

NAUKI TECHNICZNE

Mariusz KOSOBUDZKI*
Krzysztof JAMROZIAK

BUDOWA USTROJÓW NOŚNYCH I ZAWIESZEŃ SAMOCHODÓW CIĘŻAROWO – OSOBOWYCH WYSOKIEJ MOBILNOŚCI SIŁ ZBROJNYCH RP

Przedstawiono ogólną budowę ustrojów nośnych i zawiesznień samochodów ciężarowo – osobowych wysokiej mobilności eksploatowanych w pododdziałach Sił Zbrojnych RP. Zamieszczono również aktualny podział pojazdów. Opis wzbogacono rysunkami i danymi tabelarycznymi. W treści scharakteryzowano wady i zalety przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych omawianych pojazdów.

Słowa kluczowe: *ustrój nośny, rama pojazdu, zawieszenie, resor, sprężyna śrubowa, drążek skrętny, amortyzator, zawieszenie zależne, zawieszenie niezależne, pojazdy wojskowe, komfort jazdy*

WSTĘP

Od kilkunastu lat Wojsko Polskie przechodzi jakościową i ilościową transformację. Zmieniona została doktryna z ofensywnej na obronną, zmienia się liczebność żołnierzy oraz sposób pozyskiwania nowych kadr. Przystąpienie Polski do sojuszu NATO oraz udział w międzynarodowych misjach wojskowych spowodował, że zmianie uległa również struktura uzbrojenia i sprzętu wojskowego polskiej armii, w tym parku samochodowego. Pojawiające się coraz to nowsze wyzwania militarne oraz szybko zmieniająca się taktyka działania przeciwnika wymuszają na producentach stałe

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

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

modernizowanie pojazdów. Przebiega ona w taki sposób, aby maksymalizować skuteczność ich działania i zapewniać wymagane bezpieczeństwo użytkownikom przy jednoczesnym minimalizowaniu kosztów modernizacji i później dalszej eksploatacji.

Prostym sposobem na wytwarzanie pojazdów możliwie dobrze dopasowanych do realiów prowadzenia operacji militaryjnych jest zamawianie pojazdów o precyzyjnie zdefiniowanej charakterystyce. Jest to jednak bardzo kosztowne i czasochłonne. Innym sposobem otrzymania odpowiedniego pojazdu jest połączenie podwozia uniwersalnego z nadwoziem (np. zabudowa kontenerowa). O ile w przypadku samochodów ogólnego przeznaczenia jest to stosunkowo proste, to dla pojazdów wysokiej mobilności może narażać wiele problemów: zmiana położenia środka ciężkości, zmiana sztywności nadwozia, itp. [1-2]. Szczególnie trudnym przypadkiem jest zbudowanie samochodu przeznaczonego do przewożenia osób, którym należy zapewnić pewien minimalny komfort. Długotrwała jazda nie powinna powodować u nich spadku koncentracji i obniżać cech psychofizycznych.

Komfort można zdefiniować jako jakość jazdy, czyli zbiór reakcji osób na pewien obszar fizycznych doznań związanych z dynamiką ruchu pojazdu, przestrzenią w pojeździe i wokół pojazdu oraz panującymi w jego wnętrzu warunkami [3]. Jednym z składników, które wpływają na ogólne pojęcie komfortu są drgania, którym poddawane są przewożone osoby w pionie i w poziomie oraz podczas ruchów kątowych nadwozia [4]. Ich charakterystykę wraz z dopuszczalną dawką precyzują przepisy cywilne [5-7]. Drgania pochodzą od pracujących zespołów i elementów pojazdu. Źródłem największych drgań na postoju jest pracujący silnik, a w czasie ruchu pojazdu jego zawieszenie. Parametry charakterystyki zawieszenia wpływają nie tylko na komfort jazdy i płynność ruchu, ale również na wielkość obciążeń dynamicznych przekazywanych na ustrój nośny, co przekłada się wprost na jego trwałość oraz na skuteczność działania innych układów pojazdu (np. stabilizacji).

Artykuł poświęcony jest analizie budowy podwozi podstawowych pojazdów mieszczących się w kategorii osobowo – ciężarowych wysokiej mobilności pod kątem zastosowanych w nich rozwiązań konstrukcyjnych ustrojów nośnych i zawiesznień, od których, w dużym stopniu, zależy komfort jazdy.

