

THE CONCEPTS OF MODULAR COMBAT VEHICLES

Jerzy Walentynowicz

*Military University of Technology,
Faculty of Mechanical Engineering
Gen. Sylwestra Kaliskiego, 00-908 Warsaw, Poland
tel./fax: +48 022 6839565
e-mail: jwalentynowicz@wat.edu.pl*

Abstract

The growth of modularity and unifications of designed and introduced fighting vehicles is possible as a result of technical and technological achievements and changing conditions of present war operation. This factors require quick repair of damaged vehicles and interoperability of operations. The review of present conceptions of internal and external modularity of modern tactical fighting vehicles was introduced in the publication. External modularity was used for generating new families of tracked and wheeled vehicles and their exchangeable of internal modular sets: suspension and propulsion system, crew cabin and module with equipments. Internal modularity consist in application various length of vehicle bodies and simultaneously their different volumes and application of many unified units designed for existing vehicles. Implementation of hybrid propulsion systems for military vehicles and application many sources of energy on the board are connected with electric lines enlarges the possibilities of composition of the vehicles interiors by application many modular components which can be mounted in the most convenient places. Ideas of the modular construction of combat vehicles assure the maximum enlargement of repair and modernization compliance, and consequently the maintenance in line of maximum number modern and fully efficient vehicles.

Keywords: *combat vehicles, modularity, tracked vehicles, wheeled vehicles*

KONCEPCJE MODUŁOWYCH WOZÓW BOJOWYCH

Streszczenie

Wzrost modułowości i unifikacji opracowywanych i wdrażanych wozów bojowych jest możliwy dzięki osiągnięciom technicznym i technologicznym, a także zmieniającym się warunkom współczesnych działań bojowych, wymagających szybkiego uzupełniania strat i interoperacyjności działań. W artykule przedstawiono przegląd współczesnych koncepcji modułowości wewnętrznej i zewnętrznej nowoczesnych wozów bojowych. Modułowość zewnętrzną wykorzystano przy tworzeniu rodzin pojazdów o podwoziach kołowych i gąsienicowych oraz wymiennych modułach użytkowych tych pojazdów: zawieszenia i zespołu napędowego, kabiny załogi oraz modułu z wyposażeniem. Modułowość wewnętrzna polega na zastosowanie nadwozi o różnej długości, a tym samym ich objętości oraz stosowanie wielu zunifikowanych zespołów takich pojazdów, które są stosowane w wielu istniejących pojazdach. Wdrażanie napędów hybrydowych pojazdów wojskowych i rozdzielenie źródeł energii na kilka zespołów połączonych przewodami elektrycznymi, zwiększa możliwości kształtowania wnętrza pojazdów przez użycie wielu modułowych podzespołów, które są odpowiednio do zadań rozmieszczane w nadwoziu. Koncepcje modułowej budowy wozów bojowych Zapewniają maksymalne zwiększenie podatności remontowej i modernizacyjnej, a tym samym utrzymanie w linii maksymalnej liczby nowoczesnych i w pełni sprawnych pojazdów.

Słowa kluczowe: *wozy bojowe, modułowość, pojazdy gąsienicowe, pojazdy kołowe*

1. Wstęp

Zmiany technologiczne oraz cywilizacyjne ostatnich dziesięcioleci spowodowały równoczesne zmiany poglądów na charakter przyszłych działań bojowych. Rozwijane są metody niszczenia pojazdów opancerzonych, a także rośnie znaczenie walk prowadzonych na intensywnie rozwijających się terenach zurbanizowanych, na których już niedługo będzie żyło blisko 3/4

ludności świata. Utrudniają one rozpoznanie i obezwładnienie przeciwnika w miejscu dużego nasycenia terenu ludnością cywilną, która jest narażona na skutki takich działań.

Coraz większego znaczenia nabierają działania o charakterze interwencyjnym – stabilizacyjnym, prowadzone w warunkach dużej asymetrii sił zbrojnych, które muszą być szybko prowadzone w początkowej fazie interwencji oraz znacznie spowolnione w okresie utrwalania nowej sytuacji. W tym kontekście dużego znaczenia nabierają działania gwałtowne, o krótkim czasie trwania, które jednak mogą powodować duże straty pojazdów mechanicznych. Do tego typu działań bojowych muszą być przygotowane siły zbrojne, odpowiednio wyposażone pojazdy załogowe i bezzałogowe, wykorzystywane do transportu ludzi, zaopatrzenia, uzbrojenia i środków bezpośredniej walki.

