

LESZEK ORŁOWSKI\*, PRZEMYSŁAW SIMIŃSKI\*, ZBIGNIEW ZIENOWICZ\*\*

**NOWA GENERACJA POJAZDÓW O HYBRYDOWYM,  
HYDROSTATYCZNYM UKŁADZIE NAPĘDOWYM****A NEW GENERATION OF VEHICLES WITH HYBRID,  
HYDROSTATIC DRIVING SYSTEM****Streszczenie**

Wymagania ochrony środowiska oraz ekonomika zużycia paliwa determinują rozwój nowej generacji pojazdów o napędach hybrydowych, w tym: spalinowo-elektrycznych, spalinowo-hydrostatycznych, spalinowych – wielopaliwowych. W maszynach roboczych oraz w terenowych pojazdach specjalnych, w których potrzebna jest wysoka wartość siły napędowej, przy małej prędkości jazdy, korzystnym rozwiązaniem jest zastosowanie silników hydrostatycznych pracujących w układzie szeregowym (silnik spalinowy–pompa–silniki hydrostatyczne w kołach jezdnych). W ostatnich latach w Polsce firma Hydromega z Gdyni zbudowała, wraz z kooperantami oraz WITPiS, terenowy samochód Lewiatan 6×6, przeznaczony do zastosowań militarnych, a także cywilnych. W niniejszym artykule przedstawiono przesłanki opracowania pojazdu, opis jego budowy oraz ogólne rezultaty badań.

*Słowa kluczowe: pojazd terenowy, napęd hydrostatyczny*

**Abstract**

Requirements of environmental protection and economics of petrol consumption determine development of new generation vehicles on hybrids drives, include: combustion-electrics, combustion-hydrostatic, combustion-multi-petrol. In working machines and in special off-road vehicles where high value of driving force at small driving speed is needed, there is good solution which is application hydrostatic engines works in series. In recent years in Poland, Hydromega – firm from Gdynia along with co-operating party and WITPiS built off-road vehicle – Lewiatan 6×6, practicable in army or other civil services. The paper presents circumstances to work out the vehicle, specification and results of general tests.

*Keywords: off-road vehicle, hydrostatic drive*

\* Doc. dr inż. Leszek Orłowski, ppłk dr inż. Przemysław Simiński, Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej, Warszawa.

\*\* Dr inż. Zbigniew Zienowicz, Hydromega Sp. z o.o, Gdynia.

### 1. Przesłanki rozwoju oraz przeznaczenie

Główne przesłanki, które zadecydowały o podjęciu prac badawczo-rozwojowych nad pozyskaniem pojazdu o spaliniowo-hydrostatycznym układzie napędowym, są następujące:

1. Potrzeby techniczne, których nie spełniają obecne pojazdy i maszyny robocze, szczególnie własności, takie jak:
  - wytworzenie stosunkowo dużej wartości siły napędowej podczas ruszania z miejsca oraz przy małej prędkości ruchu, w sposób nieprzerwany i bez istotnego ograniczenia czasowego (np. przekładnia hydrokinetyczna pozwala uzyskać dużą wartość siły napędowej, lecz czas jej działania jest ograniczony nagrzewaniem się płynu roboczego),
  - możliwość płynnego i precyzyjnego regulowania siły napędowej w prosty sposób,
  - zapewnienie odnośnego poziomu przyczepności do podłoża (ograniczenie zjawiska tzw. zrywania przyczepności),
  - możliwość różnicowania (optymalizacji) poziomu wartości siły napędowej w zależności od prędkości ruchu (np. duża wartość siły napędowej – mała prędkość ruchu, następnie zmniejszenie wartości siły – proporcjonalnie do zmniejszenia oporów jazdy, przy ustalonej prędkości jazdy),
  - możliwość poruszania się pojazdem także po drogach publicznych, tak jak samochód użytkowy.
2. Wymagania ekonomiczne, które zazwyczaj ujawniają się w procesie wieloletniej eksploatacji. Elementami składowymi są: cena zakupu, koszty użytkowania, obsługiwanie i naprawiania oraz utylizacji. Istotne znaczenie mają czynniki żywotności pojazdu (z założeniem odpowiedniego poziomu sprawności technicznej i utrzymania parametrów roboczych). Kwestia oszczędnego zużycia paliwa i olejów ma coraz większe znaczenie ze względu na wzrastające ceny paliw płynnych.
3. Wymagania ochrony środowiska, które dotyczą bezpośrednio określonego poziomu czystości spalin, a pośrednio zastosowanych materiałów konstrukcyjnych oraz eksploatacyjnych i kosztów utylizacji.
4. Wymagania ergonomiczne, w tym ograniczony poziom hałasu, drgań oraz łatwość sterowania pojazdem.