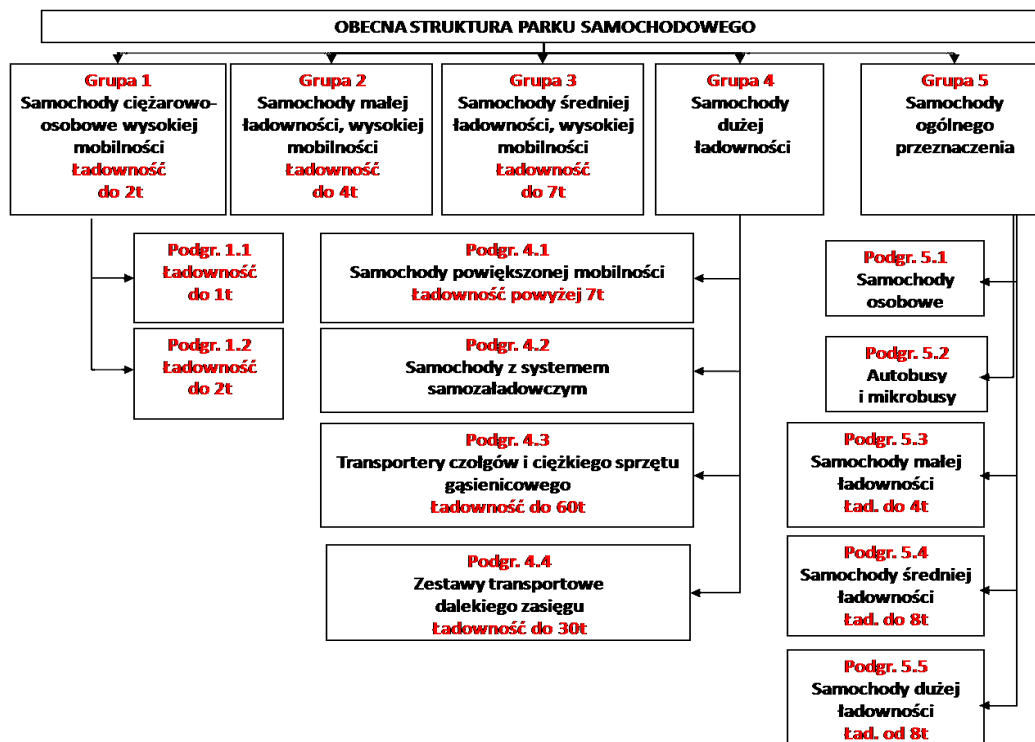
1. AKTUALNA STRUKTURA PARKU SAMOCHODOWEGO SZ RP

Po intensywnych pracach nad dostosowaniem struktury parku samochodowego pojazdów kołowych sił zbrojnych naszej armii [8-9] do struktur NATO ostatecznie decyzją Szefa Sztabu Generalnego z dnia 28 grudnia 1999 zatwierdzono „konceptę nowej struktury transportu samochodowego SZ RP” Zakłada ona podział pojazdów na pięć grup głównych i jednaście podgrup (rys.1).

Zaklasyfikowanie pojazdu do poszczególnej grupy/podgrupy oznacza, że spełnia on odpowiednie wymagania wojskowe i cywilne. Opis wymagań wojskowych zawarty jest w założeniach taktyczno–technicznych dla danego rodzaju pojazdu. Charakterystykę wymagań cywilnych zawierają przepisy dotyczące homologacji typu pojazdu [10].

Analizowane w artykule podwozia pojazdów należą do grupy 1, podgrupa 1.1 ÷ 1.2. W zakresie kierowania tymi pojazdami kierowca konieczne musi posiadać uprawnienia:

- kategorię prawa jazdy B – podgrupa 1.1,
- kategorię prawa jazdy C – podgrupa 1.2.



Rys. 1. Obecna struktura parku samochodowego w „Koncepcji struktury transportu samochodowego SZ RP”

Źródło: Opracowanie własne

2. BUDOWA USTROJÓW NOŚNYCH I ZAWIESZEŃ SAMOCHODÓW CIĘŻAROWO – OSOBOWYCH WYSOKIEJ MOBILNOŚCI

Ze względu na specyfikę warunków działania pododdziałów, wojsko wykorzystuje pojazdy zdolne do poruszania się w każdym terenie. Przeznaczone są one do transportu małych grup żołnierzy wraz z ich wyposażeniem oraz specjalistycznego sprzętu umożliwiającego dowodzenie tymi pododdziałami. Wyposażenie pojazdów może być bardzo różne: od typowo osobowego, z dodatkowo wydzieloną przestrzenią bagażową, aż do specjalistycznego z wyposażeniem sanitarnym, czy sprzętem łączności.

Od samochodów ciężarowo – osobowych wysokiej mobilności wymaga się między innymi:

- zdolności do pokonywania każdego rodzaju terenu, w dzień i w nocy,
- stabilnej, określonej prędkości minimalnej i maksymalnej,
- określonego zasięgu jazdy w określonych warunkach drogowych,
- zdolności do przyspieszenia do założonej prędkości w określonym czasie,
- odpowiednich kątów natarcia, zejścia i przechyłów bocznych,
- odpowiednich prześwitów podłużnych i poprzecznych,

- przystosowania do samoewakuacji oraz pokonywania przeszkód wodnych,
- określonej trwałości i niezawodności.