Z drugiej strony ograniczeniem zakresu walk jest dostępność funduszy na prowadzenie współczesnych działań bojowych, zmuszająca do oszczędnego gospodarowania pojazdami i innymi środkami materiałowymi, a także do maksymalnego obniżenia kosztów ich produkcji przy uzyskaniu jak najlepszych parametrów użytkowych. Jedną z najważniejszych cech takich pojazdów jest ich unifikacja, polegająca na standaryzacji wyposażenia oraz modułowej budowie pojazdów. Pozwala to na szybką wymianę znormalizowanego wyposażenia odpowiednio do rodzaju działań bojowych, ułatwione usuwanie uszkodzeń bojowych i eksploatacyjnych, a także dużą wymiennością zespołów pojazdów w trakcie ich modernizacji, odpowiednio do zmieniającego się poziomu technologicznego.

2. Koncepcje współczesnych pojazdów

Wszystkie nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne pojazdów bojowych charakteryzują się budową modułową. Odróżnia się przy tym modułowość zewnętrzną i wewnętrzną. Modułowość zewnętrzna to podział pojazdu na trzy lub dwa moduły, umożliwiające ich wymiennalność odpowiednio do realizowanych zadań.

Modułowość wewnętrzna to przede wszystkim podział wnętrza pojazdu na zunifikowane przestrzenie, umożliwiające zabudowę różnego wyposażenia w pojeździe w tym na przykład różnej liczny siedzeń dla załogi. Wymaga to na ogół zmiany długości kadłuba pojazdu.

Rozwiązanie trójmodułowe zaproponowali Szwedzi w rodzinie swoich pojazdów SEP B13, uzyskując dużą unifikację pojazdów gąsienicowych i kołowych (rys. 1). Pojazdy podzielono na trzy moduły:

- załogi,
- podwozia z zespołem napędowym,
- użytkowy z wyposażeniem wymaganym przez wojsko (moduł zadaniowy).



Rys. 1. Koncepcja rodziny pojazdów wg szwedzkiego projektu SEP B13
 Fig. 1. The concept of vehicle family accord the Swedish project SEP B13

Pojazdy różnią się przede wszystkim budową podwozia z zespołem napędowym (kołowe lub gąsienicowe). Moduł kierowania ma budowę zbliżoną w pojeździe kołowym i gąsienicowym,

podobne wyposażenie wnętrza, a różnica w budowie wynika głównie z ukształtowania zespołu napędowego. Natomiast wyposażenie modułu użytkowego może być identyczne w pojeździe kołowym i gąsienicowym lub dostosowane do realizowanych zadań.

Efektom szwedzkiej koncepcji jest opracowana rodzina nowoczesnych pojazdów kołowych i gąsienicowych z elektryczno-spalinowym, hybrydowym zespołem napędowym, przy czym zastosowanie gumowych gąsienic pozwoliło na znaczne zmniejszenie hałasu wewnętrznego i zewnętrznego podczas jazdy pojazdu (rys. 2b).

a)



b)



Rys. 2. Prototypy pojazdów projektu SEP B13: a – kołowego, b – gąsienicowego
Fig. 2. Vehicle prototypes of the SEP B13 project: a- wheeled, b – tracked

W kołowym pojeździe bojowym Boxer, Niemcy przyjęli rozwiązanie dwumodułowe, łącząc na trwałe moduł podwozia i napędu z przedziałem załogi (kierowania). Wymienialny jest tylko moduł użytkowy pojazdu natomiast podwozie z układem napędowym pozostaje takie samo (rys. 3).



