



Adam BARTNICKI

# HYDROSTATYCZNY UKŁAD NAPĘDOWY OPARTY NA MAGISTRALI CAN DLA BEZZAŁOGOWEJ PLATFORMY LĄDOWEJ W ZADANIACH ZMNIEJSZENIA ZAGROŻENIA WYWOŁANEGO NIEKONTROLOWANYM UWALNIANIEM SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH

### *Streszczenie*

*W referacie dokonano przeglądu istniejących rozwiązań konstrukcyjnych pojazdów specjalnych stosowanych w akcjach ratowniczych jednostek straży pożarnej. Zaprezentowano pojazdy dedykowane służbom ratowniczym i grupę bezzałogowych platform lądowych wykorzystywanych w akcjach ratowniczych. Przedstawiono możliwość wykorzystania magistrali CAN w systemach sterowania współczesnymi maszynami inżynieryjnymi. Zaproponowano koncepcję hydrostatycznego układu napędowego bezzałogowej platformy lądowej wysokiej mobilności.*

### WSTĘP

Każda dziedzina działalności ludzkiej związana jest z ryzykiem, rozumianym jako prawdopodobieństwo (możliwość) wystąpienia niepożądanych zdarzeń zagrażających zdrowiu i życiu człowieka oraz jego otoczeniu. Potencjalnym źródłem zagrożenia może stać się miejsce magazynowania, transportowania czy przetwarzania substancji uważanych za niebezpieczne.

Kolizje drogowe, awarie systemów dystrybucji i magazynowania, klęski żywiołowe mogą być przyczyną niekontrolowanego uwalniania substancji niebezpiecznych, powodujących szereg zagrożeń toksycznych, wybuchowych lub pożarowych. Powstają one nieoczekiwanie, a ich przebieg często jest gwałtowny i wywołuje różnego rodzaju reakcje fizykochemiczne i związane z tym zagrożenia dla ludzi, infrastruktury drogowej, technologicznej i środowiska.

Likwidacja skutków tego typu zdarzeń, bądź też działania mające na celu zapobieżenie rozprzestrzenianiu się substancji niebezpiecznych uwolnionych w wyniku zdarzeń destrukcyjnych, spoczywają na podmiotach ratowniczych. Poprawę skuteczności działań ratowniczych w strefach zagrożenia można osiągnąć poprzez wprowadzenie zdalnie sterowanych platform mobilnych, wyposażonych w odpowiedni sprzęt, sterowanych w układzie teleoperatora. W ten sposób ratownik-operator zostanie odsunięty od strefy bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia, a możliwości robocze robota pozwolą na jego długotrwałą eksploatację w warunkach ekstremalnych. Specyfika realizowanych zadań

jak i warunki terenowe, w których zadania te będą zwykle realizowane (teren o niskiej nośności, przeszkody terenowe, podjazdy i zjazdy z korony drogi etc.), jednoznacznie determinują właściwości trakcyjne pojazdu, jego mobilność i dzielność terenową, a co za tym idzie, stawiają wysokie wymagania układom napędowym i układom sterowania platform [4].

Zaimplementowanie technologii CAN w tego typu pojazdach może zdecydowanie poprawić jakość procesu sterowania ich układami napędowymi, systemami wizyjnymi, systemami detekcji i rozpoznania skażeń, identyfikacji materiałów niebezpiecznych etc., co w konsekwencji zwiększy skuteczność i bezpieczeństwo prowadzonych działań ratowniczych [1,2,3].