Pojazdy eksploatowane obecnie w polskiej armii można umownie podzielić na trzy generacje:

- pojazdy konstrukcji rosyjskiej (radzieckiej),
- pojazdy konstrukcji polskiej;
- trafiające do wojska samochody obecne dzisiaj w armiach należących do NATO.

2.1. Pojazdy konstrukcji radzieckiej

Samochody te, po rozpadzie Układu Warszawskiego, były i są stopniowo wycofywane z wyposażenia Sił Zbrojnych, co wynika głównie z naturalnego zużywania się. Ilość tych pojazdów maleje z każdym rokiem i w najbliższym czasie nie będzie ich na wyposażeniu wojska [11].

2.2. Pojazdy konstrukcji polskiej

W tej grupie istnieje jeden tylko pojazd – Honker. Był on produkowany przez: Fabrykę Samochodów Rolniczych w Poznaniu, Daewoo Motor Polska w Lublinie, Andoria-Mot, spółkę Intrall Polska w Lublinie, a w maju tego roku podpisano wstępną umowę na dalszą jego produkcję przez spółkę DZT Tymińscy. W pododdziałach wojska eksploatowanych w ilości ponad 1400 egzemplarzy występuje [11]:

- model 4012 i 4022 w wersji 10-osobowej z nadwoziem Hard-Top i brezentowym oraz z zabudową specjalistyczną jako sanitarki,
- model 2324 i 2000 w wersji 9- i 6-osobowej z nadwoziem typu Hard-Top i brezentowym,
- model Skorpion, przygotowywany specjalnie pod wymagania misji stabilizacyjnych i pokojowych jako opancerzony.

Ustrój nośny samochodu Honker tworzy płaska rama spawana z profili zamkniętych o przekroju prostokątnym z pięcioma poprzeczkami, do której za pomocą resorów piórowych dołączone są sztywne mosty napędowe (rys.2).



Rys. 2. Rama Honkera z dołączonymi resorami piórowymi

Źródło: Materiały własne

Za tłumienie ruchu nadwozia odpowiadają amortyzatory hydrauliczne dwustronnego działania, po dwa dla każdej osi. Dla ograniczenia przechyłów bocznych dodatkowo, w niektórych wersjach, stosowane są stabilizatory osi tylnej. Napęd

przekazywany jest ze skrzyni biegów krótkim wałem pośrednim do skrzyni rozdzielczej i dalej dwoma wałami napędowymi do mostów napędowych (rys. 3).



Rys. 3. Elementy układu napędowego: po prawej stronie skrzynia biegów, a po lewej skrzynia rozdzielcza

Źródło: Materiały własne

Pojazd, w zależności od wersji, charakteryzuje się dopuszczalną masą całkowitą w przedziale 2900–3500 kg, ładowność waha się od 800 do 1100 kg. Charakterystyczne wielkości dla tego pojazdu zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe wymiary samochodu Honker 2000

Rozstaw osi [mm]	Rozstaw kół przed/tył [mm]	Zwis przedni [mm]	Zwis tylny [mm]	Wysokość [mm]	Szerokość [mm]	Prześwit podłużny [mm]
2827	1580(1615)*/ 1560(1595)*	715	1010	2160/2190*	1960	190/220*

*z kołami 16-calowymi

Źródło: Dane producenta

Zastosowane resory piórowe w zawieszeniu to rozwiązanie proste, tanie, i co ważne, stosunkowo trwałe. Charakterystykę resorów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka resorów stosowanych w samochodzie Honker 4022

Miejsce zamocowania	Sztywność [N/mm]	Masa [kg]
zawieszenie przednie resor zwykły/wzmocniony	59,5/71,4	~ 23,5
zawieszenie tylne resor zwykły/wzmocniony	50,5/108	~ 16,5

Źródło: Dane firmy D&D produkującej resory do montażu fabrycznego

Konstrukcja resorów i zasada ich działania eliminuje konieczność stosowania dodatkowych elementów ustalających wzajemne położenie kół i ramy. Dzięki małej liczbie elementów występujących w zawieszeniu zredukowana jest liczba miejsc, gdzie mogą pojawić się efekty jego zużywania się (luzy).