Wstępne rozpoznanie rynkowe pozwoliło określić przyszłych użytkowników pojazdu. Kilka zastosowań zdefiniowały Siły Zbrojne RP, w tym:

- lekki, wielozadaniowy, pływający pojazd, przeznaczony do inżynierjno-saperskiego rozpoznania terenu (np. określenie przeszkód naturalnych lub sztucznych) oraz dla ratownictwa (np. w przypadkach uszkodzenia, ugrzęźnięcia lub obezwładnienia pojazdu bojowego – udzielenie pierwszej pomocy technicznej),
- lekka platforma lądowa jako nośnik określonego wyposażenia rozpoznawczego oraz uzbrojenia, głównie do celów zwiadowczych,
- autonomiczny (lub zdalnie sterowany) pojazd rozpoznania ogólnowojskowego w zagrożonych rejonach (w WAT prowadzone są prace rozwojowe nad systemem sterowania).

Natomiast państwowe służby cywilne wyraziły zainteresowanie pojazdem, który – w sytuacjach kryzysowych (klęski żywiołowe, katastrofy, awarie), zdarzających się w trudno dostępnym terenie – będzie mógł być wykorzystany do określenia stopnia zagrożenia, a także udzielenia pierwszej pomocy technicznej i medycznej.

Służby energetyczne (rurociągi, trakcje elektryczne) potrzebują pojazdu, który będzie mógł dowieźć ekipę naprawczą wraz ze sprzętem do miejsca awarii (konserwacji, obsługi

itd.), niezależnie od pory roku, warunków meteorologicznych, szczególnie przez bezdroża. Określone potrzeby mają także przedsiębiorstwa melioracyjne, geodezyjne, służby ochrony lasów, wód i in.

## 2. Opis budowy pojazdu

Pierwszy egzemplarz użytkowy pojazdu „Lewiatan” (Lekki Wielozadaniowy Pojazd Pływający) został opracowany przez firmę Hydromega Sp. z o.o. (konstrukcja oraz wykonawstwo techniczne wraz z kooperantami), przy udziale Wojskowego Instytutu Techniki Pancernej i Samochodowej (wymagania wojskowe oraz badania), przy wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Obecnie w firmie Hydromega budowany jest udoskonalony egzemplarz pojazdu.

Sylwetkę pojazdu przedstawiono na rysunku 1.

