

Piotr WOCKA

## WPLYW ROZMIESZCZENIA UKŁADU NAPĘDOWEGO NA KONFIGURACJE BOJOWYCH WOZÓW GĄSIENICOWYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono problematykę umiejscowienia układu napędowego i wpływ jego doboru na konstrukcję i konfigurację bojowych wozów gąsienicowych. Konfiguracje układów napędowych ze względu na gabaryty i masę wywierają decydujący wpływ na podstawowe elementy wozów bojowych, między innymi w zakresie ochrony załogi, uzbrojenia oraz mobilności.

**Słowa kluczowe:** układ napędowy, ochrona załogi, masa wozu, parametry trakcyjne.

### 1. WSTĘP

Konfigurację gąsienicowego wozu bojowego, jego masę i gabaryty w największym stopniu określa jego podwozie. We współczesnych podwoziach bojowych wozów gąsienicowych istnieje szereg różnych rozwiązań konstrukcyjnych i konfiguracji [1], [3]. Wybór zastosowanej konfiguracji określającej podwozie uzależniony jest od wielu czynników i wymagań jakie powinien spełnić i zapewnić wóz jako całość. Na konfigurację podwozia w największym stopniu wpływa przedział napędowy i zastosowany w nim układ napędowy. Ze względu na duże gabaryty i masę układu napędowego, wybór i jego orientacja w podwoziu determinuje konfigurację wozu. W zależności od położenia przedziału napędowego, który może znajdować się z przodu lub z tyłu podwozia, pozostałe przedziały i moduły wozu bojowego muszą zostać odpowiednio dostosowane do przyjętej konfiguracji. Układ napędowy może zajmować nawet do ok. 40% przestrzeni podwozia

W odniesieniu do wymagań dla określonego typu wozu oraz biorąc pod uwagę istniejące konstrukcje pojazdów bojowych, w tym czołgów [1], [3], należy przyjąć, że w celu zapewnienia możliwości ograniczenia masy maksymalnej, zapewnienia masowego zapasu modernizacyjnego oraz osiągnięcia jak najmniejszych gabarytów wozu, konstrukcja gąsienicowego wozu bojowego powinna opierać się na podwoziu z jak najlżejszym i najmniejszym gabarytowo układem napędowym.

Obecnie w dobie modernizacji sprzętu i wyposażenia Sił Zbrojnych RP oraz przy braku dostępnych rozwiązań krajowych konieczne jest pozyskanie lub opracowanie rozwiązań i konfiguracji zespołów napędowych do istniejących i nowo projektowanych bojowych pojazdów gąsienicowych [4], [5], [6]. Możliwości doboru układu napędowego i jego umiejscowienie w podwoziu są jednymi z najważniejszych zagadnień zarówno w projektach nowych gąsienicowych wozów bojowych, jak i w rozważaniach i koncepcjach dotyczących modernizacji wozów istniejących [2].

### 2. KONFIGURACJA GĄSIENICOWEGO WOZU BOJOWEGO

Wymagania określone dla gąsienicowego wozu bojowego, takie jak: masa całkowita, typ uzbrojenia, poziom ochrony załogi, determinują jego konfigurację oraz pozwalają wyróżnić zespoły, przedziały i moduły. Dla czołgów można je podzielić w sposób następujący:

