słowa kluczowe: *pojazdy specjalne, transport osobowy, drgania, komfort załogi*

Streszczenie: W artykule omówiono zagadnienia dotyczące komfortu, jakim powinien charakteryzować się pojazd do pracy w warunkach szczególnych. Nie spełnienie kryteriów właściwego komfortu u przewożonych osób pojazdami specjalnego przeznaczenia prowadzi do powstawania poważnych zaburzeń na tle percepcji i innych czynników niezbędnych w logicznym postępowaniu. Jedynie na drodze badań możemy ocenić charakterystyki generowane przez nadwozie w testach poligonowych i odnieść to do charakterystyk organizm ludzki-pojazd. Prezentowane wyniki dotyczą oceny charakterystyk komfortu poruszania się wybranymi pojazdami w warunkach szczególnych i możliwości wykonania zadań przez przewożony personel po długotrwałej jeździe.

1. Wstęp

Żołnierze ze składu patrolu wykonują swoje zadania będąc narażonym na bodźce wywołujące zmęczenie, które można podzielić na cztery kategorie [2]: mięśniowe, sensoryczne, umysłowe i emocjonalne. Ze względu na brak możliwości modyfikowania zagrożeń zewnętrznych, typowych dla zadań patrolowych, których oddziaływanie ma względnie stały charakter, zredukować można zmęczenie na poziomie mięśniowym i emocjonalnym. Należy jednocześnie zaznaczyć, że potrzeba poczucia bezpieczeństwa, obok potrzeb fizjologicznych, musi zostać zaspokojona, aby możliwe było podejmowanie przez człowieka kolejnych aktywności [14]. Możliwości zmian należy zatem poszukiwać w odpowiedniej konstrukcji pojazdów, zapewniającej załodze możliwie wysoki komfort jazdy, a poprzez spełnianie odpowiednich standardów kulo- i odłamkoodporności [1, 25], podnosić poczucie bezpieczeństwa.

Jednym z obszarów wskazanych powyżej, który istotnie wpływa na jakość wykonywanej pracy przez załogę pojazdu patrolowego jest komfort jazdy. Do jego oceny przyjmuje się najczęściej postanowienia normy ISO 3126 [7]. Alternatywne podejście zostało

unormowane w normie brytyjskiej [3]. Powyższe normy oceniają komfort jazdy na podstawie zbioru fizycznych doznań związanych z dynamiką ruchu pojazdu, które obejmują przyspieszenia i ich zmiany w kierunku poprzecznym, wzdłużnym i pionowym oraz ruchy kątowe wokół osi x , y , z , czyli ruch przechyłu poprzecznego, pochylenia podłużnego oraz ruch odchylenia. Informacje o ryzykach związanych z narażeniem organizmu człowieka na drgania przekładające się na efekty zdrowotne można znaleźć np. w [5], a limity dopuszczalnych dawek drgań są określone w rozporządzeniu [21].

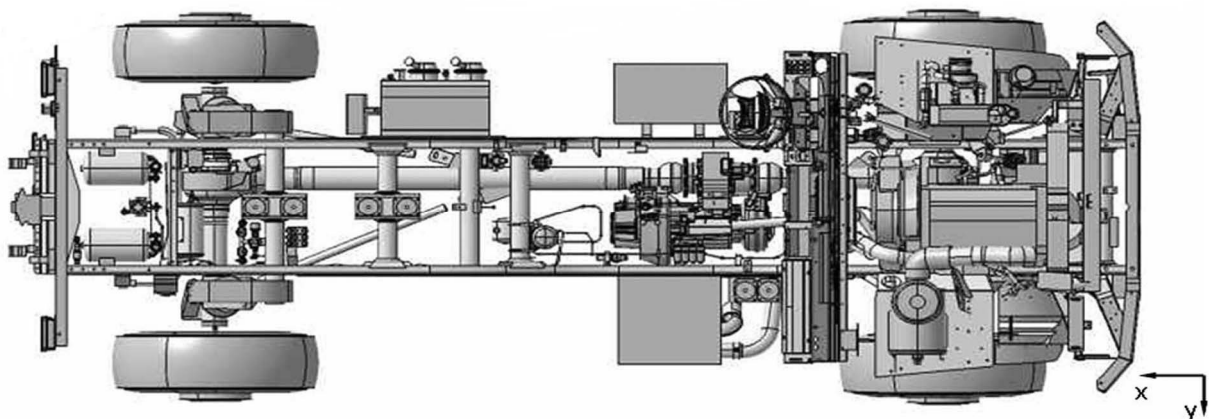
Literatura przedmiotu jest dość obszerna, ukierunkowana na opracowania w zakresie poprawy parametrów pojazdów cywilnych ze szczególnym uwzględnieniem miejsca pracy kierowcy [4, 8, 10, 22, 26, 27]. Zwłaszcza praca Gryfina [6] obszernie ujmuje wymagania i korelacje zachodzące pomiędzy normami [3, 7], a wymaganiami Unii Europejskiej w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa osób narażonych na wibracje generowane przez pojazdy.

