

INFLUENCE OF DYNAMIC LOAD ON MILITARY VEHICLES CONSTRUCTION

Przemysław Simiński, Piotr Stryjek

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, zbwo@witpis.mil.pl

Abstract

The article presents influence of dynamic load on construction military vehicles. The authors concentrated their attention on off road and military vehicles, because they operated in hard condition and are endanger to load impact. The article presents examples of influence the dynamic load on bump's road. Additionally, authors take note of another sources dynamics load during operation. Showed also practise damages as a result of dynamics load from different sources. These damages are result from over durability and engineer mistakes in construction procedure. In next part of articles the authors take note of construction solutions and ways prevent to damages. These solutions have been protecting crew to negative result of dynamics load and impact load. The article additionally takes note of practise experience from vehicle operation. All examples to coming from testing practise and often concern to prototypes and special vehicles. **Military vehicles should be safe against all manner of impact loads which can appear during working, and in the case of excess strength particular elements, the vehicle should be retrievable the vehicle should be been by retrievable by military repair troops , even in range conditions**

Keywords: dynamic load, impact load, experimental researches, vehicle

WPLYW OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH NA KONSTRUKCJE POJAZDÓW WOJSKOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono wpływ obciążeń udarowych i dynamicznych na konstrukcje pojazdów. Autorzy skoncentrowali się w głównej mierze na pojazdach terenowych i wojskowych, ponieważ warunki w jakich są eksploatowane powodują, że są one najczęściej narażone na obciążenia udarowe. W artykule pokazano przykłady wpływu obciążeń dynamicznych pochodzących od nierówności drogi na konstrukcje pojazdu. Ponadto zwrócono również uwagę na inne możliwe źródła obciążeń dynamicznych występujące w procesie eksploatacji. Przedstawiono także praktyczne uszkodzenia, które powstały na skutek wspomnianych obciążeń od innych źródeł. Uszkodzenia te wynikają zarówno z przekroczenia doraźnej wytrzymałości konstrukcji, jak i często z przyjęcia przez konstruktorów, już na etapie projektowania, błędnych rozwiązań. W kolejnej części zwrócono uwagę na rozwiązania konstrukcyjne oraz sposoby zapobiegania uszkodzeniom, mające na celu zabezpieczyć konstrukcje pojazdu i pasażerów, przed negatywnym skutkiem obciążeń udarowych. Niniejszy artykuł ma na celu przekazanie praktycznych uwag na temat wpływu obciążeń dynamicznych na konstrukcje pojazdów. Wszystkie z przykładów wpływu obciążeń dynamicznych na konstrukcje pojazdów, przedstawionych w artykule, pochodzą z praktyki badawczej i często dotyczą one pojazdów specjalnych lub konstrukcji prototypowych. Pojazdy wojskowe powinny być zabezpieczone przed wszelkiego rodzaju obciążeniami udarowymi, które mogą wystąpić podczas eksploatacji, a w wypadku przekroczenia wytrzymałości poszczególnych elementów, pojazd powinien być możliwy do naprawienia siłami wojskowych jednostek remontowych, nawet w warunkach poligonowych.

Słowa kluczowe: obciążania dynamiczne, obciążania udarowe, badania eksperymentalne, pojazd

1. Wstęp

Pojazdy samochodowe przez cały okres eksploatacji narażone są na działanie różnego rodzaju obciążeń dynamicznych. Konstrukcja pojazdu powinna być na te obciążenia odporna na tyle, aby pojazd nie uległ uszkodzeniu będącym wynikiem obciążenia udarowego, jak i uszkodzeniu w przeciągu dłuższego okresu czasu, wynikającego z obciążeń cyklicznych (zmęczenia materiału).

Obecnie, niemal wszystkie pojazdy osobowe konstruowane są jako nadwozia o konstrukcji całkowicie samonośnej lub jedynie ze szcztąkowymi ramami pomocniczymi. Nadwozia te mają naturalnie wiele zalet konstrukcyjno - produkcyjnych, jednak trzeba pamiętać, iż mogą w pewnych sytuacjach gorzej „znosić” obciążenia uderowe od pojazdów wyposażonych w klasyczną ramę. Ponieważ całe nadwozie tworzy strukturę nośną, zadziałanie siły w jednym punkcie może doprowadzić do zniekształceń innych elementów.