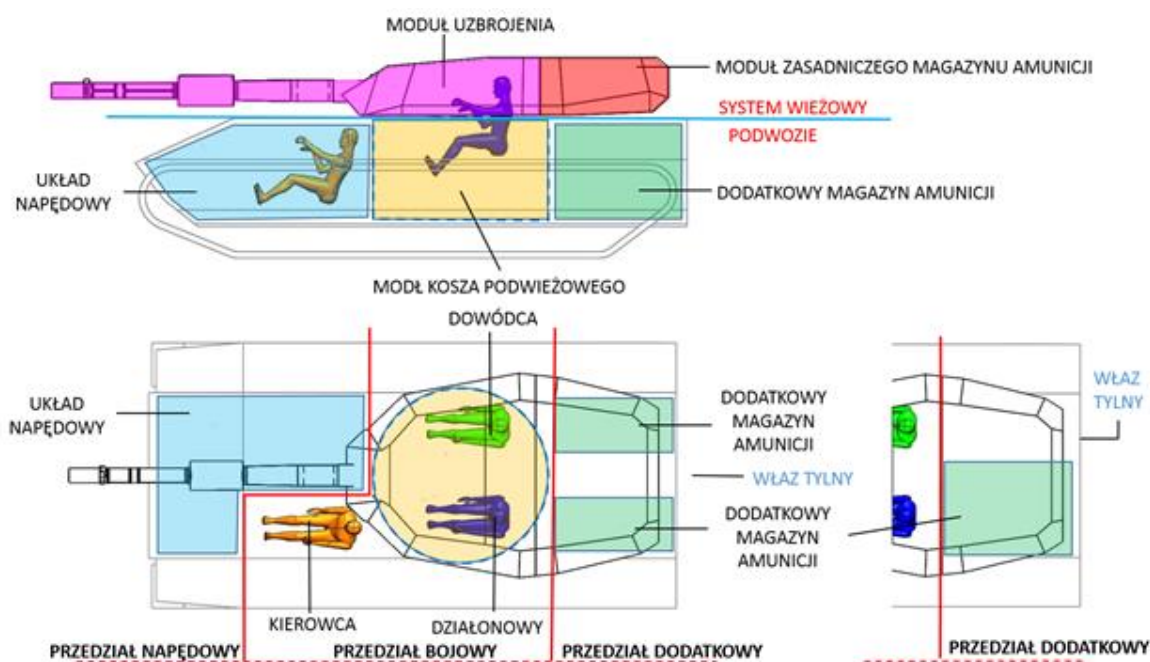
- podwozie;
- przedział napędowy;

- przedział amunicyjny;
- przedział bojowy / przedział załogowy;
- system wieżowy;
- moduł uzbrojenia;
- moduł magazynu amunicji;
- moduł kosza pod wieżowego.

W zależności od położenia przedziału napędowego, który może znajdować się z przodu lub z tyłu podwozia, pozostałe przedziały i moduły czołgu muszą zostać odpowiednio dopasowane do przyjętej konfiguracji.

## 2.1 Układ napędowy z przodu

Dla wariantu z układem napędowym umieszczonym z przodu obecnie najczęściej stosuje się rozwiązania oparte na konfiguracji układu napędowego typu „L”, gdzie skrzynia przekładniowa umieszczona jest poprzecznie a silnik umieszczony jest wzdłużnie za skrzynią przekładniową. W tej konfiguracji pomimo że oś wału silnika przesunięta jest względem osi wozu, konieczne jest zapewnienie przestrzeni dla kierowcy co determinuje szerokość podwozia.



**Rys. 1. Ogólny układ konstrukcyjny gąsienicowego wozu bojowego z przedziałem napędowym z przodu**

Do zalet tego wariantu należy zaliczyć możliwość zastosowania dodatkowego wjazdu dla załogi z tyłu podwozia, pozwalającego na bezpieczną ewakuację załogi, także w razie jego wywrócenia. Umieszczenie układu napędowego z przodu daje możliwość zastosowania osobnego magazynu amunicji dodatkowej w tylnej części podwozia. Zastosowanie układu napędowego w przedniej części podwozia pozytywnie wpłynie na żywotność gąsienic, szczególnie elastomerowych. Do wad tej konfiguracji należy zaliczyć skoncentrowanie masy układu napędowego z przodu co ma wpływ na parametry trakcyjne (pokonywanie wszelkich przeszkód terenowych). Miejsce kierowcy posiada ograniczoną przestrzeń. Umieszczony z przodu zespół napędowy wymusza kształt i pochylenie płyty czołowej kadłuba podwozia -