Element sprężysty, jakim jest resor, posiada stosunkowo dużą histerezę (tarcie wewnętrzne), co dodatkowo zwiększa tłumienie przemieszczeń nadwozia. Tam, gdzie obciążenie zmienia się w szerokim zakresie (dla osi tylnej), zastosowano w niektórych wersjach resory o charakterystyce progresywnej, ich sztywność wzrasta wraz z ugięciem. Dla małych amplitud drgań resory, ze względu na tarcie wewnętrzne, wykazują tendencję do zachowywania się jak elementy sztywne. Zjawisko to nasila się wraz ze wzrostem ilości piór w resorze. Wpływa niekorzystnie na przenoszenie obciążeń na nadwozie, a tym samym na komfort jazdy. Innym minusem resorów jest ich stosunkowo duża masa. Dodaje się ona do masy kół i mostów napędowych, zwiększając masę nieresorowaną. Wzrost tej masy w stosunku do masy całego pojazdu (resorowanej) zwiększa oddziaływanie nierówności drogi na nadwozie, zmniejszając komfort jazdy.

Występujące w układzie napędowym sztywne mosty wraz z kołami tworzą zawieszenie zależne (ruch jednego koła wywołuje ruch drugiego koła na tej samej osi). Przyjęcie takiego rozwiązania powoduje, że w czasie jazdy przyczepność opon do podłoża zmienia się, pogarszając sterowność pojazdu i wydłużając tym samym drogę hamowania. Zaletą jest duża odporność na przeciążenia, które występują często podczas ruchu w terenie.

Dla pojazdu przewidziano koła o średnicy obręczy 15 i 16 cali z oponami szosowymi, terenowymi lub uniwersalnymi.

2.3. Pojazdy zagranicznych producentów

2.3.1. Mercedes 250G/290G WOLF – NIEMCY

Samochody produkowane przez firmę Mercedes rodziny G (Geländewagen) w odmianie militarnej zaczęto produkować w 1979 roku (seria W460). Produkowane są do dzisiaj (seria W463) [12]. Polska armia eksploatuje dwa typy podwozi serii W460 odmiany militarnej (WOLF) [11]:

- z nadwoziem zamkniętym (wersja osobowa 5-miejscowa z przestrzenią ładunkową) o rozstawie osi 2850 mm,
- z nadwoziem brezentowym jako samochód dowodzenia z radiostacją o rozstawie osi 2400 mm.

Ustrój nośny samochodu tworzy profilowana rama spawana o przekroju zamkniętym, usztywniona poprzeczkami rurowymi. Sztywne mosty napędowe połączone zostały z ramą za pomocą drążków poprzecznych i wahaczy podłużnych: pchanych z przodu i wleczonych z tyłu oraz sprężyn śrubowych (rys. 4-5). W zawieszeniu zastosowano dodatkowo drążki stabilizatora dla każdej osi.



Rys. 4. Wygląd przedniej części ramy dla pojazdu z rozstawem osi 2850 mm
Źródło: Materiały własne



Rys. 5. Elementy zawieszenia przedniego z prawej strony
Źródło: Materiały własne

Za tłumienie drgań odpowiedzialne są amortyzatory hydrauliczne dwustronnego działania, po jednym dla każdego koła. Napęd, podobnie jak w Honkerze, przenoszony jest wałem pośrednim do skrzyni rozdzielczej, a z niej dwoma wałami napędowymi do mostu przedniego i tylnego (rys.6).

W zależności od wersji pojazd charakteryzuje się dopuszczalną masą całkowitą 2900 kg (wersja dłuższa) i 2700 kg (wersja krótsza). Inne wymiary charakterystyczne zestawiono w tabeli 3.



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów zawieszenia i układu napędowego

Źródło: [online]. [dostęp: 2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.moto.pl>

Tabela 3. Charakterystyczne wymiary samochodu

Wersja pojazdu	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]	Rozstaw osi [mm]	Prześwit podłużny [mm]
krótka	4320	1690	1920	2400	218
długa	4465	1690	1946	2850	218

Źródło: [dostęp: 2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.armyvehicles.dk>

W zawieszeniu pojazdu, jako elementy sprężyste, wykorzystano sprężyny śrubowe o liniowej charakterystyce. Mają one tę zaletę w stosunku do resorów, że prawie nie posiadają tarcia wewnętrznego (histerezy) i odkształcają się przy minimalnych obciążeniach, co poprawia komfort i płynność jazdy. Wymusza to jednak konieczność stosowania amortyzatorów tłumiących ruchy nadwozia. Ponieważ sprężyny śrubowe przenoszą obciążenia tylko w jednej osi, do ustalenia geometrii kół niezbędne było zastosowanie elementów prowadzących sztywne mosty napędowe w postaci wahaczy i drążków poprzecznych.

Rama pojazdu jest tak wyprofilowana, że w swojej przedniej i tylnej części unosi się do góry, tworząc przestrzeń, w której mieszczą się elementy zawieszenia i układu napędowego (rys. 5). W efekcie pozwala to obniżyć środek ciężkości, zmniejszając przechyły nadwozia i ułatwiając wsiadanie do pojazdu.