Bardzo ograniczone są wyniki bezpośrednich ocen komfortu jazdy wojskowymi pojazdami specjalnymi. Częściową ocenę przedstawiono w opracowaniu [11, 15, 16, 20]. W pracy [18] zestawiono wyniki oceny komfortu jazdy różnymi pojazdami, w tym pojazdami wojskowymi, nie podając jednak szczegółów, co do rodzaju pojazdów. Natomiast w pracy [15] zestawiono wyniki w postaci przyspieszeń przenoszonych na organizm ludzki w określonych pasmach tercjowych, ale jedynie do wybranych pojazdów gąsienicowych. Więcej informacji zestawiono w pracy [20], gdzie porównano określone grupy pojazdów gąsienicowych i pojazdów kołowych w zakresie określonych dawek najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń (NDN). Najczęściej dane pojazdów wojskowych dotyczą poziomów ochrony balistycznej, przyjmując, że te parametry pojazdu są priorytetowe, a komfort jest raczej traktowany jako pochodna bezpieczeństwa [12, 13].

Dotychczasowe publikacje [22, 23] również koncentrowały się na analizie wybranych elementów pojazdów, głównie pod kątem jakości i bezpieczeństwa ich konstrukcji. Z analiz warunków użytkowania pojazdów patrolowych wynika, że pokonują one długie dystanse, co sprawia, że obok bezpieczeństwa gwarantowanego przez ochronę balistyczną, ważnym czynnikiem wpływającym na zdolność załogi do podjęcia określonych działań po długotrwałej jeździe jest minimalizacja negatywnego wpływu drgań działających na organizm człowieka. Brak informacji w tym zakresie skłonił autorów do podjęcia próby oceny komfortu jazdy pojazdem klasy M-ATV (MRAP All Terrain Vehicle).

2. Obiekt badań

Badaniom poddano prototyp wielozadaniowego pojazdu opancerzonego AMRV G10 (Armoured Multi-Role Vehicle) na podwoziu Mercedesa UNIMOG serii U5000 w wersji wojskowej, model 437.465 (rys. 1) [8].



Rys. 1. Podwozie UNIMOG 437.465 z silnikiem OM924LA Euro3 163kW-widok z góry [19]

Demonstrator technologii wykonany w zabudowie balistycznej dla 10 osób (rys. 2) poddano testom drogowym z uwzględnieniem danych zestawionych w tabeli 1.



Rys. 2. Widok ogólny pojazdu poddanego testom na specjalnym torze badawczym

Tab. 1. Parametry techniczne podwozia wojskowego [19]

Wymiary		Masy	
Rozstaw osi	3860 mm	Udział masy – oś przednia	3,1 t
Długość	5994 mm	Udział masy – oś tylna	1,9 t
Zwis przedni	1043 mm	Masa własna	5,0 t
Zwis tylny	1091 mm	Dopuszczalne obciążenie przedniej osi	12,5 t pomniejszone o obciążenie tylnej osi, ale nie więcej niż 6,0 t
Szerokość	2440 mm	Dopuszczalne obciążenie tylnej osi	7,1 t
Rozstaw kół	1556 mm	Dopuszczalna masa całkowita	12,5 t
Prześwit	553 mm		
Kąt natarcia	40°		
Kąt zejścia	38°		
Opony	365/80 R20 z segmentem run-flat		

Miejszem realizacji pomiarów był jeden z europejskich ośrodków badań drogowych pojazdów terenowych i specjalnych. Spośród wielu dostępnych odcinków testowych, jakimi dysponuje ośrodek, do badań wybrano drogi z nawierzchniami: asfaltową, szutrową oraz z płyt betonowych o symetrycznie i niesymetrycznie rozmieszczonych uskokach pionowych. Ponadto testy prowadzono na specjalnym odcinku drogowym symulującym drogę górską, jazdę po podkładach kolejowych oraz przejazd odcinka wymuszającego znaczne skręcanie ustroju nośnego, a tym samym duże przechyły nadwozia. Poglądową mapę, na której dokonywano pomiarów z zaznaczonymi odcinkami drogowymi przedstawiono na rys. 3. Dla wybranych odcinków drogowych ustalono różne prędkości jazdy, a ich zestawienie przedstawiono w tabeli 2. Czas przejazdu całego odcinka pomiarowego wynosił 1680 ± 120 sekundy.



Rys. 3. Mapa drogowego odcinka pomiarowego o długości 10km

Tab. 2. Zarejestrowane prędkości jazdy dla różnych nawierzchni drogi testowanego pojazdu

Odcinek pomiarowy	Droga asfaltowa	Droga szutrowa	Droga z podkładów kolejowych	Droga górska	Droga z płyt betonowych symetrycznie ułożone	Droga z płyt betonowych niesymetrycznie ułożone
Prędkość jazdy [km/h]	50	30	10	10	50	50

3. Ujęcie problemu

Opis pomiarów ilościowych drgań działających na organizm człowieka został określony w rozporządzeniu [21] dotyczącym najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń (NDN) czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Rozporządzenie to wyróżnia drgania krótkotrwałe (do 0,5 godziny) oraz całodzienne (8 godzin) oraz definiuje sposób oddziaływania drgań na organizm człowieka wyróżniając drgania o działaniu ogólnym oraz miejscowym. W pracy przedstawiono wartość NDN wynikającą z rzeczywistego czasu jazdy dla całego odcinka pomiarowego oraz przeliczoną dla 8 godzin jazdy. Dopuszczalne wartości NDN przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Dopuszczalne wartości NDN ze względu na ochronę zdrowia [21]