## 1. POJAZDY SPECJALNE STOSOWANE W AKCJACH RATOWNICZYCH JEDNOSTEK STRAŻY POŻARNEJ

Prowadzenie działań na obszarach o ograniczonym dostępie dla sprzętu przeznaczonego do poruszania się po drogach utwardzonych zawsze stanowiło wyzwanie dla służb ratowniczych. Brak możliwości bezpośredniego dotarcia z wyspecjalizowanym sprzętem do rejonu działania powoduje obniżenie tempa prowadzenia akcji, jej efektywności oraz skuteczności – wymagając przy tym znacznie większego wysiłku i zaangażowania od uczestników akcji. Z tych względów obserwuje się tendencję wyposażania wyspecjalizowanych pododdziałów w sprzęt wysokiej mobilności, umożliwiający im skuteczne działania w szczególnie trudnych warunkach. Jego przeznaczeniem jest udzielenie szeroko rozumianego wsparcia logistycznego na stosunkowo krótkim dystansie (zwykle odległość rejonu akcji od dróg utwardzonych nie przekracza 0,5-3 km). Najczęściej wykorzystywane są do tego celu lekkie pojazdy wojskowe, między innymi Gamma Goat (rys.1a), Supacat (rys.1b) czy Heglund Bv-206 (rys.2a) [6].

a)



b)



**Rys. 1.** Pojazdy specjalne stosowane w akcjach ratowniczych jednostek straży pożarnej: a) pojazd Gamma Goat (USA) w wersji pożarniczej, b) Supacat (Wielka Brytania) w akcji

a)



b)



**Rys. 2.** Pojazdy specjalne stosowane w akcjach ratowniczych jednostek straży pożarnej: a) Heglund Bv-206 (Szwecja) z zestawem wyposażenia, b) Supacat (Wielka Brytania) przemieszczający się po utwardzonej nawierzchni

Cechują się one stosunkowo niską ładownością (od 1000 kg do 3000 kg), ale bardzo wysoką mobilnością terenową (wzrost masy pojazdu i ładowności ogranicza jego mobilność) (rys.2b).

Dostępne obecnie na rynku europejskim konstrukcje są już przestarzałe i nie odpowiadają współczesnym potrzebom służb ratowniczych - powstały na przełomie lat 70-80-tych i zostały zaprojektowane do innych celów. W efekcie Supacat dysponuje zbyt małą ładownością (ok. 1000 kg) oraz nie jest dostosowany do szybkiej wymiany osprzętów. Heglund Bv-206 jest pod tymi względami lepszy – dysponuje ładownością 2,5 t oraz możliwością szybkiej wymiany platform roboczych i narzędzi zabudowanych na mini-flatrackach. Do jego istotnych wad należy jednak zaliczyć bardzo niską zwrotność (promień skrętu wynosi aż 8 m), która jest ograniczona przez mechaniczny układ napędowy (dopuszczalne kąty pracy przegubów Cardana) oraz wysokie koszty eksploatacji specjalnych gaśnic. Ponadto pojazdy te nie są standardowo wyposażone w manipulatory oraz nie są przystosowane do zdalnego sterowania.

Tendencje rozwojowe pojazdów ratowniczych wskazują, że coraz częściej poszukuje się nowych rozwiązań konstrukcyjnych wysokiej mobilności ze szczególnym uwzględnieniem możliwości odsunięcia człowieka-operatora od strefy zagrożenia.

Zdalnie sterowane roboty pożarnicze minimalizują bezpośrednie zagrożenie człowieka, stąd rosnące zainteresowanie tego typu konstrukcjami. Obecnie są one w fazie rozwoju i opracowywania technik ich wykorzystania. Na podstawie analizy wdrożonych aplikacji można stwierdzić, że dominują 2 podstawowe obszary zastosowań:

- prowadzenie akcji gaśniczej w strefie niebezpiecznej (roboty gaśnicze) - jako mobilny nośnik działka wodnego (rys.3,4,5,6,7) – do tego celu wykorzystywane są platformy wysokiej zwrotności i mobilności;
- torowanie dróg oraz usuwanie niebezpiecznych materiałów ze strefy bezpośredniego zagrożenia (roboty wsparcia) – w tym wypadku jako maszyny bazowe wykorzystywane są najczęściej mini-maszyny (rys.8,9).



