

RESEARCH ABOUT POSSIBILITY OF ENDANGER CREW OF WHEELED ARMoured PERSONNEL CARRIER ON VIBRATIONS

Przemysław Simiński

Military Institute of Armour and Automotive Technology
ul. Okuniewska 1, 05-70 Sulejówek, Poland
tel.: +48 22 6811204, fax: +48 22 6811073
e-mail: psim@witpis.mil.pl

Abstract

The article presents researches about possibility of endanger crew of wheeled armoured personnel carrier on vibrations, coming from roughness of road. Action of impact loads on vehicle is continuity with changes about intensity and structure. The most important part of impact load is coming from roughness. Two similar vehicles was chosen for researches. Armoured personnel carriers, with were chosen, are use in many countries. The biggest different between them was type of suspension. One of them has modern hydro pneumatic suspension, the second one has classic, with springs and shock absorbers. Researches are helpful in evaluating "quality" of suspension, in some situations. The problem of endanger the crew is very important, because wheeled personnel carriers are more and more popular and they are used by armies of many countries. This type of equipment was used already in The Second World War. From this moment, they were modernised and changed. From several years, older personnel carriers were very intensive changed or there were build many complete new constructions, which are accordance with tactic o, strategy needs.

Keywords: dynamic load, impact load, experimental researches, wheeled armoured personnel carrier

BADANIA NARAŻENIA ZAŁOGI KOŁOWEGO TRANSPORTERA OPANCERZONEGO NA ODDZIAŁYWANIE DRGAŃ

Streszczenie

W artykule przedstawiono badania narażenia załogi kołowych transporterów opancerzonych na oddziaływanie drgań pochodzących od nierówności drogi. Działanie obciążeń dynamicznych na pojazdy ma charakter ciągły przy zmiennym natężeniu i zmiennej strukturze. Największy udział w powstawaniu obciążeń dynamicznych mają nierówności. Do badań wybrane zostały dwa pojazdy podobnej klasy. Poddane badaniom kołowe transportery opancerzone są wykorzystywane w kilkunastu krajach świata. Jedną z zasadniczych różnic pomiędzy nimi dotyczyła budowy zawieszenia. Jeden z pojazdów posiadał zaawansowane zawieszenie hydropneumatyczne, natomiast drugi zawieszenie klasyczne za sprężynach śrubowych i amortyzatorach. Przeprowadzone badania pozwalają na określenie jakości zawieszenia w odniesieniu do wykonywanych zadań. Problematyka narażenia załogi staje się istotna, gdyż kołowe transportery opancerzone są coraz bardziej rozpowszechnione i wykorzystywane przez siły zbrojne w coraz większej liczbie krajów. Ta grupa sprzętu była w użyciu już w trakcie II wojny światowej. Od tego okresu przechodziła modyfikacje, wynikające z wymagań (np. miały podążać za czołgami). Okres ostatnich kilku lat to czas intensywnego modernizowania dotychczasowych wozów i powstawania wielu nowych konstrukcji odpowiadającym aktualnym potrzebom taktycznym, operacyjnym czy też strategicznym.

Słowa kluczowe: obciążenia dynamiczne, obciążenia udarowe, badania eksperymentalne, kołowe transportery opancerzone

1. Wstęp

Główne przyczyny powstawania zmiennych obciążeń dynamicznych podczas ruchu pojazdu to:

- wymuszenia kinematyczne, powodowane przez nierówności dróg i terenu,
- nierównomierność pracy silnika i układu jezdnego,

- niewyważenie mas obrotowych układu napędowego i kół jezdnych,
- oddziaływanie kierowcy na układ kierowniczy i hamulcowy,
- wystrzały z broni pokładowej.

Działanie obciążeń dynamicznych na pojazd ma charakter ciągły przy zmiennym natężeniu i zmiennej strukturze. Największy udział w powstawaniu obciążeń dynamicznych mają nierówności. Zwiększenie prędkości w warunkach terenowych powoduje narastanie obciążeń dynamicznych na zespoły i elementy pojazdu oraz ludzi, objawiają się one w postaci drgań i wibracji pojazdu. Z analizy wyników badań, polegających na pomiarze przyspieszeń pionowych na siedzisku mechanika kierowcy, wynika, że mają one charakter szybkozmienny. Wartości pionowych przyspieszeń często sięgają 4 m/s^2 . Gdy prędkość jazdy, przekracza możliwości zawieszenia w stosunku do warunków terenowych, pojawiają się obciążenia udarowe. Obciążenia udarowe powstają przy wyczerpaniu dopuszczalnego ugięcia elementu sprężystego zawieszenia. Potocznie zjawisko to nosi nazwę „dobicia” i może, nawet, doprowadzić do utraty kontroli nad pojazdem lub obsługiwanymi urządzeniami.