Rodzaj drgań	Wartości dopuszczalne (NDN) dla dziennej ekspozycji na drgania mechaniczne	Wartości dopuszczalne (NDN) dla ekspozycji krótkotrwałych na drgania mechaniczne
Drgania o działaniu ogólnym	$A(8)_{dop} = 0,8 \frac{m}{s^2}$	$a_{w0,5dop} = 3,2 \frac{m}{s^2}$

Dla drgań o oddziaływaniu ogólnym wprowadzone zostało pojęcie dominującego ważonego przyspieszenia drgań. Jest to największa wartość ważonego przyspieszenia drgań wybierana spośród trzech składowych kierunkowych przyspieszeń (w rzeczywistości jedna składowa kierunkowa). Na jej podstawie, w zależności od czasu oddziaływania drgań przeprowadza się obliczenia:

- a) jeżeli całkowity czas oddziaływania drgań w ciągu dnia $t \leq 1,8e10^3$ sekundy, wybiera się wartość dominującą a_{wmax} spośród wszystkich wyznaczonych skutecznych ważonych przyspieszeń drgań a_{wli} z uwzględnieniem odpowiednich współczynników:

$$1,4a_{wx}; 1,4a_{wy}; a_{wz} \quad (1)$$

Spośród trzech wyznaczonych wartości wybiera się tą największą, która jest równa dziennej ekspozycji na drgania mechaniczne (NDN).

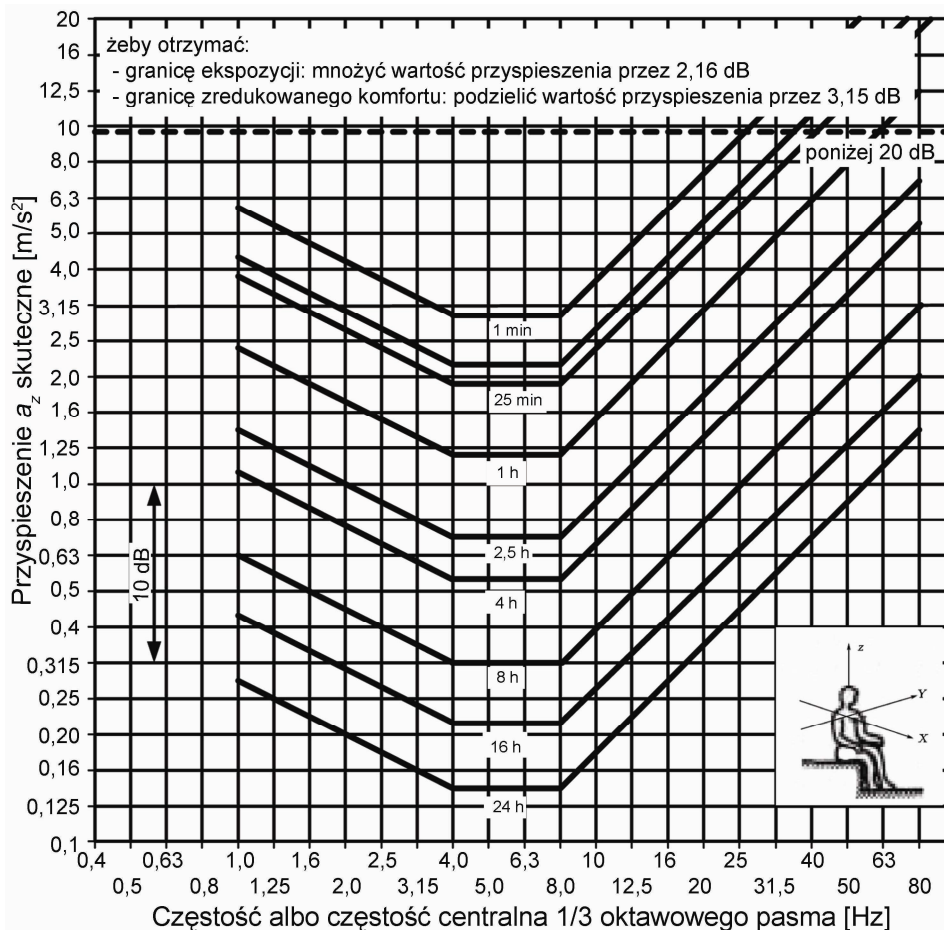
- b) jeżeli całkowity czas oddziaływania drgań $t > 1,8e10^3$ sekundy, wyznaczana jest ekspozycja 8-godzinna $A(8)$ dla każdego kierunku $l = x, y$ lub z , oddzielnie według zależności:

$$A_x(8) = 1,4a_{wx}\sqrt{\frac{t}{T}}; \quad A_y(8) = 1,4a_{wy}\sqrt{\frac{t}{T}}; \quad A_z(8) = a_{wz}\sqrt{\frac{t}{T}} \quad (2)$$

gdzie: a_{wx} ; a_{wy} ; a_{wz} – maksymalna wartość skuteczna ważona przyspieszenia dla kierunku x, y lub z ; t – czas przejazdu; $T=2,88e10^4$ s.