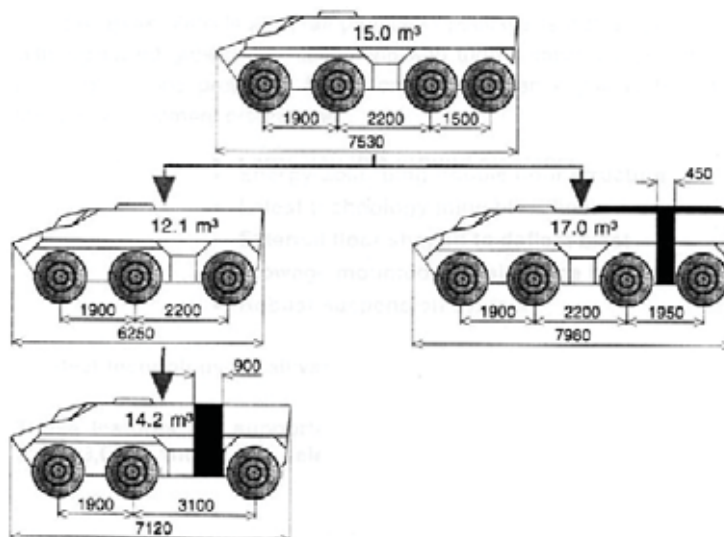
Rys. 3. Modułowa budowa pojazdu Boxer
Fig. 3. Modular structure of the Boxer vehicle

Hałas wewnątrz takiego pojazdu jest mniejszy niż przy pojeździe jednoczęściowym, a jednocześnie lepsza jest osłona załogi przed wybuchami min dennych i ładunków improwizowanych. Pojazd jest solidnie opancerzony, o masie przewyższającej znacznie 30 ton. Nie ma on właściwości pokonywania przeszkód wodnych w pław, a może być przewożony jedynie za pomocą promów lub poruszać się po mostach.

Modułowość wewnętrzna pojazdu polega na zmianie objętości wnętrza pojazdu, zespołów podwozia oraz zastosowania modułowego wyposażenia bojowego pojazdu oraz jego osprzętu.

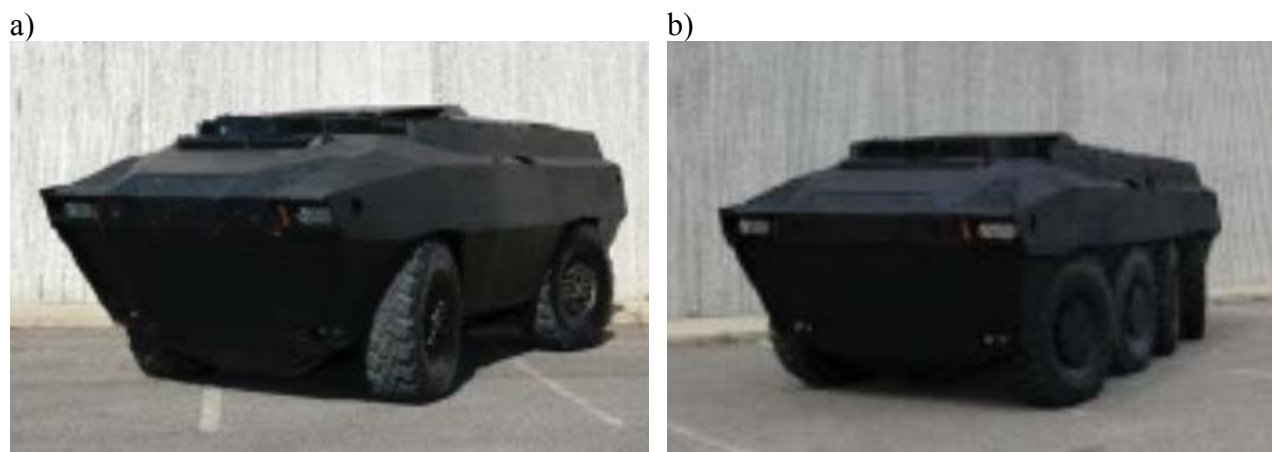
Często także stosuje się ten sam lub podobny zespół napędowy. Silnik trwale połączony z układem chłodzenia oraz skrzynią biegów tworzy zintegrowany zespół napędowy (tzw. „Power Pack”), który łatwo i szybko może być wymieniony w przypadku jego uszkodzenia. Zunifikowane są także inne zespoły wyposażenia pojazdu co ułatwia naprawy uszkodzonych pojazdów metodą wymiany uszkodzonych zespołów, odzyskiwanych z różnie uszkodzonych pojazdów.