Rys. 6. Chorwacki robot gaśniczy wyposażony w działko wodne na manipulatorze



Rys. 7. Gąsienicowy robot gaśniczy ( $v_{max}=3\text{km/h}$ ,  $m=17500\text{kg}$ ,  $Q=150\text{ dm}^3/\text{s}$ ) [9]

W uzasadnionych przypadkach można zaproponować rozwiązanie, które pozwoli na realizację obydwu grup zadań, jednak niesie to ze sobą zwiększenie kosztów robota, który niejednokrotnie narażony jest na destrukcję. Dlatego też bardziej zasadnym wydaje się konstruowanie wyspecjalizowanych zdalnie sterowanych pojazdów ratowniczych, realizujących określone zadania w warunkach zagrożenia zdrowia i życia człowieka-ratownika.



Rys. 8. Robot do wykonywania pasów ochronnych



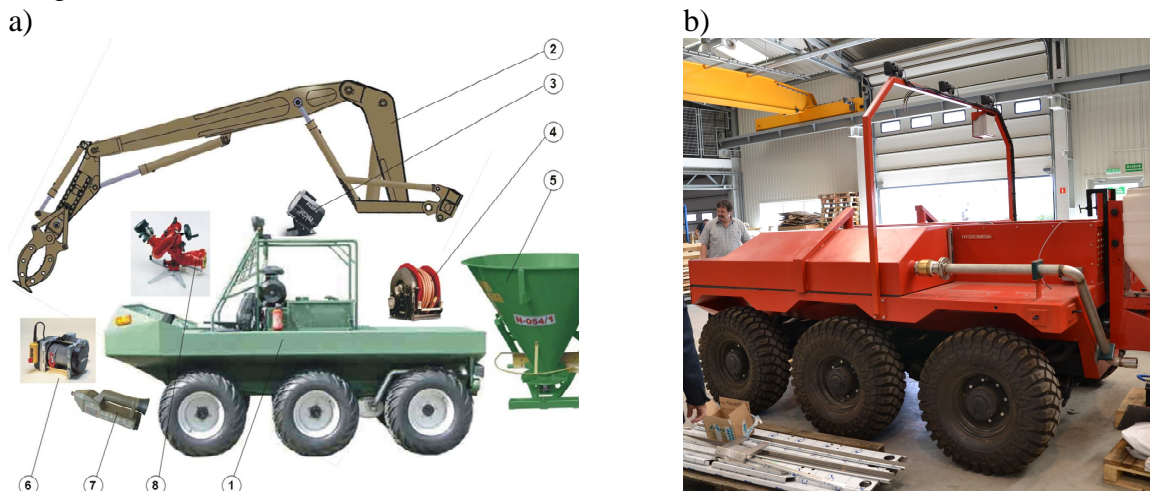
Rys. 9. Japoński robot wsparcia na bazie mini-koparki

## 2. BEZZAŁOGOWA PLATFORMA LĄDOWA DO ZADAŃ SPECJALNYCH STEROWANA W OPARCIU O MAGISTRALĘ CAN

W ramach prowadzonych badań nad możliwością wykorzystania magistrali CAN do sterowania pojazdami bezzałogowymi, w ramach współpracy Katedry Budowy Maszyn WAT z firmą HYDROMEGA, powstał pojazd bezzałogowy wysokiej mobilności wyposażony w

napęd hydrostatyczny, sterowany w oparciu o magistralę CAN. Na rys.10a przedstawiono koncepcję takiego pojazdu, a na rys.10b prototyp – demonstrator technologii.

Pojazd przeznaczony jest do zadań związanych ze zmniejszaniem zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych, a więc będzie używany wszędzie tam, gdzie w wyniku kolizji z udziałem lądowych środków transportowych, awarii obiektów przemysłowych czy celowego użycia środków niebezpiecznych, wystąpi zjawisko uwalniania się substancji zagrażających życiu i zdrowiu człowieka. Stąd też pojazd (1-rys.10), zbudowany na bazie platformy wysokiej mobilności, wyposażono między innymi w zestaw urządzeń do pomiaru stężenia skażenia (7-rys.10), rozrzutnik sorbentu (5-rys.10), strumienicę (8-rys.10) i inne elementy niezbędne do realizacji założonych zadań. Pojazd dodatkowo może przewozić 1m<sup>3</sup> środka gaśniczego lub dezynfekcyjnego z możliwością uzupełniania zbiornika doczepną magistralą węża strażackiego.