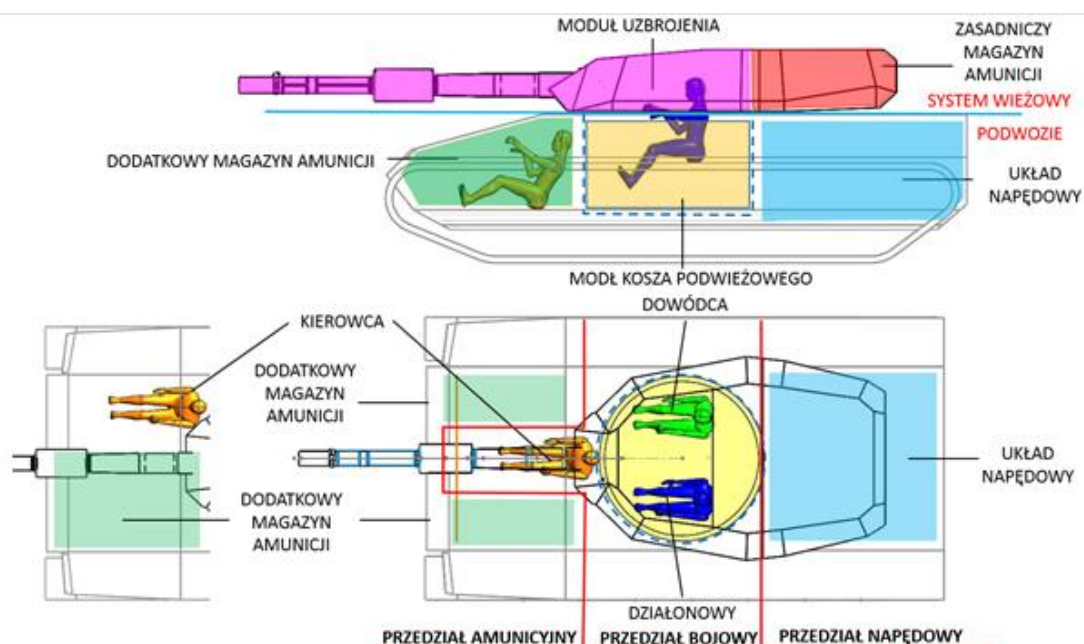
wraz ze zmniejszeniem pochylenia płyty czołowej zmniejsza się „pozorna” grubość pancerza. Dodatkowo niezbędna jest duża powierzchnia wlotu i wylotu powietrza do układu napędowego, co wymusza konieczność opancerzenia wewnętrznych ścian przedziału napędowego i wzrost masy. Położenie zespołu napędowego wymusza również przesunięcie systemu wieżowego do tyłu wozu. Jednocześnie uzbrojenie główne, np. armata, musi być wyżej osadzone, aby zapewnić ruch w płaszczyźnie elewacji w zakresie kątów ujemnych, co zwiększa całkowitą wysokość wozu. Sygnatura termiczna wozu, której głównym źródłem jest układ napędowy umieszczony z przodu, znacznie ułatwia jego wykrycie i namierzenie w warunkach bojowych.



**Rys. 2. Obraz z kamery termowizyjnej wozu bojowego z układem napędowym z przodu**

### **2.2. Układ napędowy z tyłu**

Dla wariantu wozu z układem napędowym umieszczonym z tyłu, należy przyjąć do analizy rozwiązanie oparte na konfiguracji układu napędowego typu „U”, tj. z silnikiem umieszczonym równolegle do skrzyni przekładniowej. Konfiguracja taka pozwoli zapewnić niezbędną ilość miejsca, a także nie ograniczy przestrzeni w przedniej części wozu. Stosowana jest również konfiguracja układu napędowego typu „T” z silnikiem umieszczonym prostopadle do skrzyni przekładniowej, jednak ze względu na gabaryty i masę możliwość jej zastosowania jest bardzo ograniczona. Zapewnienie wymaganej przestrzeni kierowcy, przy konfiguracji układu napędowego umieszczonego z tyłu, nie wpływa na szerokość wozu.