Niezwykle istotna, we współczesnych pojazdach jest geometria podwozia i nadwozia. Wpływa ona bezpośrednio na geometrię układu jezdnego. Obecnie, w zasadzie jedynym parametrem regulacyjnym w zawieszeniu, jest zbieżność kół osi. Pozostałe parametry takie jak: pochylenie koła, kąty wyprzedzenia i pochylenia osi zwrotnicy, „przekoszenie” osi, wynikają z geometrii płyty podwoziowej i nie podlegają regulacji.

Pojazdy ciężarowo-terenowe, najbardziej rozpowszechnione w wojsku, nadal pozostają budowane w oparciu o ramy nośne, jednak już wiele lekkich pojazdów terenowych (nie tylko z tzw. klasy SUV) jest konstruowanych w oparciu o nadwozia samonośne.

2. Badania wpływu obciążeń dynamicznych pochodzących od oddziaływania uzbrojenia pokładowego

Obiektem badań był samochód opancerzony na terenowym podwoziu z napędem 4x4 (rys.1). Wyposażono go w obrotnicę oraz posadowiony na niej karabin maszynowy. Jednym z celów badań było określenie trwałości węzła dach – obrotnica uzbrojenia oraz samej obrotnicy z zamontowanym uzbrojeniem. Badanie trwałości podstawy karabinu i jej mocowania realizowane było poprzez realizowanie strzelań krótkim i długimi seriami, łącznie po kilkaset pocisków. Pomiedzy każdym badaniem przeprowadzano kilkusetkilometrowe jazdy terenowe. Przed każdym badaniem dokonano również strzelań mających na celu określenie celności broni i skupienia pocisków. W wyniku badań stwierdzono:

- luzy mocowania tarczy ochronnej strzelca powodujące dodatkowe drgania całego zespołu podstawy podczas strzelania;
- uszkodzenie blokady podstawy platformy strzeleckiej powodujące samoczynne składanie się platformy podczas strzelania;
- pogorszenie celności ognia;
- pęknięcia w spoinie łączącej podstawę z dachem pojazdu (rys.2).

Stwierdzono, że opisane powyżej skutki są nakładających się efektów: mało sztywnego dachu pojazdu, zbyt małej powierzchni styku podstawy z dachem (podparcie w trzech punktach), nie dotrzymaniu procesu technologicznego spawania oraz zbyt dużego kalibru uzbrojenia.



Rys.1 Widok obiektu badań
Fig. 1 View test object



Rys.2 Mocowanie do dachu uległo pęknięciom na spoinie
Fig. 2 Joint with roof cracked weld

3. Obciążenia wywołane holowaniem pojazdu

Sytuacja holowania pojazdu przez pojazd występuje dosyć często. Pojazdy uszkodzone w poligonie muszą być podczas działań wojennych szybko ewakuowane z placu boju. W wypadku holowania liną może bardzo łatwo dojść do zadziałania obciążeń udarowych, będących efektem szarpnięć.

Szczególnie trudna jest ewakuacja pojazdu z przeszkody terenowej, w wypadku ugrzęźnięcia pojazdu w piasku lub błocie. O ile posiadamy holownik o odpowiednio dużej sile uciągu sprawa jest łatwa. Jednak w wypadku lżejszych pojazdów, często jedyną metodą jest dynamiczne szarpnięcie pojazdem. Sytuacja taka występuje najczęściej przy załamaniu się lodu (rys.3) pod pojazdem lub ugrzęźnięciu w głębokim błocie. W takim wypadku siła w linie osiąga bardzo duże wartości, ze względu na konieczność kruszenia lodu przed pojazdem podczas ewakuacji. Efektem działania obciążeń udarowych, mogą być: zerwane liny holownicze, uszkodzenie układu kierowniczego lub napędowego. Dlatego miejsca holowania, podnoszenia i mocowania powinny odznaczać się odpowiednią wytrzymałością oraz być prawidłowo rozmieszczone. Zapobiega to przenoszeniu obciążenia na ramę pojazdu, które spowodowałoby uszkodzenie.



*Rys. 3. Widok pojazdu, pod którego lewymi kołami doszło do załamania się lodu
Fig.3. View vehicle, which left wheels, cracked ice*

4. Badania wpływu obciążeń dynamicznych pochodzących od nierównościami drogi

Badania przebiegowe realizowano na terenie poligonu oraz drogach publicznych. Obiektami badań były pojazdy terenowe, jeden napędzany w konfiguracji 4x4 o masie 5500 kg, drugi 6x6 o masie 3850 kg. Pierwszy z obiektów przejechał ponad 3000 km z czego 65 km po bezdrożach, 300 km po drogach terenowych oraz ponad 2000 km po drogach asfaltowych. Dalsze prowadzenie badań okazało się niemożliwe, ponieważ doszło do odkształcenia ramy nośnej podwozia (rys.4). Jak wykazały analizy, producent do budowy podwozia o masie dmc. 5500 kg, wykorzystał ramę z pojazdu o dmc. do 3500 kg.