2. Charakterystyki rodzajów obciążeń pochodzących od drogi

Specyfika pojazdów terenowych, o zastosowaniu militarnym, stawia przed nimi bardzo trudne wymagania. W większości pojazdy muszą być przystosowane do jazdy w bardzo złych warunkach drogowych. Obciążenia udarowe w pojeździe wojskowym mogą pochodzić nie tylko od drogi, ale także od innych sytuacji wynikających ze specyfiki wojskowej eksploatacji, jak choćby oddziaływania pokładowego uzbrojenia. Ze względu na analogię w konstrukcji zawiesznień, metody analizy drgań i badań samochodów terenowych, są takie same, jak w przypadku samochodów osobowych. Specyficzne są natomiast charakterystyki wymuszeń działających na pojazd, kryteria dotyczące poziomu dopuszczalnych parametrów drgań, a w konsekwencji i parametrów konstrukcyjnych zawiesznień.

Źródłem wymuszeń działających na pojazd są losowe nierówności terenu i dróg terenowych. W pracy [1] podjęto się wyznaczenia charakterystyk probabilistycznych oraz klasyfikacji nierówności terenu i dróg. Pozwala to na wykorzystaniu w badaniach, metodyki badań, opartej na pomiarze wartości losowych w czasie ruchu z różnymi prędkościami po odpowiednich odcinkach drogowych. Zaproponowana metoda zapewnia powtarzalność wyników. Można wykazać, że wśród różnie zmieniających się nierówności dają się wydzielić odpowiednie odcinki, dla których mikroprofil nierówności może być traktowany jako stacjonarna funkcja losowa o rozkładzie normalnym [1,2]. Wskazuje to na możliwość przyjęcia modelu nierówności bezdroży i dróg gruntowych, składającego się z szeregu odcinków o określonych charakterystykach. Nierówność każdego odcinka opisuje wtedy właściwa stacjonarna funkcja losowa o rozkładzie normalnym, a jej charakterystyką jest funkcja korelacyjna $R(\tau)$ lub, stanowiąca jej przekształcenie Fouriera, gęstość widmowa $S_x(\omega)$. Przedstawione w pracach [3,4,5] badania wykazały, że funkcję korelacyjną oraz gęstość widmową można aproksymować z wystarczającą dokładnością przy pomocy funkcji $R(\tau)$ oraz gęstości widmowej $S_x(\omega)$.

Poza przedstawioną klasyfikacją losowych nierówności terenu, występują także przypadki szczególne:

- drogi terenowe ukształtowane na gruntach odkształcalnych przez dużą liczbę przejeżdżających pojazdów, w szczególności wieloosiowych. Na takich drogach wytwarzają się faliste nierówności, które w badaniach modelowane są przy pomocy nierówności sinusoidalnych o okresie ok. 8m i amplitudzie 50, 100, 150 mm.
- regularne nierówności mierzone w poprzek zamarzniętych bruzd zaoranego pola lub występujące na zamarzniętym, podmokłym terenie z występującymi kępami roślinności. Ten typ nierówności typu „pralka” modelowany jest przez krótkie nierówności (na przykład długości 1 m), rozstawione w podziałce równej rozstawowi osi kół samochodu wieloosiowego.

W praktyce spotyka się także modelowanie nierówności dla wieloosiowych, szybkich pojazdów terenowych, polegające na rozstawieniu trzech par przeszkód o wysokości 200 mm i długości 4m w odległościach równych rozstawowi osi skrajnych kół samochodu wieloosiowego.

Jednym z ważniejszych wymagań stawianych pojazdom terenowym jest zdolność poruszania się z możliwie dużymi prędkościami w różnych warunkach nierówności terenowych. W tym sensie pojazdem lepszym będzie ten pojazd, dla którego dopuszczalny poziom przyspieszeń oddziałujących na kierowcę i przewożone osoby wystąpi przy większych prędkościach ruchu dla określonych nierówności. Kryterium to należy uzupełnić o maksymalne przyspieszenia udarowe, jakie występują w sytuacji wyczerpania skoku dynamicznego zawieszenia i tzw. „dobicia” do górnych ograniczników skoku. Mogą wówczas wystąpić przyspieszenia pionowe o wartościach większych od 3g, przyjętych za graniczne dla organizmu człowieka przy krótkotrwałym ich działaniu [4,5]. A więc pojazdem lepszym będzie ten pojazd dla którego prawdopodobieństwo „dobić” do zderzaków będzie mniejsze (przy określonej prędkości i dla określonego mikroprofilu nierówności). Maksymalne wartości przyspieszeń pionowych nie powinny być przy tym większe od 15 g, zaś w przypadku „dobić” do ograniczników skoku nie powinny przekraczać 3 g.