Na rysunku 4 przedstawiono przykład możliwości rozbudowy pojazdu bazowego 8x8 poprzez wstawianie lub usuwanie moduły, zwiększające objętość wewnętrzną pojazdu, przy zachowaniu dużej zgodności konstrukcyjnej pojazdów mniejszych z pojazdami dużymi.



Rys. 4. Przykład modułowości wewnętrznej pojazdu
 Fig. 4. Examples of internal vehicles modularity

W praktyce metodę tę zastosowano w wielu rozwiązaniach kołowych transporterów opancerzonych. Na przykład turecki pojazd PARS jest proponowany w wielu wersjach, od pojazdu dwuosiowego 4x4 do pojazdu czterosiowego 8x8 (rys. 5). Zastosowane w tym pojeździe wszystkie koła kierowane zmniejszają promień skrętu lecz mogą utrudniać uzyskanie odpowiedniej stabilności poruszania się pojazdu przy dużej prędkości jazdy. W innych transporterach stosuje się na ogół tylko część kół kierowanych, a zmniejszenie promienia skrętu pojazdu można uzyskać przez przyhamowanie kół z jednej strony, podobnie jak przyhamowanie gąsienicy w pojeździe gąsienicowym.

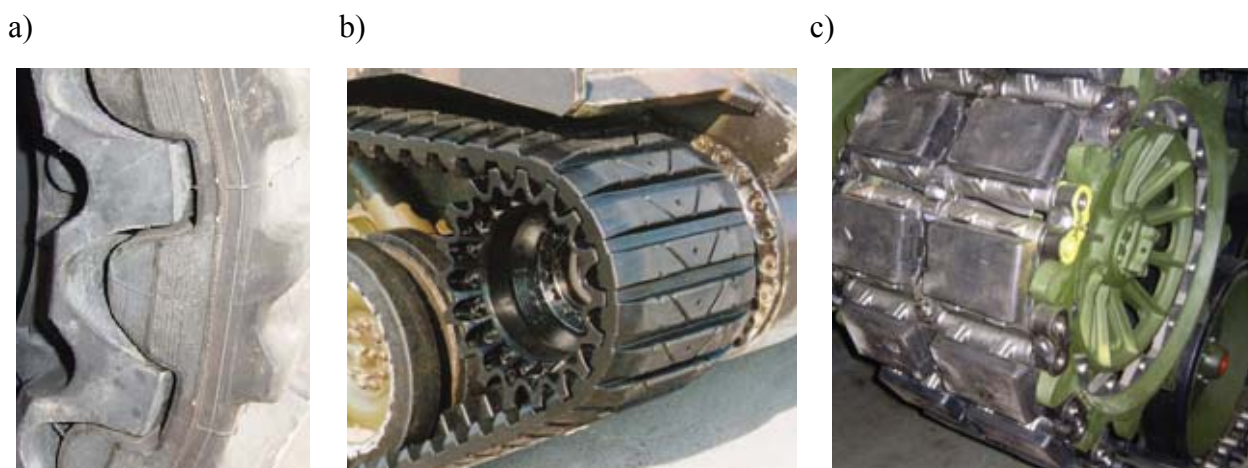


Rys. 5. Opancerzone transportery PARS GPV: a) w układzie 4x4, b) w układzie 8x8
 Fig. 5. Turkish armoured vehicles PARS GPV: a) configuration 4x4, b – configuration 8x8

Modułowość wewnętrzna umożliwia uzyskanie całych rodzin pojazdów, takich jak na przykład AMV Patria 6x6 i 8x8, Pandur 6x6 i 8x8 lub transporterów Piranha 6x6, 8x8, a nawet 10x10.

Modułowa budowa pojazdu ułatwia tworzenie rodziny pojazdów na podwoziach kołowych i gąsienicowych, podobnie jak pojazdy szwedzkie SEP B13. Jakkolwiek niektórzy specjaliści wyrażają opinię o zdecydowanej przewadze napędu kołowego nad gąsienicowym, to jednak podwozie gąsienicowe jest bezkonkurencyjne na podłożu miękkim. Zmniejsza ono znacznie naciski jednostkowe zapobiegając ugrzęźnięciu pojazdu tam gdzie nie mógłby przejechać pojazd kołowy.