Dla drugiego z pojazdów zmieniony został udział rodzaju pokonywanych dróg, z przewagą tych najtrudniejszych co wynikało z przyszłego przeznaczenia pojazdu. Przebieg realizowany drogach o następującym rozkładzie:

- drogi utwardzone – 20 %;
- drogi gruntowe – 40 %;
- bezdroża poligonowe – 40 %.

Pokonano trasę około 400 km. Efektem prowadzonych badań przebiegowych było pęknięcie drążka kierowniczego (rys.5). Analiza wykazała, że był to element źle zaprojektowany w konsekwencji, nie mogący spełniać dobrze swoich zadań w układzie kierowania pod znacznymi obciążeniami. W tym wypadku konieczna była zmiana konstrukcji drążka kierowniczego oraz zastosowanie dodatkowego siłownika wspomagającego działającego na drążek wzdłużny.



Rys.4. Odształcenie ramy spowodowało uderzenie kabiny o przewożony kontener
Fig.4. Frame deform caused hit on cabin with container



Rys.5. Pęknięty drążek kierowniczy
Fig.5. Broken steering bar

5 Przekraczanie dopuszczalnej masy całkowitej jako źródło dodatkowych obciążeń dynamicznych

Wiele z pojazdów budowanych na potrzeby wojska to pojazdy specjalizowane, na ogólnodostępnych w handlu podwoziach. W procesie konstruowania, często nie uwzględnia się pojawiających się później życzeń potencjalnych użytkowników, które dotyczą dodatkowego wyposażenia lub funkcji. Ich uwzględnienie nie pozostaje bez wpływu na masę własną pojazdu, najczęściej, przy pozostawieniu bez zmiany dopuszczalnej masy całkowitej. Z doświadczeń Wojskowego Instytutu Techniki Pancерnej i Samochodowej wynika, że bardzo często firmy prowadzące zabudowę pojazdów dla celów wojskowych przekraczają w takich przypadkach dmc. W warunkach eksploatacji po drogach terenowych i bezdrożach prowadzi to do bardzo szybkiego uszkodzenia konstrukcji zawieszenia lub ramy pojazdu. Ponadto eksploatacja pojazdu będącego, nawet na granicy dmc., prowadzi do znacznego przyspieszenia zużycia elementów podwozia i układu hamulcowego. Ze względu na specyficzne zastosowanie, czyli w warunkach zagrożenia i działań wojennych, często pojazdy te muszą zostać przeciążone. np. w sytuacji awaryjnej w sanitarce podróżuje więcej rannych niż przewidziano miejsc. Dlatego w konstrukcji powinno to być uwzględnione i powinien zostać zachowany pewien zapas wytrzymałości.

Dla zobrazowania zagadnienia przedstawiono przykład z prowadzonych badań (rys.6). W prezentowanej sytuacji dmc. nie została przekroczona, jednak naczepa ugięła się pod ciężarem. Działanie tak dużych sił w wypadku jazdy terenowej może spowodować uszkodzenie konstrukcji, gdyż pojawiają się duże obciążenia dynamiczne pochodzące od nierówności drogi.

6. Obciążenia dynamiczne wywołane transportem pojazdów

Pojazdy wojskowe powinny być przystosowane do załadunku urządzeniami dźwigowymi. Każdy pojazd powinien mieć do tego celu wytypowane odpowiednie punkty. Podczas nieważnego, szybkiego unoszenia dochodzi często do szarpnięć w zawiesiach (rys.7). Podobnie wygląda to podczas transportu lotniczego lub morskiego – jeśli pojazd nie zostanie poprawnie

zamocowany linami, może dojść do jego przemieszczenia i wytworzenia dużych sił na w miejscach mocowania lin. Skrajnym przypadkiem jest uderzenie o kadłub statku lub samolotu.



Rys. 6. Widok naczepy po załadunku czołgu
Fig.6. View semitrailer after tank loading



Rys. 7 Załadunek pojazdu z użyciem suwnicy dźwigowej
Fig. Vehicle during loading with crane

7. Zabezpieczenie konstrukcji pojazdów przed negatywnym skutkiem obciążeń dynamicznych i udarowych

W celu zmniejszenia wpływu obciążeń dynamicznych konieczne jest uwzględnienie w etapie projektowania i konstruowania, przyszłych zastosowań pojazdu oraz wymagań użytkownika, które powinny być szczegółowo z nim uzgodnione.