3. Metody oceny wpływu obciążeń na organizm ludzki

Obecnie utrzymuje się tendencja do zwiększania mocy jednostkowej wozów bojowych, stwarza ona możliwości zwiększenia prędkości jazdy. Jednak wielkość prędkości w terenie jest ograniczona jakością zawieszenia oraz niską odpornością człowieka na drgania i wibracje. Drgania kadłuba są przenoszone przez siedziska i punkty kontaktu z pojazdem (nogi, ręce), na załogę pojazdu. Przekazywanie drgań pomiędzy organami i narządami odbywa się przede wszystkim przez układ szkieletowo-mięśniowy, a także za pomocą wyspecjalizowanych receptorów do ośrodka nerwowego.

Oddziaływanie na człowieka drgań i wibracji powoduje różnorodne skutki fizyczne i psychiczne. W początkowym okresie są to: uczucie niepokoju, rozdrażnienia i wzmożone napięcie. Po okresie pobudzenia mogą wystąpić stany apatii, prowadzące do zwolnienia reakcji psychicznych i zaburzenia procesów pamięciowych oraz do zmniejszenia ostrości wzroku. Drgania o niskich częstotliwościach (do 20 Hz), mogą być przyczyną szeregu niekorzystnych objawów: utraty lub obniżenia napięcia mięśniowego, zaburzenia orientacji przestrzennej, zmniejszenie sprawności ruchowej. Oddziaływanie wibracji i uderów wywołujących przyspieszenia przekraczające wartość przyspieszenia ziemskiego może doprowadzić do uszkodzeń ciała, wskutek uderzeń o kadłub. Drgania, przy których amplitudy przekraczają 3 cm mogą wywołać zaburzenia funkcji psychosomatycznych. Objawia się to m.in. zaburzeniem koordynacji ruchów ramion i rąk, co utrudnia prowadzenie pojazdu, utrzymywanie zadanego kierunku ruchu, śledzenie celu oraz wykonywanie innych zadań. Działanie wibracji powoduje do zaburzeń w procesach pamięciowych i zdolności porozumiewania się. Wszystko to sprawia, że prawdopodobieństwo wypracowania przez załogę kołowego transportera opancerzonego poprawnej decyzji obniża się na skutek samej jazdy. Utrudnione porozumiewanie się może być przyczyną przekłamań i błędnych decyzji. Sprawność działania ludzi w poruszającym się pojeździe jest w poważnym stopniu uwarunkowana od czasu oddziaływania wibracji oraz od indywidualnych cech człowieka: masy mięśniowej, stanu zdrowia, kondycji fizycznej i psychicznej.

Ocenę płynności ruchu normują przepisy. Obecnie szeroko są stosowane wskaźniki zawarte w normie ISO 2621 lub PN 91/S-04100. Kryteria podane w tych dokumentach normalizacyjnych dotyczą skutków oddziaływania zarówno drgań okresowych jak i drgań losowych. Podane tam wskaźniki oraz wartości graniczne umożliwiają ocenę skutków szkodliwego oddziaływania drgań na człowieka. Normy zawierają wartości graniczne przyspieszeń określone jako wartości skuteczne. Wartości graniczne uwzględniają także czas oddziaływania drgań na człowieka (czas

ekspozycji). Wartości graniczne zestawiono w trzech grupach, które różnią się stopniem szkodliwego oddziaływania na organizm, a mianowicie:

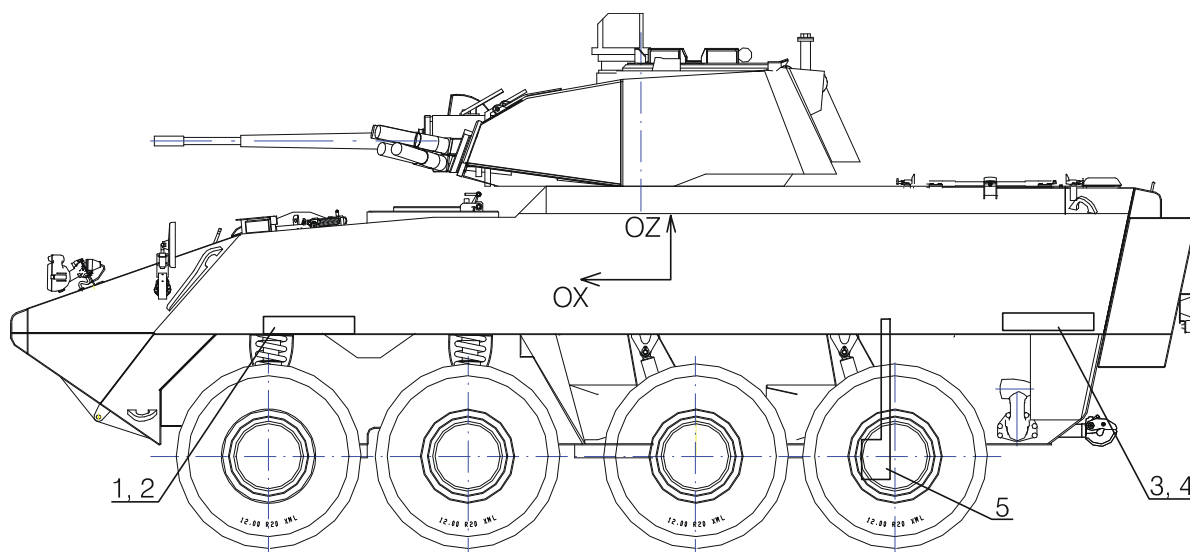
- granica zmniejszonego dobrego samopoczucia – niski stopień szkodliwości drgań,
- granica zmniejszonej sprawności z powodu zmęczenia – średni stopień szkodliwości drgań,
- granica wystawienia na oddziaływanie drgań ze względu na zachowanie zdrowia i bezpieczeństwa – wysoki stopień szkodliwości.

4. Wpływ obciążeń uderowych i dynamicznych na konstrukcje pojazdów – wyniki badań

4.1 Wyniki pomiaru obciążeń dynamicznych pochodzących od drogi na siedzeniu kierowcy i desantu

Obiektem badań był pojazd opancerzony, napędzany w konfiguracji 8x8 z zawieszeniem hydropneumatycznym. Ocenę narażenia kierowcy i pasażera na oddziaływanie drgań przeprowadzono zgodnie z PN-91/S-04100 metodą widmową przy stałej prędkości jazdy. W trakcie pomiarów rejestrowano reakcje zawieszenia układu pojazd–kierowca i członek desantu w postaci drgań na siedzisku kierowcy i członka desantu. Drgania rejestrowano za pośrednictwem czujników przyspieszeń w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach OX, OZ (zgodnie z PN 91/S-04100), rys.1:

- OX – oś pozioma zorientowana wzdłuż pojazdu;
- OZ – oś pionowa prostopadła do płaszczyzny jezdni.



Rys.1. Widok pojazdu z aparaturą badawczą: 1, 2, 3, 4 – czujniki przyspieszeń; 5 – przetwornik prędkości
Fig.1. Vehicle with measurement system: 1, 2, 3, 4 – acceleration sensors; 5 – optical speed sensor

Badania wykonano przy następujących wartościach prędkości jazdy:

- na drodze asfaltowej – $V = 70, 90$ km/h;
- na drodze brukowanej – $V = 30, 40$ i 50 km/h;
- na drodze nieutwardzonej – $V = 30, 40$ i 50 km/h.

Wyniki badań zestawiono w tab. 1 i 2.

Wyniki oceny komfortu pracy kierowcy podczas jazdy po drodze asfaltowej i brukowanej wykazały, że dla wszystkich mierzonych prędkości nie występuje ograniczenie czasu pracy

kierowcy. W przypadku jazdy po bezdrożach ograniczenia pojawiają się przy jeździe z prędkością powyżej 40 km/h. Przy prędkości 50 km/h czas pracy kierowcy ograniczony jest do 4,5 godzin.

Wyniki oceny komfortu jazdy żołnierzy desantu podczas jazdy po drodze asfaltowej i brukowanej wykazały, że dla obu rodzajów dróg występuje ograniczenie czasu jazdy do ok. 3,5 godzin (ok. 210 minut). W przypadku jazdy po bezdrożach ograniczenia dotyczą wszystkich prędkości i wynoszą ok. 5 godz. dla 30 km/h do 1,5 godziny dla prędkości ok. 50 km/h.