**Rys. 3. Ogólny układ konstrukcyjny gaśienicowego wozu bojowego z przedziałem napędowym z tyłu**

Umieszczenie zespołu napędowego z tyłu wozu korzystnie wpływa na jego parametry trakcyjne w aspekcie pokonywania przeszkód terenowych. W tym wariancie kierowca może mieć znacznie więcej miejsca i jego stanowisko nie determinuje szerokości wozu. Umieszczenie zespołu napędowego z tyłu pozwala również na ograniczenie wysokości przedniej części podwozia oraz na odpowiednie pochylenie płyty czołowej kadłuba podwozia, co istotnie wpływa na poziom ochrony balistycznej załogi i umożliwia redukcję masy kadłuba - wraz ze wzrostem pochylenia płyty czołowej wzrasta „pozorna” grubość pancerza. Takie położenie zespołu napędowego umożliwia przesunięcie systemu wieżowego do przodu wozu a tym samym ruch, np. armaty w płaszczyźnie elewacji, nie jest ograniczony przez kadłub. W warunkach bojowych zdecydowaną zaletą układu napędowego umieszczonego z tyłu jest ograniczenie widma termicznego wozu, dzięki czemu trudniejsze jest jego wykrycie oraz namierzenie. Do wad tego rozwiązania trzeba zaliczyć brak dodatkowego wjazdu ewakuacji załogi. Istnieje wtedy możliwość ewakuacji jedynie poprzez wjazdy podstawowe podwozia i systemu wieżowego. Dodatkowo przy zastosowaniu napędu gaśienic poprzez koła tylne, zmniejsza się ich żywotność, szczególnie dla gaśienic elastomerowych.



**Rys. 4. Obraz z kamery termowizyjnej wozu bojowego z układem napędowym z tyłu**

Wpływ umiejscowienia układu napędowego w podwoziu na cechy i parametry wozu przedstawiono w tabeli poniżej.

**Tablica 1.** Wpływ umiejscowienia układu napędowego na konfigurację i parametry wozu.

Główne parametry związane z konfiguracją	Umiejscowienie układu napędowego w podwoziu wozu	
	przód	tył
<b>Zastosowanie</b>	BWP, armatohaubice, lekkie wozy bojowe, wozy specjalne.	Czołgi, wozy inżynieryjne, wozy zabezpieczenia technicznego.
<b>Stosowane konfiguracje układów napędowych typu power-pack</b>	Układ „L” prawostronny lub lewostronny	Układ „T” lub „U”
<b>Przeniesienie napędu</b>	Ograniczone falowanie górnej części gaśnicy i możliwość ograniczenia ilości lub eliminacja rolek podtrzymujących. Większa trwałość kół napędowych i gaśnic. Konieczność stosowania rozbudowanych przekładni bocznych. Mniejsze obciążenia układu napinania gaśnic.	Falowanie górnej części gaśnicy wymusza stosowanie rolek podtrzymujących. Mniejsza trwałość kół napędowych i gaśnic. Możliwość stosowania mniejszych, współosiowych przekładni bocznych. Większe obciążenia układu napinania gaśnic.
<b>Rozmieszczenie stanowisk i wpływ na załogę</b>	Stanowisko kierowcy tylko po lewej lub prawej stronie wozu i przesunięte do tyłu wozu. Ograniczona przestrzeń i pole obserwacji kierowcy. Zwiększony wpływ oddziaływania hałasu i wysokiej temperatury silnika na przedział załogi, w szczególności na kierowcę.	Położenie stanowiska kierowcy dowolne na całej szerokości przedniej części kadłuba wozu. Duża przestrzeń i pole obserwacji kierowcy. Możliwość ograniczenia oddziaływania hałasu i wysokiej temperatury silnika na przedział załogi.
<b>Rozmieszczenie amunicji w podwoziu</b>	Tylko w tylnej części, za stanowiskami załogi. Możliwe wydzielenie przedziału amunicji.	Tylko w przedniej części, obok lub między stanowiskami załogi. Ograniczona możliwość wydzielenia przedziału amunicji.
<b>Ochrona wozu</b>	Utrudniona ze względu na dużą powierzchnię pokrywy układu napędowego. Konieczność zastosowania opancerzonej przegrody przedziału napędowego. Układ napędowy narażony na uszkodzenie. Możliwość łatwego unieruchomienia wozu przez przeciwnika.	Jednolita konstrukcja pozwala na zoptymalizowanie konfiguracji i zapewnienie wymaganej ochrony. Ograniczona możliwość uszkodzenia układu napędowego. Utrudniona możliwość unieruchomienia wozu przez przeciwnika.
<b>Kadłub</b>	Wysoki zarys przedniej części kadłuba podwozia.	Niski zarys przedniej części kadłuba podwozia.
	Kształt przedniej części wymuszony kształtem układu napędowego.	Kształt przedniej części możliwy do dopasowania wg potrzeb.
<b>Masa i gabaryty</b>	Wysokość i szerokość wozu zdeterminowana przez wysoki układ napędowy. Niekorzystne położenie środka masy podwozia w przedniej części wozu. Powiększona masa opancerzenia przedniej części.	Położenie środka masy podwozia równoważone przez układ napędowy i opancerzenie przedniej części podwozia.
<b>Wykrycie i namierzenie</b>	Skupienie sygnatury termicznej w przedniej części ułatwia wykrycie i namierzenie przez przeciwnika.	Skupienie sygnatury termicznej w tylnej części utrudnia wykrycie i namierzenie przez przeciwnika.