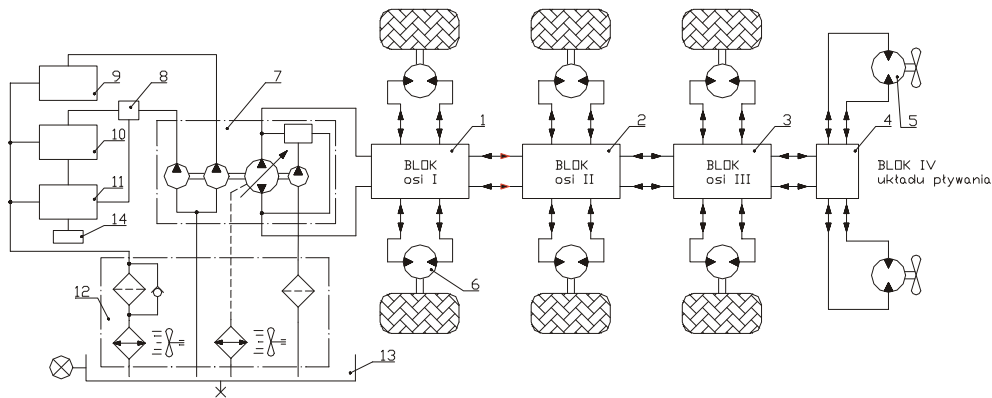


Rys. 1. Sylwetka pojazdu Lewiatan

Fig. 1. Profile of Lewiatan vehicle

Kadłub pojazdu jest wykonany ze spawanych blach stalowych i lekkich kształtowników (w wersji pływającej uszczelniony). W przedniej części usytuowano przedział sterowania (w tym 2 siedziska wraz z klatką bezpieczeństwa), część środkową zajmuje silnik wozu wraz z układami zasilającymi, a tylna część została przeznaczona na platformę ładunkową oraz montowanie sprzętu. Przewiduje się, że wg indywidualnych wymagań użytkownika pojazd będzie odpowiednio wyposażony w kabinę (nadwozie) oraz specjalistyczne wyposażenie.

Układ napędowy składa się z silnika wysokoprężnego, układu hydraulicznego oraz układu sterowania pracą silnika i napędu hydrostatycznego, a także 6-kołowego układu bieżnego z osadzonymi na półosiach silnikami hydrostatycznymi. Schemat układu napędowego przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat układu napędowego pojazdu Lewiatan: 1 – blok sterujący osi pierwszej, 2 – blok sterujący osi drugiej, 3 – blok sterujący osi trzeciej, 4 – blok sterujący układu pływania, 5 – silnik hydrauliczny napędu śruby pływania, 6 – silnik hydrauliczny napędu koła jazdy, 7 – zespół pomp zasilających z silnikiem spalinowym, 8 – blok priorytetowy rozdziału mocy, 9 – blok hydrauliczny układu kierowniczego, 10 – blok hydrauliczny układu hamulcowego, 11 – blok hydrauliczny zasilania urządzeń zewnętrznych, 12 – zespół chłodząco-filtrujący, 13 – zbiornik oleju, 14 – wyjście zewnętrzne do zasilania narzędzi hydraulicznych

Fig. 2. Diagram of power transmission system of Lewiatan vehicle

Jednostką napędową jest silnik spalinowy, który bezpośrednio napędza pompę hydrauliczną o zmiennej wydajności. Na półosi każdego koła jezdnego umieszczono silniki hydrostatyczne. Elementy sterowania pracą silników hydrostatycznych ulokowane są odpowiednio w trzech blokach. Sterowanie ruchem pojazdu odbywa się przez wybranie na przełączniku jednoosobnego trybu jazdy i za pomocą joysticka wybranie możliwości jazdy w przód lub w tył. Prędkość reguluje się przez manipulowanie pedałem przyspieszenia ruchu. Zmiana trybu jazdy szosowej oraz terenowej odbywa się samoczynnie. W warunkach terenowych możliwe jest sprzęganie kół napędowych poszczególnych osi (podobnie jak blokada mechanizmu różnicowego w samochodzie).

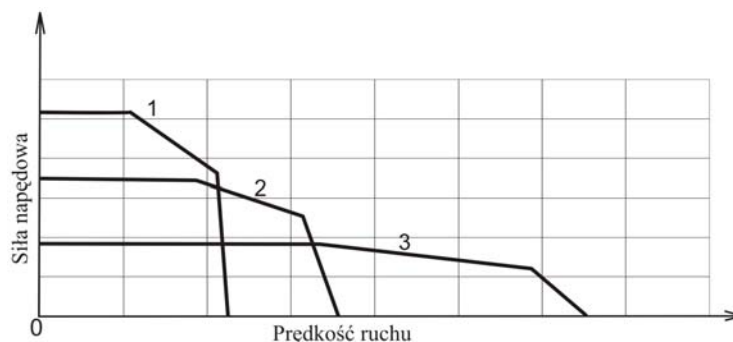
Napęd na wodzie podczas pływania zapewniają 2 śruby wodne napędzane silnikami hydrostatycznymi, umieszczone w tylnej części pojazdu. Sterowanie napędem na wodzie odbywa się przez wybranie pozycji „pływanie” na przełączniku. Sterowanie kierunkowe zapewniają joysticki umieszczone na tablicy przyrządów kierowcy.