Kolejnym obiektem badań był pojazd opancerzony, napędzany w konfiguracji 8x8 z zawieszeniem klasycznym na sprężynach śrubowych i amortyzatorach (rys.2). Badania realizowano w analogicznych warunkach jak w poprzednim przypadku, także po tych samych odcinakach drogowych.

Tab.1.Zestawienie t_{dop} [min] na siedzeniu kierowcy
Tab.1 Comparison t_{dop} [min] on driver place

Rodzaj drogi	V [km/h]	Częstotliwość [Hz]								
		1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3
asfalt	70	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	90	480	480	480	480	480	480	480	480	480
bruk	30	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	40	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	50	480	480	480	480	480	480	480	480	480
bezdroża	30	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	40	480	480	439	480	480	480	480	480	480
	50	480	480	276	374	480	480	418	480	480

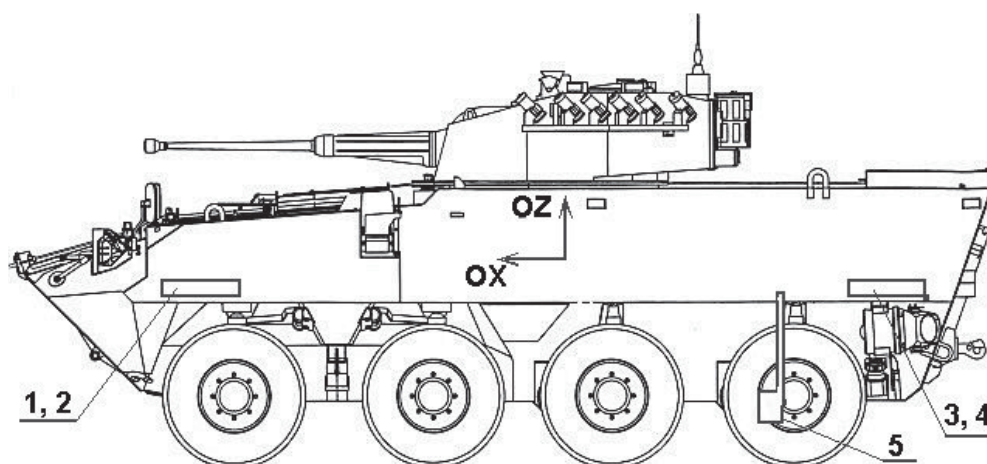
Tab.2.Zestawienie t_{dop} [min] na siedzeniu desantu
Tab.2 Comparison t_{dop} [min] on crew places

Rodzaj drogi	V [km/h]	Częstotliwość [Hz]								
		1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3
asfalt	70	480	480	480	480	480	350	417	480	480
	90	480	480	480	480	389	204	173	480	480
bruk	30	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	40	480	480	480	480	480	466	365	480	480
	50	480	480	480	480	414	286	196	324	480
bezdroża	30	480	480	480	315	480	480	480	480	480
	40	480	480	205	277	349	189	212	480	480
	50	480	480	156	84	289	91	104	480	480

Badania wykonano przy następujących wartościach prędkości jazdy:

- na drodze asfaltowej – V = 70, 90 km/h;
- na drodze brukowanej – V = 30, 40 i 50 km/h;
- na drodze nieutwardzonej – V = 30, 40 i 50 km/h.

Wyniki badań zestawiono w tab. 3 i 4.



Rys.2. Widok pojazdu z aparaturą badawczą: 1, 2, 3, 4 – czujniki przyspieszeń ; 5 – przetwornik optyczny prędkości
 Fig. 2 Vehicle with measurement system: 1, 2, 3, 4 – acceleration sensors; 5 – optical speed sensor

Tab.3.Zestawienie t_{dop} [min] na siedzeniu kierowcy

Tab. 3. Comparison t_{dop} [min] on driver place

Rodzaj drogi	V [km/h]	Częstotliwość [Hz]								
		1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3
asfalt	70	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	90	480	480	480	480	480	480	480	480	480
bruk	30	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	40	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	50	480	480	480	480	480	480	480	480	480
bezdroża	30	480	312	480	480	480	480	480	480	480
	40	480	173	181	480	480	480	480	480	480
	50	480	160	127	228	418	480	480	480	480