<b>System wieżowy</b>	Konieczne przesunięcie do tylnej części wozu, ograniczony ujemny kąt ostrzału armaty do przodu. Nierównomierne parametry prowadzenia ostrzału w zakresie 360°.	Możliwe umieszczenie na środku podwozia. Równomierne parametry prowadzenia ostrzału w zakresie 360°.
<b>Włazy i ewakuacja</b>	Poza włazem kierowcy możliwość zastosowania dodatkowego włazu w tylnej części podwozia, możliwość wyeliminowania włazu ewakuacyjnego w dnie wozu.	Poza włazem kierowcy możliwość zastosowania jedynie włazu ewakuacyjnego w dnie wozu.

### 3. ANALIZA WIELOKRYTERIALNA

Do przeprowadzenia oceny doboru umiejscowienia układu napędowego w bojowym wozie gaśnicowym, należy przeprowadzić analizę cech, które determinują jego konfigurację. Przeprowadzane analizy pozwalają na wskazanie rozwiązania optymalnego, jednak nie determinują ostatecznego jego wyboru, pozostawiając możliwość wyboru rozwiązań alternatywnych, uzależnionych od ewentualnych wymagań specjalnych. Poza rozmieszczeniem głównych komponentów i zespołów - ocenie podlegało także rozmieszczenie magazynów amunicji, możliwości ewakuacji załogi oraz gabaryty wozu i związany z nimi transport.

W celu wskazania najlepszego teoretycznego rozwiązania konstrukcji i konfiguracji gaśnicowego wozu bojowego, została przeprowadzona analiza wielokryterialna obejmująca najważniejsze cechy i parametry wpływające na jego konfigurację. Analiza dotyczy przykładowego, teoretycznego czołgu.

Skala szacowania spełnienia kryteriów przez dane rozwiązanie:

- 0 – rozwiązanie nie spełnia podanego kryterium
- 1 – rozwiązanie spełnia kryterium w nieznacznym stopniu
- 2 – rozwiązanie spełnia kryterium w umiarkowanym stopniu
- 3 – rozwiązanie w pełni spełnia kryterium.

**Tablica 2.** Kryteria przyjęte do analizy i sposób ich oceny.

Kryterium		Ocena			
		0	1	2	3
<b>K1</b>	Masa podstawowych komponentów, t	>18,5	17,5÷18,5	16,5÷17,5	<16,5
<b>K2</b>	Szerokość wozu, mm	>3600	3501÷3600	3401÷3500	<3400
<b>K3</b>	Możliwość transportu, mm	>3290	3201÷3290	3101÷3200	<3100
<b>K4</b>	Ewakuacja	1 właz	2 włazy	3 włazy	>3 włazy
<b>K5</b>	Zastosowanie gaśnic elastomerowych	Całkowity brak możliwości	Częściowa możliwość	Możliwość z ograniczeniami	Pełna możliwość
<b>K6</b>	Pokonywanie przeszkód	Całkowity brak możliwości	Częściowa możliwość	Możliwość z ograniczeniami	Pełna możliwość
<b>K7</b>	Pochylenie płyty czołowej	Brak możliwości doboru kąta	Ograniczona możliwość doboru kąta	Częściowa możliwość doboru kąta	Swobodna możliwość doboru kąta