2.3.2. Land Rover Defender 110 – WIELKA BRYTANIA

Firma Land Rover jest uznanym producentem samochodów terenowych. Dobrze znany jest Defender 110, którego wykorzystują między innymi pododdziały Żandarmerii Wojskowej i Policji. Liczba „110” w nazwie modelu oznacza rozstaw osi w calach (2794 mm). Pozostałe wymiary charakterystyczne przedstawiono w tabeli 4.

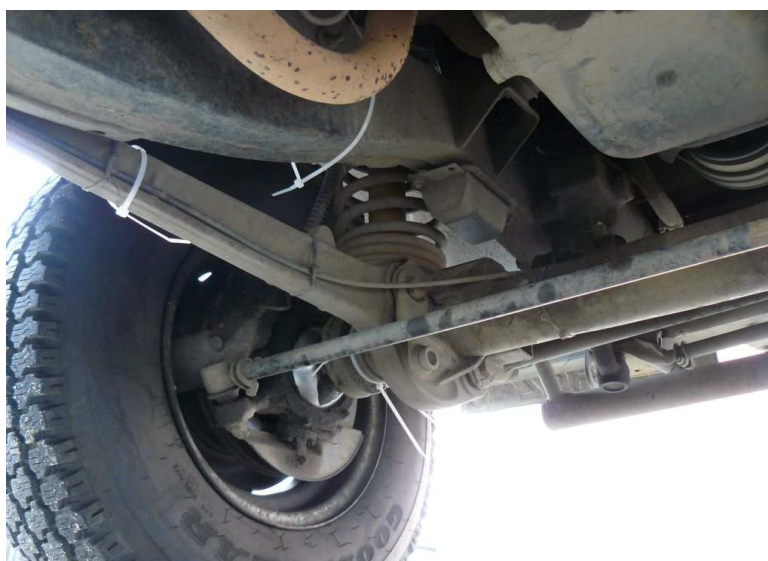
BUDOWA USTROJÓW NOŚNYCH I ZAWIESZEŃ...

Samochód ten posiada profilowaną ramę stalową zbudowaną z dwóch podłużnic połączonych pięcioma poprzeczkami. Szttywne mosty napędowe połączone są z ramą za pomocą pojedynczych wahaczy pchanych z przodu i wleczonych z tyłu (rys. 7-8).

Tabela 4. Podstawowe wymiary samochodu Defender 110

Model pojazdu	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]	Rozstaw osi [mm]	Rozstaw kół [mm]	Prześwit [mm]
110	4599	1790	2035	2794	1486	215

Źródło: Dane producenta



Rys. 7. Elementy zawieszenia przedniej osi po stronie lewej

Źródło: Materiały własne



Rys. 8. Elementy zawieszenia tylnej osi po stronie lewej

Źródło: Materiały własne

Dodatkowo, w zawieszeniu tylnym zastosowano wahacze górne połączone w kształcie litery V (rys. 9). Elementami tłumiącymi drgania są amortyzatory hydrauliczne dwustronnego działania zamocowane z przodu w osi działania sprężyn i ukośnie z tyłu (rys. 7-8).



Rys. 9. Zintegrowane górne wahacze wleczone w zawieszeniu tylnej osi

Źródło: Materiały własne

Napęd przekazywany jest, podobnie jak w Honkerze i Mercedesie, ze skrzyni biegów do skrzyni rozdzielczej i dalej wałami napędowymi do przekładni głównych w mostach napędowych. Dla pojazdu przewidziano koła 16 calowe z oponami w rozmiarze 7.50 R16C.

2.3.3. High Mobility Multi-purpose Wheeled Vehicle – USA

High Mobility Multi-purpose Wheeled Vehicle (HMMWV) produkowany jest od roku 1985 w bardzo wielu odmianach i wersjach wyposażenia [13]. Pojazd ten jest przykładem uniwersalnej platformy kołowej przystosowanej do połączenia ze zróżnicowaną, specjalistyczną zabudową. W efekcie otrzymuje się ponad 50 różnych wersji pojazdu. W Siłach Zbrojnych RP eksploatowanych jest ponad dwieście samochodów w wersjach [11]:

- M1072A2 – podwozie bazowe,
- M1025A2 – do przewozu uzbrojenia bez opancerzenia,
- M1043A2/1045A2 – do przewozu uzbrojenia z dodatkowym opancerzeniem,
- M1097A2 – ciężarówka,
- M1035A2/1045A2 – sanitarka.

Ustrój nośny pojazdu tworzy profilowana rama stalowa usztywniona pięcioma poprzeczkami, do której metodą klejenia lub nitowania mocuje się elementy poszycia. Dzięki takiej technologii łączenia uzyskuje się dużą sztywność konstrukcji.