Wyznaczona wartość dawki drgań dla ekspozycji dziennej porównywana jest z wartością dopuszczalną przedstawioną w tabeli 3. Zależność powyższa pozwala zredukować czas prowadzenia pomiarów przy założeniu, że uwzględniany odcinek pomiarowy, na którym prowadzi się pomiary jest reprezentatywny dla 8-godzinnego czasu pracy kierowcy (operatora maszyny). Przedstawione powyżej zależności są podstawą analizy ilościowej drgań.

Przeprowadzono również analizę jakościową, obrazującą rozkład amplitud przyspieszeń dla wyznaczonych kierunków działania dla poszczególnych częstotliwości. Za najbardziej niekorzystne drgania przyjmuje się te, które mieszczą się w zakresie częstotliwości 4÷8 [Hz] dla drgań wzdłuż osi ciała (z) oraz 1÷2 [Hz] dla osi poziomej poprzecznej i podłużnej (x i y) [7]. Przebieg zmian wrażliwości organizmu człowieka na drgania pionowe przedstawiono na rys. 4, a przyspieszenia działające na organizm człowieka w typowych sytuacjach w tabeli 4.



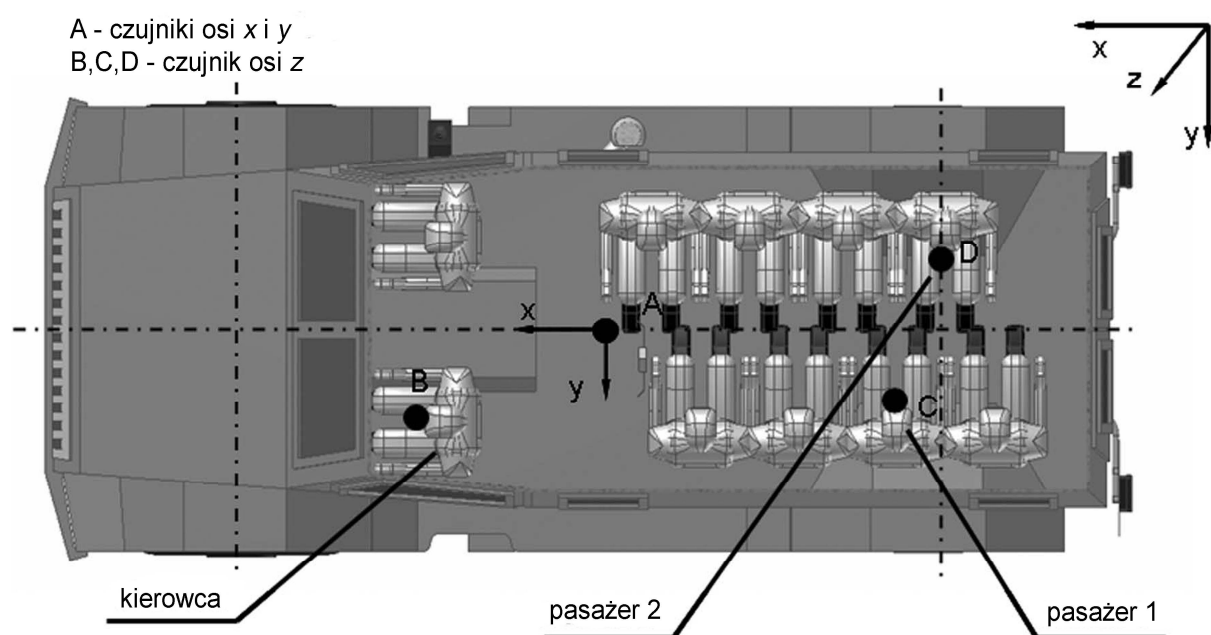
Rys. 4. Przebieg zmian wrażliwości organizmu człowieka na drgania pionowe [7]

Tab. 4. Wartości przyspieszeń działających na organizm człowieka w typowych sytuacjach

Rodzaj ruchu	a_x [m/s ²]	a_y [m/s ²]	a_z [m/s ²]
spacer	0,6	0,6	1,0
marsz	1,0	0,7	2,5
bieg	2,0	1,0	4,0

4. Przebieg badań

Wartości przyspieszeń mierzono czujnikami firmy PCB serii T352 i zapisywano na nośnikach pamięci przy wykorzystaniu rejestratora 24-kanalowego LMS SCADAS Recorder z częstotliwością próbkowania $\nu=400$ [Hz] i 24-bitową rozdzielczością, co dawało szerokość pasma 200 [Hz]. Czujniki umieszczono w osi poziomej wzdłużnej i poprzecznej pojazdu oraz pionowej na siedzisku kierowcy, a także w przedziale transportowym, co pozwalało mierzyć przyspieszenia o działaniu ogólnym. Fotele pasażerów były umieszczone wzdłuż ścian pojazdu w taki sposób, że osoby siedziały na nich zwrócone bokiem do kierunku jazdy i twarzami do siebie. Pasażer 1 siedział przed tylną osią jezdną, a pasażer 2 bezpośrednio nad nią. Założono, że przyspieszenia poziome działające na kierowcę i pasażerów będą mierzone wspólnym czujnikiem, który był umieszczony po środku pojazdu na wysokości rozpatrywanych siedzisk (rys. 5). Zakres częstotliwości 0,5÷80 [Hz], istotny ze względu na komfort jazdy, wyznaczono na podstawie normy [7]. Do rejestracji prędkości i wykreślenia trasy przejazdów wykorzystano układ GPS sprzężony z rejestratorem.