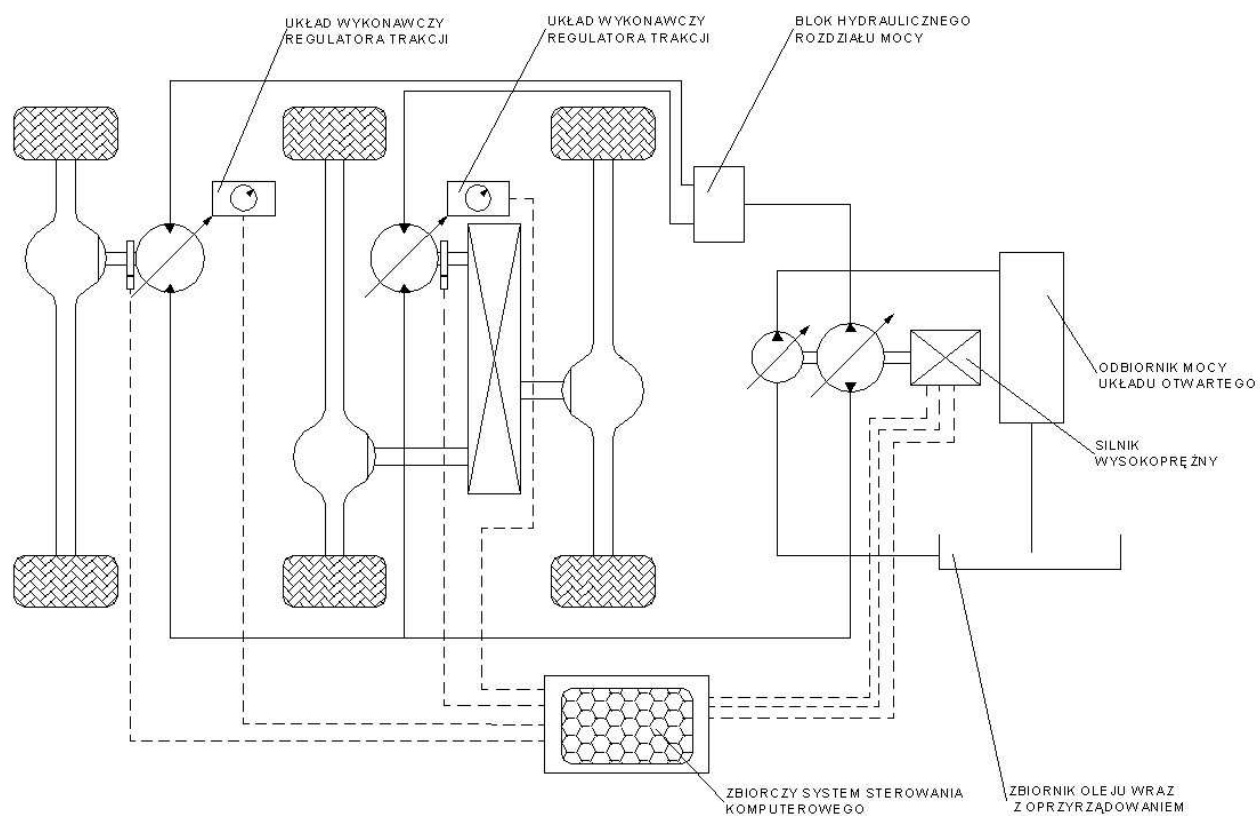


**Rys. 10.** Bezzałogowa platforma lądowa wysokiej mobilności sterowana w oparciu o technologię CAN.: a) koncepcja pojazdu, b) demonstrator technologii (opis w tekście)