Zawieszenie niezależne (rys. 10) wszystkich kół samochodu jest rozwiązaniem nietypowym dla pojazdów terenowych. Każde z kół połączone jest z ramą za pomocą dwóch wahaczy. Elementem sprężystym są sprężyny śrubowe o stałej sztywności z przodu (167 N/mm) i zmiennej z tyłu.



Rys. 10. Elementy zawieszenia tylnej osi. Widoczna obudowa przekładni głównej i zaciski hamulców schowane we wnętrzu ramy

Źródło: Materiały własne

Drgania tłumią amortyzatory hydrauliczne zamontowane osiowo we wnętrzu sprężyn. Przechyty nadwozia zmniejszają drażki reakcyjne. Przestrzeń pomiędzy podłużnicami ramy wykorzystano do zamontowania elementów układu napędowego, co pozwoliło na uzyskanie prześwitu wynoszącego 390 mm. Dodatkowo, przed uszkodzeniem od dołu, całość jest chroniona specjalną osłoną prętową, dającą gładką powierzchnię spodu pojazdu (rys. 11).



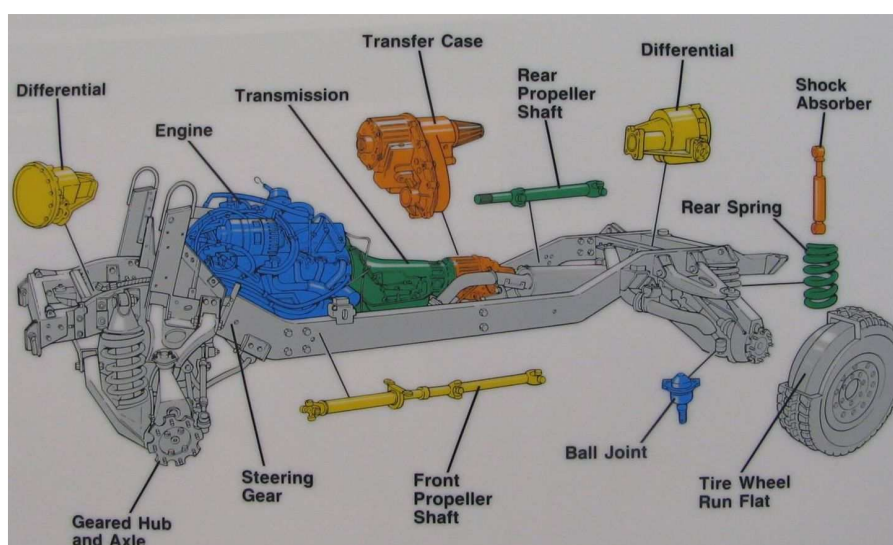
Rys. 11. Widok podwozia samochodu

Źródło: Materiały własne

Moment obrotowy generowany przez silnik przekazywany jest bezpośrednio do skrzyni rozdzielczej i dalej wałami napędowymi do przekładni głównych, które połączone są sztywno z ramą (rys. 10). Następnie, poprzez półosie trafia do zwolnic w piastach kół, które redukując obroty, podwyższają jego wartość. Takie rozwiązanie układu napędowego, w którym moment obrotowy zwiększany jest dzięki przełożeniu 1,92:1 dopiero w zwolnicach piast sprawia, że jego elementy mają odpowiednio mniejsze przekroje, a tym samym mniejszą masę (mniejsze momenty bezwładności).

Oryginalnie rozwiązano również układ hamulcowy, którego zaciski znajdują się na wyjściu napędu z przekładni głównej, a nie jak zazwyczaj, w piastach kół.

Rozmieszczenie elementów układu napędowego oraz zawieszenia pokazane jest na rysunku 12. Zamocowanie przekładni głównych bezpośrednio do ramy zmniejsza masę nieresorowaną i poprawia komfort jazdy.



Rys. 12. Rozmieszczenie elementów zawieszenia i układu napędowego

Źródło: Dane producenta

Rama pojazdu jest tak wyprofilowana, że pozwala osiągnąć wymaganą sztywność pojazdu przy jednoczesnym obniżeniu środka ciężkości do wysokości od 720 do 960 mm. W zależności od wersji nadwozia charakteryzuje się prześwitem na poziomie 390 mm (dla porównania czołg PT-91 charakteryzuje się prześwitem na poziomie 380 mm, a BWP-1 – 370 mm). Pojazd wyposażony jest w koła o rozmiarze 16,5 x 8,25 i opony 37 x 12,5R16,5T.

2.3.4. Iveco 40.12 WM – WŁOCHY

Rodzina samochodów 40.12 produkowanych przez firmę Industrial Vehicles Corporation (w skrócie IVECO) należącej do koncernu FIAT obejmuje kilka rodzajów nadwozia [14]:

- ciężarowe,
- osobowe,
- sanitarne i opancerzone.