Rys. 5. Schemat rozmieszczenia czujników przyspieszeń PCB serii T352

5. Wyniki badań i ich analiza

Na podstawie wykonanych pomiarów wyznaczono wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań: a_{wx} ; a_{wy} ; a_{wz} . Otrzymane wyniki umieszczono w tabeli 5.

Tab. 5. Wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań

	Kierowca	Pasażer 1	Pasażer 2
a_{wx}	0,062	0,102	0,102
a_{wy}	0,102	0,062	0,062
a_{wz}	0,016	0,018	0,024

Uwzględniając, że czas pojedynczego przejazdu wynosił średnio $1,8e10^3$ sekund, wyznaczono dawki drgań zaabsorbowane przez organizmy kierowcy i pasażerów dla jednego przejazdu. Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Tab. 6. Dawki drgań zaabsorbowane podczas jednego przejazdu

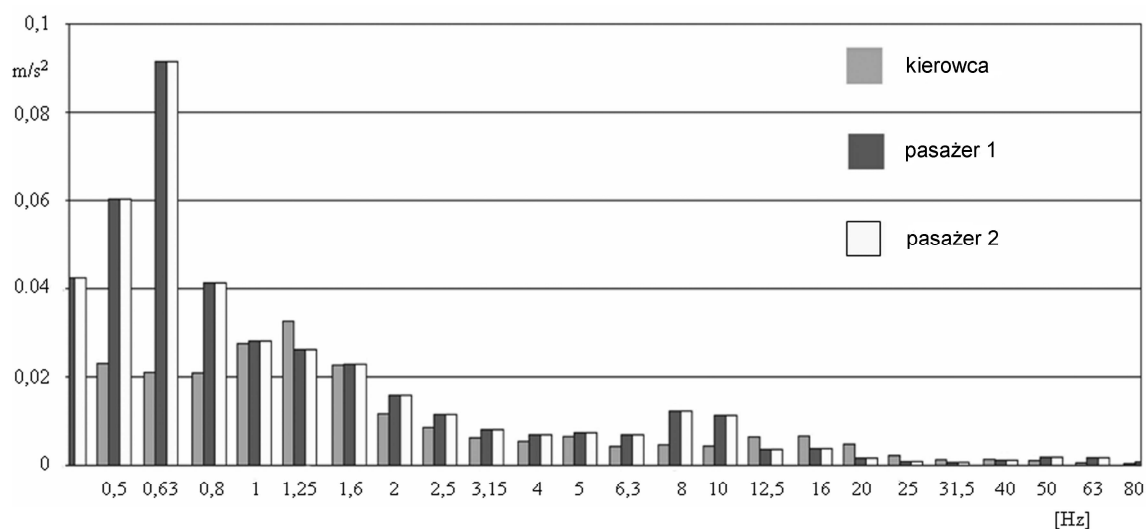
	Kierowca	Pasażer 1	Pasażer 2
$A(8)_{2s \min x}$	0,021	0,034	0,034
$A(8)_{2s \min y}$	0,034	0,021	0,021
$A(8)_{2s \min z}$	0,004	0,004	0,006

Przyjmując, że czas jazdy pojazdem będzie wynosił 8 godzin, wyznaczono dzienne dawki drgań, które przedstawiono w tabeli 7.