Elementem stosunkowo łatwym do uszkodzenia w eksploatacji wojskowej jest zawieszenie pojazdu. Powinno ona zapewniać wytrzymałość i zachowanie swojej prawidłowej geometrii podczas szybkiej jazdy po nierównościach. W wypadku dużych nierówności i pojazdów rozwijających w terenie duże prędkości, nie można wykluczyć, że chwilowo nawet wszystkie koła naraz mogą tracić kontakt z nawierzchnią. Pozytywny wpływ na zmniejszenie wpływu obciążeń dynamicznych ma stosowanie zawiesznień o progresywnej charakterystyce sprężystości oraz wykorzystywania ograniczników skoku zawieszenia (np. elastomerowych) [2,4]. O ile to możliwe, w wypadku uszkodzenia zawieszenia powinno ono być podatne na naprawę. W zawieszeniu powinien występować „bezpiecznik”, to znaczy np. zniszczenie wahacza nie powinno uszkodzić miejsc jego mocowania, czy też powodować „przekoszenia” całego nadwozia. Jeżeli uszkodzeniu

ulegnie np. wspomniany wahacz, można go łatwo wymienić w warunkach polowych i pojazd będzie zachowywał się poprawnie (właściwa geometria podwozia zostanie zachowana).

Właściwemu zabezpieczeniu powinien zostać poddany także układ napędowy. Silnik, skrzynia biegów czy mosty rozdzielcze oprócz tego, że powinny znajdować się na odpowiedniej wysokości nad drogą, powinny być osłonięte dodatkowymi osłonami (rys.8). Osłony te powinny nie tylko posiadać odpowiednią wytrzymałość ale także miejsce ich mocowania do podwozia powinno być wystarczająco wytrzymałe.



Rys. 8. Element zabezpieczający układ napędowy
Fig.8. Protection element in drive mechanism

Osobną grupą obciążeń, której nie omawiano w treści artykułu, są obciążenia wynikające z najechania pojazdu na minę, otrzymanie trafienia pociskiem lub użycia pojazdu do taranowania. Zapobieganie ich skutkom wymaga szczególnego podejścia już na etapie projektowania i konstruowania, które to muszą być poparte badaniami eksperymentalnymi i symulacyjnymi [1,3].

8. Podsumowanie

Niniejszy artykuł ma na celu przekazanie praktycznych uwag na temat wpływu obciążeń dynamicznych na konstrukcje pojazdów. Wszystkie z przykładów wpływu obciążeń dynamicznych na konstrukcje pojazdów, przedstawionych w artykule, pochodzą z praktyki badawczej. Często dotyczą one pojazdów specjalnych lub konstrukcji prototypowych.

Eksploatacja wojskowa niesie ze sobą wiele zagadnień, nie spotykanych w tak szerokim zakresie w warunkach „cywilnych”. Pojazdy te często muszą pracować w bardzo trudnych warunkach. Od ich niezawodności często zależy ludzkie zdrowie i życie. Dlatego pojazdy powinny być zabezpieczone przed wszelkiego rodzaju obciążeniami udarowymi które mogą wystąpić podczas eksploatacji, a w wypadku przekroczenia wytrzymałości poszczególnych elementów, pojazd powinien być możliwy do naprawienia siłami wojskowych jednostek remontowych, nawet w warunkach poligonowych.

Literatura

- [1] Jamroziak, K., Karliński, J., Lewandowski, T., Ptak, J., *Budowa lekkiego samochodu opancerzonego*, Samochody Specjalne tom 10 1/2006.
- [2] Simiński, P., *Wpływ zastosowania zderzaków elastomerowych w układzie zawieszenia na parametry użytkowe czołgu*. Praca dyplomowa. Wydział Mechaniczny Wojskowej Akademii Technicznej 1998.
- [3] Szudrowicz, M., *Badania eksperymentalne odporności na wybuch miny samochodu patrolowo interwencyjnego*. Opracowanie WITPiS niepublikowane, zastrzeżone, rok 2005.
- [4] Zając, M., *Obciążenia udarowe zawieszenia jako krytyczne wartości obciążeń dynamicznych załogi czołgu, rozprawa doktorska*. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej 2006.