Zastosowanie podwozi gąsienicowych rodzi szereg problemów przy zwiększonej prędkości pojazdu, zarówno podczas jazdy na wprost jak również podczas skręcania pojazdu. Wynika to głównie z masy gąsienic metalowych i sposobu ich łączenia. Ponadto podczas szybkiej jazdy pojazdu gąsienicowego powstaje hałas uciążliwy dla załogi, a także przyspieszone niszczenie nawierzchni dróg, szczególnie o nawierzchni asfaltowej, nawet jeżeli gąsienice mają gumowe nakładki. Dlatego prowadzone są intensywne prace nad gąsienicami całkowicie gumowymi celem ich zastosowania w wielu prototypach pojazdów przyszłości (rys. 6). Ich wadą jest nadal znaczna odkształcalność taśm gąsienicowych przy dużej prędkości jazdy, powodująca znaczne jej ograniczenie. Z tego powodu w prototypie niemieckiego wozu bojowego Puma gąsienice lekkie metalowe Diehla z nakładkami metalowymi o masie zmniejszonej o $\frac{1}{4}$ w stosunku do standardowych gąsienic metalowych (rys. 6.c).



Rys. 6. Przykłady rozwiązań gąsienic do współczesnych pojazdów:

a – amerykańskiego Lancer, b - francuskiego AMX10P, c – niemieckiego pojazdu Puma

Fig. 6. Prototypes of tracks of modern vehicles: *a – the American Lancer, b – the French AMX10P, c – the Germans vehicle Puma*

Zalety podwozi gąsienicowych oraz możliwość zastosowania w przyszłości gąsienic gumowych jako standardowego wyposażenia pojazdów wojskowych umożliwia tworzenie całych klas pojazdów na podwoziach kołowych i gąsienicowych. Przykładem mogą być francuskie koncepcje rozwiązań pojazdów opancerzonych w grupie pojazdów ciężkich, klasy 20 ton (z dodatkowym opancerzeniem masa ich może wzrosnąć do 24 ton). Dla pojazdów tej grupy, oznaczonej symbolem EB20 zaliczono:

- pojazdy kołowe o układzie kół 6x6 i masie własnej 15,5 tony oraz masie maksymalnej 19,9 tony z dopancerzeniem,
- pojazdy o układzie kół 8x8 o masie własnej 17,7 tony i maksymalnej 22 tony,
- pojazdy gąsienicowe o masie własnej 15,6 tony i maksymalnej 20,6 tony (rys. 7).

Z podawanych wartości masy własnej wynika, że pojazdy gąsienicowe byłyby budowane przy wykorzystaniu nadwozi pojazdów kołowych 6x6, a zbliżone wartości masy pojazdów kołowych i gąsienicowych świadczą o znacznie zredukowanej masie gąsienicowego zespołu jezdnego.

Definiując swoje wymagania odnośnie klas pojazdów Francuzi zrezygnowali z ich pływalności, która wiąże się z koniecznością uzyskania odpowiedniej wyporności pojazdu, a tym samym zwiększoną objętością nadwozia. Nie wszystkie pojazdy muszą pływać, albowiem znaczenie operacji desantowych oraz frontального pokonywania przeszkody wodnej maleje na rzecz operacji desantowo-powietrznych. Jednocześnie rozwój zaplecza logistycznego zwiększa możliwości przeprawy zasadniczych sił po prowizorycznych mostach i za pomocą promów. Nie powinno to oznaczać całkowitej rezygnacji z wykorzystywania amfibii w składzie wojska, szczególnie w oddziałach szturmowych.

Rezygnacja z warunku pływalności pojazdów umożliwiła natomiast ograniczenie szerokości pojazdów do 2,5 m i ułatwienia w ich samodzielnym poruszaniu się po drogach.