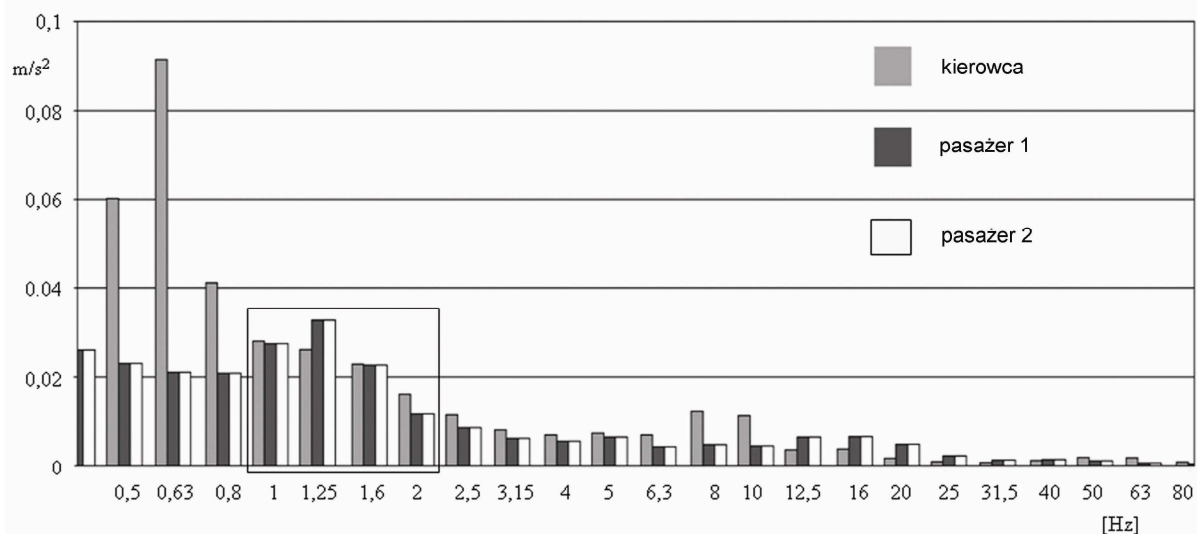
Tab. 7. Dzielne dawki drgań

	Kierowca	Pasażer 1	Pasażer 2
$A(8)_x$	0,087	0,143	0,143
$A(8)_y$	0,143	0,087	0,087
$A(8)_z$	0,016	0,018	0,024

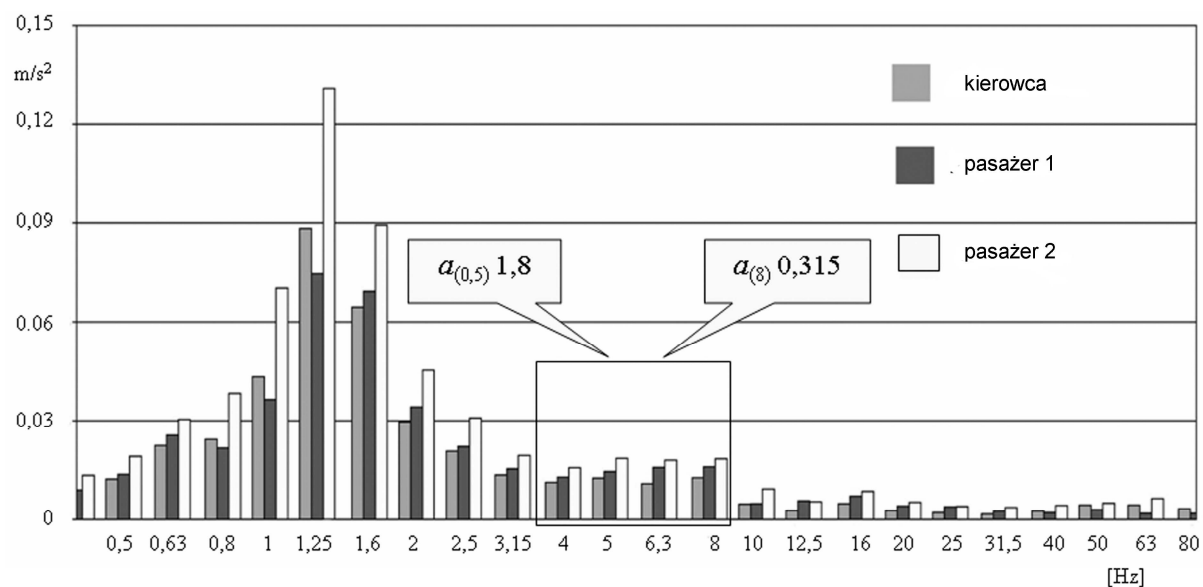
Ocenę jakościową drgań przekazywanych na organizm kierowcy i pasażerów przeprowadzono na podstawie wykresów częstościowych przyspieszeń w pasmach tercjowych w kierunkach x , y i z . Wyniki przedstawiono na rysunkach 6÷8.