Układ kierowniczy zapewnia skręt 2 osi: przedniej i środkowej. Układ hamulcowy (hamulce tarczowe przy każdym z 6 kół jezdnych) jest zasilany i sterowany hydraulicznie, z wykorzystaniem oddzielnej pompy oraz akumulatora ciśnienia (możliwość kilku zahamowań przy niepracującym silniku wozu). Możliwe jest także hamowanie dynamicznie dzięki wykorzystaniu układu hydraulicznego głównej pompy zasilającej silniki hydrostatyczne.

### 3. Charakterystyczne cechy hybrydowego układu napędowego

Zastosowane układy silnik spalinowy–silniki hydrostatyczne oraz opracowane specjalnie układy sterowania napędem, skretem, hamowaniem i in. stanowią o korzystnych charakterystykach i własnościach pojazdu Lewiatan, a mianowicie:

- podczas jazdy po szosach można wykorzystać napęd tylko tylnej osi, co pozwala na oszczędności w zużyciu paliwa oraz nie przeciąża mechanizmów 2 pozostałych osi,
- w trakcie jazdy po drogach gruntowych lub po bezdrożach, a także przy wykonywaniu czynności roboczych holowania, pchania itp. można wykorzystać napęd 6 lub 4 kół jezdnych, co zapewnia uzyskanie maksymalnej wartości siły napędowej (rys. 3),
- sterowanie ruchem pojazdu jest w wysokim stopniu zautomatyzowane, co jest korzystne z punktu widzenia ergonomii,
- silnik spalinowy, napędzający pompy hydrauliczne pracuje w ustabilizowanych warunkach obciążenia oraz cieplnych, co jest czynnikiem minimalizującym zużycie paliwa oraz wydłużającym resurs eksploatacyjny,
- układ napędowy jest w dużym stopniu odporny na przeciążenia, które mogą występować w trakcie użytkowania pojazdu w warunkach terenowych,
- możliwe jest wykorzystanie układu hydraulicznego pojazdu do zasilania różnorodnych urządzeń i narzędzi roboczych.



Rys. 3. Wykres tracyjny pojazdu Lewiatan

Fig. 3. Diagram of Lewiatan vehicle

### 4. Rezultaty badań oraz charakterystyka techniczna pojazdu Lewiatan

Zakres badań pojazdu obejmował pomiary parametrów statycznych oraz dynamicznych, badania własności jazdy po szosach, drogach gruntowych, po bezdrożach, pokonywania naturalnych i sztucznych przeszkód terenowych, a także brodenie i pływanie. Wybrane rezultaty badań przedstawiono w tabeli 1 oraz zilustrowano fotografiami i wykresami.

Charakterystyka techniczna badanego pojazdu Lewiatan

Lp.	Nazwa parametru lub określenie cechy	Miano	Wartość parametru lub określenie własności
1	Dopuszczalna masa całkowita	[kg]	< 3500
2	Ładowność	[kg]	1500
3	Długość	[mm]	3660
4	Szerokość	[mm]	2000
5	Rozstaw osi zewnętrznych	[mm]	2100
6	Rozstaw kół jezdnych	[mm]	1613
7	Prześwit	[mm]	250
8	Kąt natarcia	stopnie kątowe	57°
9	Kąt zejścia	stopnie kątowe	50°
10	Umowny nacisk jednostkowy	[kPa]	17,5
11	Silnik pojazdu		IVECO, 4-cylindrowy, 2800 dm <sup>3</sup> , wysokoprężny, turbodoładowany, <i>commonrail</i>
12	Moc silnika	[kW]	92
13	Silniki hydrostatyczne przy kołach jezdnych		Saurer-Danfoss TMT 315
14	Silniki hydrostatyczne napędu wodnego		Bosch-Rexroth A2FM
15	Układy zasilania, sterowania, kierowania, hamulcowy		opracowanie własne
16	Prędkość maksymalna	[km/h]	54
17	Intensywność rozpędzania do 32 km/h	[S]	7,5 (wymaganie wojskowe)
18	Droga hamowania	[m]	< 21 (dopuszczalne...)
19	Średnie zmierzone opóźnienie hamowania	[m/s <sup>2</sup> ]	9,6 (dopuszczalne 1,5...1,7)
20	Możliwości holowania przyczepy		o masie do 2000 kg (wymóg wojskowy)
21	Wyciągarka elektryczna		siła uciągu 17,5 kN (wymóg wojskowy)