Polska armia eksploatuje około 40 pojazdów w wersji sanitarnej [11].

Ustrój nośny tego pojazdu to płaska rama stalowa usztywniona pięcioma poprzeczkami. Sztwywny most napędowy osi tylnej zawieszony jest na resorach piórowych, którego drgania tłumią dwa amortyzatory hydrauliczne dwustronnego działania (rys.13).



Rys. 13. Zawieszenie osi tylnej

Źródło: Materiały własne

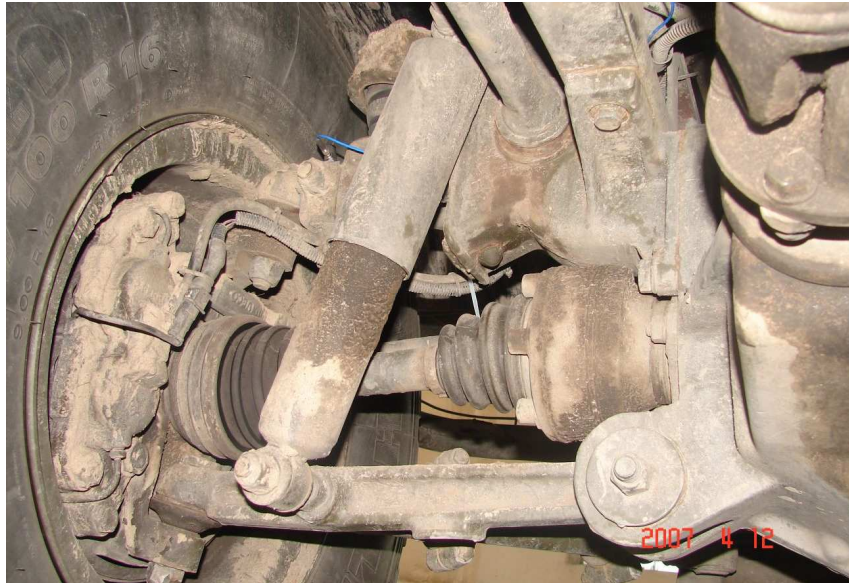
Oś przednią tworzy most napędowy przymocowany sztywno do ramy, z którego napęd do kół zawieszonych niezależnie na podwójnych wahaczach poprzecznych przekazują półosie. Elementem sprężystym są drażki skrętne poprowadzone wzdłuż podłużnic (rys.14). Przemieszczenia nadwozia, podobnie jak w osi tylnej, są tłumione przez dwa amortyzatory. Podstawowe wymiary pojazdu zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wymiary podstawowych wersji pojazdu

Podstawowe dane techniczne	Pojazd lekko opancerzony	Sanitarka	Osobowy	Cargo
długość [mm]	-	4680	4900	4900
szerokość [mm]	-	2000	2000	2000
wysokość [mm]	-	2320	2380	2400
prześwit [mm]	-	260	260	260
masa podwozia [kg]	2400			
masa własna pojazdu [kg]	3900	3700	3200	3100
ładowność [kg]	1100	1300	1800	1900
rozstaw osi [m]	2,8	2,8	2,8	2,8/3,2
DMC* [kg]	5000			

* DMC – Dopuszczalna Masa Całkowita

Źródło: Materiały producenta



Rys. 14. Zawieszenie osi przedniej z lewej strony

Źródło: Materiały własne

Drażek skrętny, jako element sprężysty, posiada kilka zalet w stosunku do resora piórowego, czy sprężyny. Jest stosunkowo lekki, charakteryzuje się minimalnym tarciem wewnętrznym, zajmuje mało miejsca, umożliwia w prosty sposób regulowanie twardości zawieszenia, a pośrednio prześwitu pod pojazdem. Wadą jest skomplikowany proces technologiczny jego wykonania, co przekłada się na jego cenę.

WNIOSKI

Ustrój nośny i zawieszenie samochodu Honker jest jednym z najprostszych pod względem budowy. Zastosowanie płaskiej ramy bardzo upraszcza jej wykonanie, ale w połączeniu z zawieszeniem zależnym wprowadza też wiele ograniczeń do konstrukcji nadwozia. Wysoko usytuowany środek ciężkości pojazdu utrudnia zajmowanie miejsca w samochodzie i wpływa na wartość przechyłów bocznych i podłużnych pojazdu. Wysoko umieszczona powierzchnia podłogi zmniejsza również wysokość wnętrza pojazdu. Niewielkie wymiary przekroju poprzecznego podłużnic i poprzeczek (100 mm x 50 mm, grubość ścianki 4 mm) powodują, że ustrój nośny jest lekki, ale mało sztywny i znaczna część obciążeń pochłaniana jest przez strukturę nadwozia, które połączone są z ramą elastycznie w dziewięciu punktach. Zastosowanie resorów piórowych jest rozwiązaniem trwałym i prostym w naprawie i regeneracji.