Rys. 6. Wykres częstościowy przyspieszeń w pasmach tercjowych w osi x



Rys. 7. Wykres częstotliwościowy przyspieszeń w pasmach tercjowych w osi y



Rys. 8. Wykres częstotliwościowy przyspieszeń w pasmach tercjowych w osi z

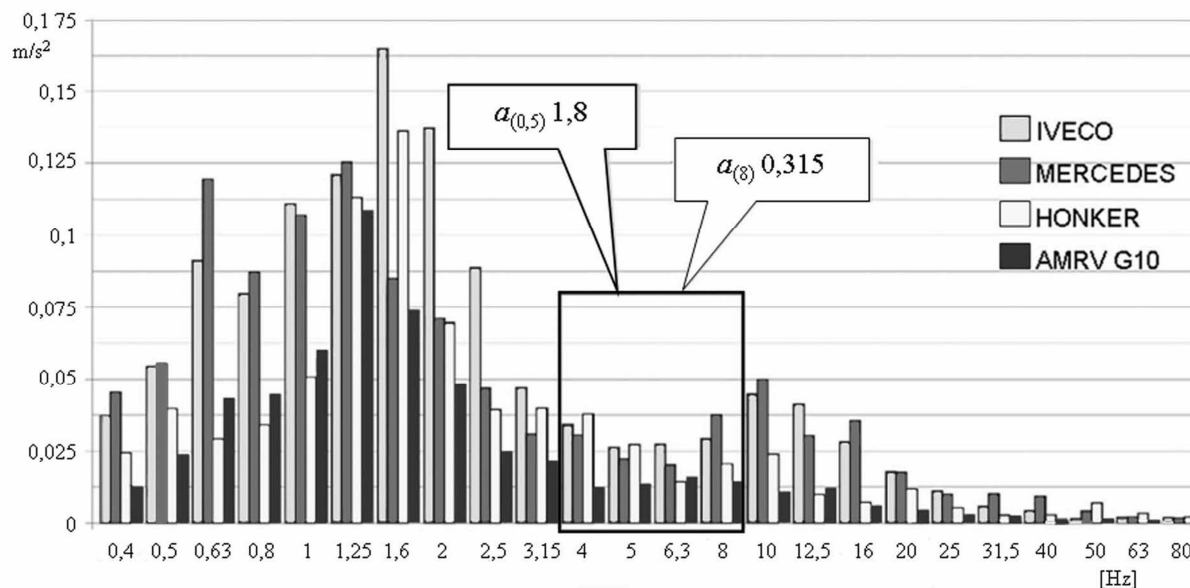
6. Podsumowanie

Badania oceny komfortu transportu osób w pojazdach specjalnego przeznaczenia (pojazdach osobowo-terenowych wysokiej mobilności) zostały zawężone do dwóch obszarów. W obszarze badań ilościowych określono dawki drgań działających na organizm człowieka w skali dopuszczalnych parametrów dla ekspozycji krótkotrwałych i dla dziennej ekspozycji, zwłaszcza z uwzględnieniem przypadku najbardziej niekorzystnego tj. przyspieszeń pionowych (osi z, rys. 8). W zakresie badań jakościowych analiza dotyczyła zobrazowania (rys. 6-8) rozkładu amplitud przyspieszeń dla wyznaczonych kierunków działania z uwzględnieniem poszczególnych częstotliwości. Szczególnie skoncentrowano się na wartościach określanych przez przepisy [7] jako niekorzystne drgania w przedziałach dla przyspieszeń pionowych – 4÷8 [Hz], a dla przyspieszeń poprzecznych i wzdłużnych – 1÷2 [Hz].

Przedstawione powyżej wyniki analiz widm przyspieszeń w wybranych punktach pojazdu prowadzą do następujących stwierdzeń:

- oferowany komfort jazdy kierowcy i pasażerom nie przekracza dopuszczalnych wartości dawki drgań ustalonej w rozporządzeniu [21]. Prowadzi to do wniosku, że wielkość ta, wpływająca sumarycznie na całościowy komfort jazdy, nie jest dominująca, a chcąc zapewnić lepsze warunki jazdy, należy zredukować negatywny wpływ innych czynników wymienionych we wstępie. Ponadto, porównując wartości dawek drgań z podobnymi, uzyskanymi dla innych pojazdów specjalnych (rys. 9) można stwierdzić, że analizowany pojazd zapewnia najmniejsze wartości przyspieszeń i najmniejsze dawki drgań, co oznacza, że jest najbardziej komfortowy [12].
- rozkład częstościowy przyspieszeń wyznaczony na podstawie przeprowadzonych pomiarów i odniesiony do wykresu wzorcowego z normy [7] daje jakościowy obraz drgań występujących w analizowanych miejscach pomiarowych. Rozkład ten jest korzystny i obserwuje się wyraźny spadek wartości przyspieszeń w paśmie 4÷8 [Hz].

Celem prezentowanych wyników oceny komfortu dla wybranej grupy pojazdów eksploatowanych przez użytkownika (rys. 9) jest wskazanie, że pojazd typu Honker 2000, oceniany krytycznie przez użytkowników pod względem trwałości, w zakresie komfortu transportu osób powinien być oceniany równie dobrze jak Mercedes 290G i wyraźnie lepiej niż Iveco 4012, dla wartości przyspieszeń w paśmie 0,5÷80 [Hz]. Parametry zestawione na wykresie (rys. 9) dla Iveco 4012 pokazują, że jazda takim pojazdem może dostarczać przyspieszeń wykraczających poza próg tolerancji przez pasażerów. Charakterystyka komfortu jazdy pojazdem jest podobna do charakterystyk samochodów ciężarowych. Opierając się na porównaniu widm przyspieszeń trzech pojazdów (Honker, Mercedes, Iveco), w przypadku nowo projektowanego pojazdu przeprowadzono szczegółowe analizy oceny komfortu transportu osób, aby już na wczesnym etapie projektu sprawdzić odpowiednie charakterystyki przyspieszeń, czy mieszczą się one w zakresie obowiązujących norm. Potwierdzeniem prawidłowego doboru charakterystyki podwozia oraz parametrów technicznych foteli jest zestawienie porównawcze wykonane dla najbardziej niekorzystnych przyspieszeń pionowych (w osi z), prezentowane na poniższym rysunku.