Tab.4.Zestawienie t_{dop} [min] na siedzeniu desantu

Tab. 4. Comparison t_{dop} [min] on crew places

Rodzaj drogi	V [km/h]	Częstotliwość [Hz]								
		1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3
asfalt	70	480	480	480	480	480	480	480	480	480
	90	480	480	480	480	480	282	250	480	480
bruk	30	480	480	480	480	480	480	465	480	480
	40	480	480	480	480	480	480	147	480	480
	50	480	480	480	480	480	360	295	223	480
bezdroża	30	480	480	480	480	480	480	480	192	110
	40	480	480	480	480	480	480	480	226	200
	50	480	480	480	480	480	480	384	129	143

Wyniki oceny komfortu pracy kierowcy podczas jazdy po drodze asfaltowej i brukowanej wykazały, że dla wszystkich mierzonych prędkości nie występuje ograniczenie czasu pracy kierowcy. W przypadku jazdy po bezdrożach ograniczenia pojawiają się przy jeździe z prędkością

30 km/h i wynosi 5 godzin. Przy prędkości 50 km/h dopuszczalny czas pracy kierowcy maleje do ok. 2,0 godzin.

Wyniki oceny komfortu jazdy żołnierzy desantu podczas jazdy po drodze asfaltowej i brukowanej wykazały, że dla obu rodzajów dróg występuje ograniczenie czasu jazdy do ok. 4 godzin (ok. 220÷250 minut). W przypadku jazdy po bezdrożach ograniczenia dotyczą wszystkich prędkości i wynoszą ok. 2 godz. dla prędkości jazdy, przy których wykonywane były pomiary.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wskazują, że występują ograniczenia w czasie pracy załogi i są one zależne od prędkości jazdy oraz rodzaju nawierzchni. Ponadto występują różnice w dopuszczalnym czasie pracy pomiędzy obiektami badań. O ile dla nawierzchni asfaltowej oraz bruku nie ma ograniczeń w pracy kierowcy dla obu obiektów, to dla bezdroży występują ograniczenia, które są nieco bardziej radykalne dla zawieszenia „klasycznego”. Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w ocenie narażenia członków desantu. Ograniczenia dla obiektu wyposażonego w zawieszenie hydropneumatyczne są większe dla wszystkich rodzajów nawierzchni.

Wpływ na uzyskane wyniki oprócz rodzaju zawieszenia może mieć jeszcze wiele czynników, jak choćby: konfiguracja wnętrza, rozmieszczenie miejsc w stosunku do środka masy, konstrukcja siedzisk, ogumienie itp..

Decyzja o tym jaki rodzaj zawiesznień należy zastosować w świetle wykonanych badań nie jest oczywista. Zawieszenia hydropneumatyczne mają wiele zalet funkcjonalnych jak na przykład możliwość regulowania wysokości prześwitu. Z wad należy wymienić większe wymagania diagnostyczne i obsługowe. Wydaje się, że bardzo istotny wpływ na wybór rodzaju zawieszenia w kołowym transporterze opancerzonym, oprócz wymagań użytkownika, może mieć aspekt finansowy.

Literatura

- [1] Burdziński, Z., *Charakterystyki probabilistyczne wymuszeń działających na pojazd terenowy*. Biuletyn WITPiS, wydanie specjalne 1972.
- [2] Burdziński, Z., *Rozwój metod badań właściwości terenowych pojazdów kołowych*. Opracowanie niepublikowane Wojskowy Instytut Techniki Pancerniej i Samochodowej 1996.
- [3] Dmitriew., *Teoria i rachunek nieliniowych system podressoriowania gusienicznych maszyn*. Maszynostrojnie 1996.
- [4] *Klasyfikacja mikroprofilia bezdrozia terytorii ZSRR*. Maszynostrojnie nr 5 1975.
- [5] Rotenberg., *Podwieska awtomobilia, Maszynostrojnie*. Moskwa 1972.
- [6] Simiński, P., *Wpływ zastosowania zderzaków elastomerowych w układzie zawieszenia na parametry użytkowe czołgu*. Praca dyplomowa. Wydział Mechaniczny Wojskowej Akademii Technicznej 1998.
- [7] Szudrowicz, M., *Badania eksperymentalne odporności na wybuch miny samochodu patrolowo interwencyjnego*. Opracowanie WITPiS niepublikowane, zastrzeżone, rok 2005.
- [8] Zajac, M., *Obciążenia udarowe zawieszienia jako krytyczne wartości obciążeń dynamicznych załogi czołgu, rozprawa doktorska*. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej 2006.