<b>K8</b>	Stanowisko kierowcy	Brak miejsca	Ograniczone miejsce i brak możliwości aranżacji	Ograniczone miejsce i możliwość swobodnej aranżacji	Dostępne miejsce i możliwość swobodnej aranżacji
<b>K9</b>	Wysokość wozu, mm	>2700	2651÷2700	2551÷2650	<2550
<b>K10</b>	Położenie i ochrona dodatkowego magazynu amunicji w podwoziu	Brak miejsca, brak możliwości aranżacji	Ograniczone miejsce i brak możliwości aranżacji	Ograniczone miejsce i możliwość swobodnej aranżacji	Dostępne miejsce i możliwość swobodnej aranżacji

**Tablica 3.** Analiza wielokryterialna wybranych cech gąsienicowego wozu bojowego na przykładzie czołgu.

Kryterium porównawcze	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	Waga kryterium	Umiejscowienie układu napędowego		Wartość maksymalna
												Przód	Tył	
K1		0,75	1	0,5	0,75	1	1	0,75	0,75	0,75	7,50	2	3	3
K2	0,25		0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	3	1	2	3
K3	0	0,5		0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	2	0	0	3
K4	0,5	0,75	1		0,25	0,5	0,75	0,5	0,5	0,75	5,5	3	2	3
K5	0,25	0,5	0,75	0,75		0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	5,25	3	2	3
K6	0	0,75	0,75	0,5	0,25		0,75	0,5	0,5	0,5	4,5	2	3	3
K7	0	0,75	0,75	0,25	0,5	0,25		0,75	0,5	0,5	4,25	2	3	3
K8	0,25	0,75	0,75	0,5	0,25	0,5	0,25		0,5	0,5	4,25	1	3	3
K9	0,25	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	4,5	2	3	3
K10	0,25	0,75	0,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		4,5	3	2	3
<b>Suma punktów</b>												<b>94,5</b>	<b>111,5</b>	<b>135,75</b>
<b>Wskaźnik</b>												<b>70%</b>	<b>82%</b>	<b>100%</b>

#### 4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie rozważań i przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że dla bojowych wozów gąsienicowych umiejscowienie układu napędowego wynika z wymagań określonych dla danego typu wozu i jednocześnie w decydujący sposób wpływa na konfigurację i konstrukcję całego wozu. W konstrukcjach czołgów zdecydowana większość rozwiązań oparta jest na zastosowaniu układu napędowego w tylnej części podwozia. W wozach typu BWP, armatohaubice [1], [3] oraz tam gdzie ze względu na wymagania konieczne jest zapewnienie miejsca dla załogi lub wyposażenia - cechy i przyjęte kryteria wskażą zastosowanie układu napędowego, umieszczonego w przedniej części podwozia wozu. Przedstawiony sposób oceny i weryfikacji rozwiązań rozmieszczenia układu napędowego, wraz z wynikami analizy wielokryterialnej, może być wykorzystany w ośrodkach naukowych, np. w ramach tematyki projektów nowo opracowywanych rozwiązań bojowych wozów gąsienicowych, wg 4 Konkursu z obszaru Bezpieczeństwa i Obronności, finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie.

## 5. LITERATURA

- [1] Richard M. Ogorkiewicz, Technology of Tanks, Jane's Information Group, 1991.
- [2] S.S. Burov, Konstrukcja i rozwój czołgów, Moskwa, 1973.
- [3] W. Merhof, E.-M. Hackbarth, Fahrmechanik der Kettenfahrzeuge, 2015, ISBN: 978-3-943207-13-2.
- [4] B. Stachura: Modułowe układy napędowe. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (36) nr 1/2015. ISSN: 0860-8369. OBRUM sp. z o.o. Gliwice, marzec 2015.
- [5] M. Dąbrowski: Analiza kluczowych wymagań stawianych przed nowym czołgiem i BWP. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (32) nr 1/2013. ISSN: 0860-8369. OBRUM sp. z o.o. Gliwice, marzec 2013.
- [6] A. Mężyk, K. Skowron: Rozwój układów przeniesienia napędów w pojazdach gąsienicowych. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (31) nr 3/2012. ISSN: 0860-8369. OBRUM sp. z o.o. Gliwice, grudzień 2012.