Samochody Mercedes i Land Rover mają bardzo podobną budowę ramy i zawieszenia (różnica w prowadzeniu osi tylnej). Wyprofilowanie ramy spowodowało, że wsiadanie do pojazdu jest uproszczone (nisko przebiegająca krawędź dolna drzwi) przy zachowaniu odpowiednio dużych dopuszczalnych kątów przekoszenia osi. Porównując wymiary przekroju poprzecznego podłużnic, które są około dwa razy większe, niż w przypadku Hookera, można sądzić, że rama ma dużo większą sztywność, co być może umożliwiło wykonanie nadwozia Defendera 110 z aluminium. Wybranie sprężyn śrubowych dodatkowo podnosi komfort jazdy. Ponieważ ładowność

w stosunku do masy własnej pojazdu nie jest duża, można było zastosować sprężyny o liniowej charakterystyce.

Specyficznym pojazdem, którego budowa odbiega znacząco od rozwiązań klasycznych jest HMMWV. Posiada on profilowaną, sztywną ramę i niezależne zawieszenie. Ponieważ ładowność pojazdu może stanowić wartość bliską masie własnej, w zawieszeniu osi tylnej zastosowano sprężyny progresywne. Przy niewielkiej wysokości pojazdu (ok. 1830 mm) uzyskano prześwit 390 mm, który jest rekordowy w tej klasie pojazdów.

Pojazdem, którego ustrój nośny nawiązuje do klasycznych ciężarówek, jest IVECO 40.12 WM. Płaska rama ułatwia zabudowę pojazdu, ale skutkuje wysoko umieszczonym środkiem ciężkości. Pojazd wyposażony jest w oryginalne zawieszenie osi przedniej, łączącej sztywny most napędowy, stanowiący element usztywniający ramę, z układem wielowahaczowym i drążkami skrętnymi.

LITERATURA

- [1] Rusiński E., Czmochocki J., Smolnicki T., *Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [2] Rusiński E., *Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
- [3] Grzeżożek W., Wojs J., *Próba oceny komfortu ruszania z miejsca samochodu z automatem sprzęgłowym dla inwalidów*, Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Vol. 8-M/2008.
- [4] Kosobudzki M., Kowalczyk M., Stańco M., *Akwizycja obciążeń dynamicznych działających na pojazd generowanych przez układ jezdny*, Transport Przemysłowy 4(30)/2007.
- [5] PN-91/S-04100 – Drgania. Metody badań i oceny drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w pojazdach.
- [6] PN-EN 14253:2008(U) Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeby ochrony zdrowia. Wytyczne praktyczne.
- [7] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. 2005 nr 157 poz. 1318).
- [8] Wrzecioniarz P.A., Jamroziak K., *Pojazdy samochodowe Wojska Polskiego i innych armii NATO*, [w:] „Zeszyty Naukowe WSO TK” nr 1, Wrocław 1999, s. 96-102.
- [9] *Analiza stanu i kierunki rozwoju wojskowych pojazdów kołowych, gąsienicowych wozów bojowych, techniki wojsk inżynierskich oraz techniki MPS Wojsk Lądowych*: sprawozdanie końcowe z realizacji pracy badawczej Nr PBW 883/99 pod kierownictwem Kałdońskiego T., WAT, Warszawa 1999.

- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie homologacji typu pojazdów samochodowych i przyczep (Dz.U. 2005 nr 238 poz. 2010).
- [11][online]. [dostęp: 2009]. Dostępny w Internecie: <http://militarypedia.corran.pl>
- [12][online]. [dostęp: 2009]. Dostępny w Internecie: <http://mercedes-benz.com>
- [13][online]. [dostęp: 2009]. Dostępny w Internecie: <http://amgeneral.com>
- [14][online]. [dostęp: 2009]. Dostępny w Internecie: <http://lamilitary.org>

CONSTRUCTION OF LOAD-CARRYING STRUCTURES AND SUSPENSIONS IN HIGH MOBILITY CARGO AND PASSENGER CARRYING VEHICLES OPERATED BY POLISH ARMED FORCES

Summary

The article discusses the general construction of load-carrying structures and suspensions in high mobility cargo and passenger carrying vehicles operated by the Polish Armed Forces. As well as this, a current classification of vehicles is presented. The description is expanded with figures and tables. The pros and cons of the adopted technical solutions are discussed.

Key words: *load-carrying structure, chassis frame, suspension, suspension spring, coil spring, torsion bar, shock absorber, dependent suspension, independent suspension*

Artykuł recenzował: dr hab. inż. Andrzej KAŻMIERCZAK, prof. PWr