Rys. 9. Wykres częstościowy przyspieszeń w pasmach tercjowych w osi z dla wybranych pojazdów specjalnego przeznaczenia

Literatura

1. AEP-55, Volume 1 (Edition 1). Procedures for evaluating the protection level of logistic and light armoured vehicles" is a NATO/PfP Unclassified publication 2005.
2. Bąk J. Zmęczenie kierowcy: przyczyny, skutki, zapobieganie. *Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego*, 2003: 1; 4-7.
3. British Standards Institution BS 6841. Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration. London 1987.
4. Duarte M.L.M., Oliveira E.A., Donadon L.V. Whole-body vibration exposure values for car passengers on rough roads. A focus on health. Proceedings of the Second American Conference on Human Vibration, June 4-6 Chicago, IL 2008. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. Pittsburgh Research Laboratory. DHHS (NIOSH) Publication No. 2009-145: 132-133.
5. Griffin M.J. Health effects of vibration – the known and unknown. Proceeding of the First American Conference on Human Vibration, June 5-7 Morgantown, West Virginia, USA, 2006. Department of Health and Human Services/Center of Disease Control and Prevention, National Institute of Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2006-140: 3-4.
6. Griffin M.J. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. *Occup Environ Med.*, 2004: 61; 387-397.
7. International Standard ISO 2631. Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole body vibration. Part 1, General requirements. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. ISO 2631-1:1997.
8. James P. Dickey J.P., Eger T.R., Geenier S., Oliver M.L., Boileau P.E. The nature of multiaxis six-degree-of-freedom vehicle vibrations in forestry, mining, and construction heavy equipment. Proceedings of the Second American Conference on Human Vibration, June 4-6 Chicago, IL 2008. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. Pittsburgh Research Laboratory. DHHS (NIOSH) Publication No. 2009-145: 119-120.
9. Jamroziak K., Kosobudzki M., Ptak J. Etapy konstruowania wybranych zespołów prototypu pojazdu klasy M-ATV. *Zeszyty Naukowe WSOWL*, Wrocław 2011: 1; 98-109.
10. Jurecki R.S., Stańczyk T.L. The test methods and the reaction time of drivers, *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 2011: 3(51); 84-91.
11. Kosobudzki M., Smolnicki T., Jamroziak K., Bocian M. Ocena warunków transportu żołnierzy samochodami ciężarowo – osobowymi wysokiej mobilności na podstawie

danych akcelerometrycznych. Raport z pracy badawczej, WSOWL, Wrocław 2010, Materiały niepublikowane.

12. Kosobudzki M., Stańco M. Kowalczyk M. Rozkład przyspieszeń w charakterystycznych punktach pojazdu dla wybranych warunków ruchu samochodów terenowych. *Górnictwo Odkrywkowe*, 2008: 4-5; 253-256.
13. Kosobudzki M., Stańco M. Widmo obciążeń dynamicznych człowieka jadącego kołowym transporterem opancerzonym. *Górnictwo Odkrywkowe*, 2010: 4; 137-139.
14. Maslov A. *Motywacja i osobowość*. PWN, Warszawa 2006.
15. Nakashima A.M. The effect of vibration on human performance and health. A review of recent literature. Defence R&D Canada, Technical Report, DRDC Toronto TR 2004-089.
16. Nakashima A.M., Borland M.J., Abel S.M. Measurement of Noise and Vibration in Canadian Forces Armoured Vehicles. *Industrial Health* 2007: 45; 318–327.
17. Nilson T., Nelson T., M., Carlson D. Development of fatigue symptoms during simulated driving. *Accident Analysis and Prevention*, 1997: 29(4); 479-488.
18. Paddan G., S., Griffin M., J. Evaluation of whole-body vibration in vehicles. *Journal of Sound and Vibration*, 2002: 1(253); 195-213.
19. Raport merytoryczny z realizacji projektu celowego Nr 381/BO/B. Dom Samochodowy Germaz Sp. z o.o., Wrocław 2010, Materiały niepublikowane.
20. Rozali A., Rampal K.G., Shamsul Bari M.T., Sherina M.S., Shamsul Azhar S., Khairuddin H., Sulaiman A. Low Back Pain and Association with Whole Body Vibration Among Military Armoured Vehicle Drivers in Malaysia. *Med J Malaysia*, 2009: 3(64); 197-204.
21. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.11.2002r. 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).
22. Rusiński E., Koziołek S., Jamroziak K. Quality assurance metod for desing and manufacturing process of armoured vehicles, *Ekspolatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*, 2009: 3(43); 70-77.
23. Rusiński E., Koziołek S., Jamroziak K. Critical to Quality Factors of Engineering Design Process of Armoured Vehicles. *Solid State Phenomena*. Trans Tech Publications Inc. Switzerland, 2010: 165; 280-284.
24. Saroj K., L., Ashley C. A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological Psychology*, 2001: 55; 173-194.
25. STANAG 4569. Protection levels for logistic and light armoured vehicle occupants. NATO/PfP Unclassified 1998.

26. Wasserman J., Mullinix L., Neal K., Khanal S., Wasserman D. Environmental Effects on Truck Driver ISO 2631 Acceleration Exposure. Proceeding of the First American Conference on Human Vibration, June 5-7 Morgantown, West Virginia, USA, 2006. Department of Health and Human Services/Center of Disease Control and Prevention, National Institute of Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2006-140: 123-124.
27. Wasserman J., Mullinix L., Khanal S., Hinton G., Wasserman D. Training Simulators Extend Laboratory Testing Techniques for WBV Analysis. Proceeding of the First American Conference on Human Vibration, June 5-7 Morgantown, West Virginia, USA, 2006. Department of Health and Human Services/Center of Disease Control and Prevention, National Institute of Occupational Safety and Health. DHHS (NIOSH) Publication No. 2006-140: 138-139.