Rys. 4. Poruszanie się po drodze gruntowej

Fig. 4. Move on off-road



Rys. 5. Pomiar max kąta statycznego przechylenia bocznego

Fig. 5. Measurement of max static angle of side tilt



Rys. 6. Pokonywanie znacznych nierówności

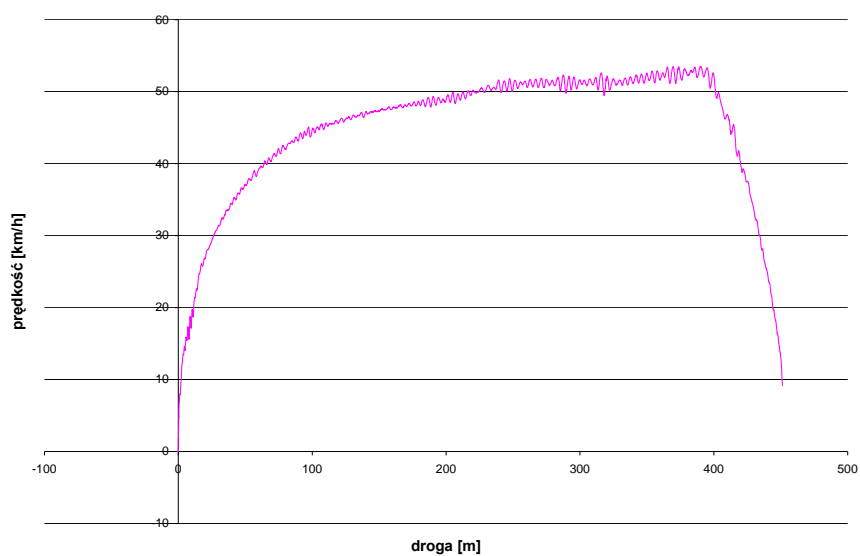
Fig. 6. Cover a considerable unevenness



Rys. 7. Pływanie

Fig. 7. Swimming

Wyniki badań przeprowadzonych wg określonego programu pozwalają na wystawienie pozytywnej oceny w zakresie poruszania się pojazdu w warunkach terenowych, a także po drogach publicznych. Na rysunkach 4–7 przedstawiono zdolności ruchowe pojazdu.



Rys. 8. Charakterystyka rozpędzania

Fig. 8. Profile of acceleration



## 5. Podsumowanie

Opracowanie wielozadaniowego pojazdu wyposażonego w spalinowo-hydrostatyczny układ napędowy zakończyło się powodzeniem. Rezultaty badań wskazują na spełnienie wymagań funkcjonalnych oraz ruchowych, obejmujących głównie zagadnienie pozyskania pojazdu, który będzie dysponował stosunkowo dużą siłą napędową, z możliwością regulacji jej wartości oraz wykorzystania w długim czasie. Istotne jest, że pojazd może realizować zadania, które nie mogą być wykonane przez samochody lub maszyny robocze.

Producent wraz z zespołem badawczo-rozwojowym pracują nad wersjami specjalistycznymi dla konkretnych zastosowań, przewidując także zbudowanie zunifikowanej wersji gaśnicowej.

## Literatura

- [1] Sprawozdanie WITPiS z realizacji projektu nr ROW – 478-2004, Archiwum WITPiS poz. nr 628/07.
- [2] Simiński P., Stryjek P., Zienowicz Z., *Lekki wielozadaniowy pojazd ratowniczy*, Archiwum Motoryzacji 2, 2006, 195-203.
- [3] Pomierski W., Siejda Z., Zienowicz Z., *Napęd Lekkiego, Wielozadaniowego Transportera – Nośnika Uzbrojenia*, Materiały archiwalne firmy Hydromega, 2001.
- [4] Siejda Z., Zienowicz Z., *Lewiatan – prototyp lekkiego, wielozadaniowego transportera, nośnika*, Zeszyty Naukowe WITPiS, 2002.