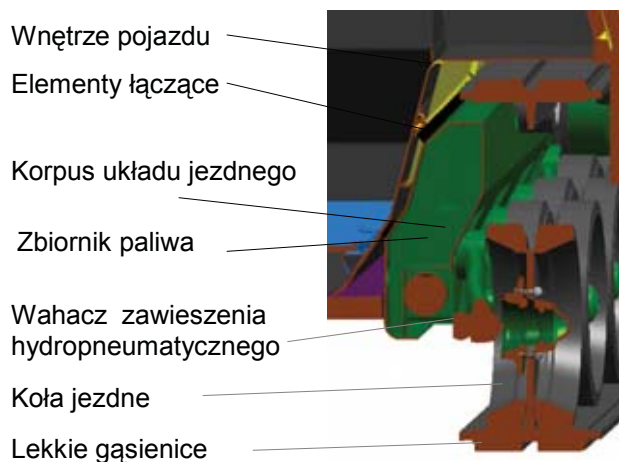


Rys. 7. Koncepcja unifikacji francuskich pojazdów opancerzonych klasy 20 ton (EB20IS)
 Fig. 7. The concept of unification of French armoured vehicles class 20 ton (EB20IS)

Budowa modułowa pojazdów dotyczy także zespołów stosowanych w budowie jednego rodzaju pojazdu. Przykładem mogą być rozwiązania niemieckiego wozu bojowego PUMA [4].

W pojeździe PUMA zastosowano między innymi modułowe podwozie, hybrydowy zespół napędowy (tzw. Power Pack), modułowe dopancerzenie pojazdu (pojazdy są zaprojektowane w lżejszej wersji A przeznaczonej do transportu powietrznego i mocniej opancerzonej wersji C – bojowej). Pojazd porusza się na dwóch niezależnych, oddzielnie łączonych z pojazdem modułowych zespołach jezdnych z hydropneumatycznym zawieszeniem kół. Takie oddzielenie podwozia od reszty pojazdu pozwoliło na zmniejszenie wibracji i hałasu w przedziale załogi o blisko 90 % (rys. 8).

a)



b)



Rys. 8. Zintegrowane moduły gąsienicowe pojazdu PUMA: a - przekrój zespołu jezdnego, b - widok pojazdu i dwóch modułów zespołu jezdnego

Fig. 8. Integrated tracked modules for PUMA vehicle: a – cross-section of suspension units, b – picture of the vehicle and two suspension units

W pojeździe PUMA zastosowano nową generację silników MTU serii 890 o dużej koncentracji mocy, z wysokociśnieniowym układem wtryskowym typu Common Rail oraz korpusem silnika ze stopów lekkich, co obniżyło masę zespołu napędowego o ok. 60 %.

W wersji dodatkowo opancerzonej (tzw. poziom osłony C) pojazd jest chroniony dodatkowo przez osłony boczne i pa



*Rys. 9. Dopancerzenie modułowe pojazdu PUMA
Fig. 9. The Additional modular armour for PUMA vehicle*

O wiele większe możliwości dowolnego kształtowania wnętrza pojazdu przez stosowanie różnorodnych modułowych zespołów wynikają z zastosowania napędu hybrydowego. Brak mechanicznego połączenia silników elektrycznych napędzających koła od źródeł energii mechanicznej umożliwia dowolne rozmieszczanie zespołów: wytwarzania energii (np. silniki spalinowe lub ognia paliwowe), akumulacji energii oraz silników napędowych. Jest to szczególnie widoczne gdy silniki elektryczne są umieszczane w kołach pojazdu, eliminuje to cały układ wałów, przekładni i mechanizmów różnicowych, co można zauważyć na rysunku 10. Jednak rośnie wtedy masa nieresorowana pojazdu, wymagająca wzmocnionego zawieszenia kół jezdnych.

Przykładem takiego uniwersalnego rozwiązania pojazdu modułowego jest pojazd amerykański AHED 8x8, który może być adaptowany do wielu zadań (rys. 10a):

- jako laweta do ciężkiego uzbrojenia, na przykład z działem dużego kalibru,
- wóz bojowy, lżej uzbrojony, ale przystosowany do transportu desantu,
- pojazd transportowy do zastosowań wojskowych i cywilnych.

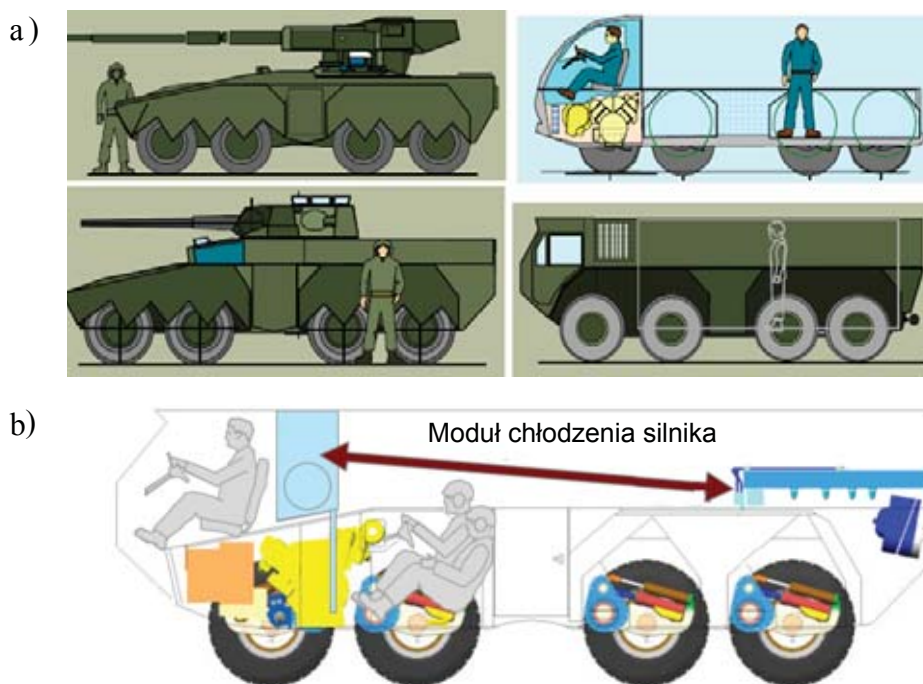
W wersji bojowej kierowca i dowódca pojazdu znajdują się nisko za silnikiem dającym dodatkową osłonę. Pojazd jest niższy niż jego wersja transportowa z kabiną kierowcy nad silnikiem. Zmieniony jest także moduł układu chłodzenia. W wersji transportowej jest umieszczony za kabiną kierowcy, a w wersji bojowej w tylnej części pojazdu. Zintegrowany z układem rozpraszania gorącego powietrza i spalin, umożliwia znaczne zmniejszenie śladu cieplnego pojazdu.

3. Podsumowanie

Przedstawione w referacie koncepcje modułowej budowy przyszłych wozów bojowych świadczą o ogólnoświatowym kierunku rozwoju modułowych pojazdów bojowych, które przy odpowiednio wysokich parametrach użytkowych, mogłyby być produkowane jak najtaniej, przy możliwie największej unifikacji ich części i zespołów oraz zastosowaniu standardowego wyposażenia. Zapewnia to także maksymalne zwiększenie podatności remontowej

i modernizacyjnej pojazdów, a tym samym utrzymanie w linii maksymalnej liczby nowoczesnych i w pełni sprawnych pojazdów.

Posiadanie w miarę jednorodnej rodziny pojazdów pozwala także na stopniowe ich unowocześnianie i modernizację. Dotyczy to na przykład zastosowania w przyszłości aktywnego zawieszenia na bazie zawieszenia hydropneumatycznego, a także hybrydyzacji ich układów napędowych. Takie kierunki rozwoju konstrukcji platform zostały określone również jako priorytetowe do rozwiązania w ramach EDA (European Defence Agency).



Rys. 10. Wersje pojazdu AHED8x8: a – wersje użytkowe, bojowe i transportowe, b – rozmieszczenie zespołów wewnętrznych w wersji bojowej (kierowca za silnikiem) oraz transportowej (kierowca nad silnikiem)
 Fig. 10. Versions of AHED 8x8 vehicle: a – utility, fighting and transport version, b – spacing of internal units in fighting version (driver beyond the engine) and transport version (driver above the engine)

Literatura

- [1] Carrier-Marquis, B., Lemaire J., *Capability Approach used in the Technical & Operational Study Typology of Future Armoured Vehicles*, EDA Workshop, Brussels January 2006.
- [2] Lindstrom, R. O., Falk, A., *RTP 16.02 All Electric Vehicle*. 5th Int. Conf. On All-Electric Combat Vehicles, Angers, 2003.
- [3] Trzaska, T., *Advanced Hybrid Electric Wheel Drive 8x8 Vehicle Programme*. 4th Int. Conf. on All-Electric Combat Vehicles, Noordwijkerhout, 2001.
- [4] *The Project Armoured Infantry Fighting Vehicle PUMA*, Wehrtechnischer Report 1/2006.