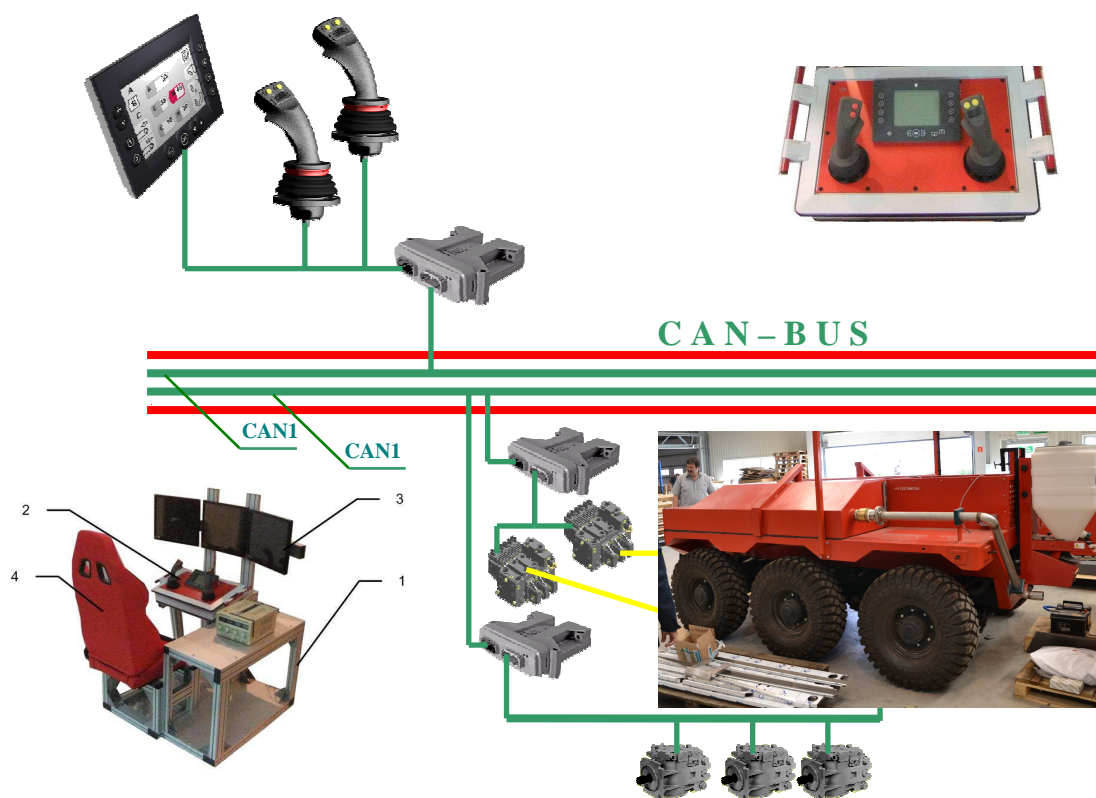
Jak wcześniej wspomniano do napędu układu jazdy jak również elementów wykonawczych pojazdu wykorzystano hydrostatyczny układ napędowy, którego schemat przedstawiono na rys.11.

Zaproponowany hydrostatyczny układ napędowy zapewnia między innymi:

- prowadzenie akcji gaśniczej w strefie niebezpiecznej (roboty gaśnicze) - jako mobilny nośnik działka wodnego (rys.3,4,5,6,7) – do tego celu wykorzystywane są platformy wysokiej zwrotności i mobilności;
- jednoczesny napęd wszystkich kół pojazdu, a przy tym posiada niewielką masę i wymiary gabarytowe,
- jest odporny na trudne warunki pracy oraz duże i zmienne obciążenia;
- cechuje się wysoką niezawodnością,
- jest podatny na sterowanie (w tym zdalne i automatyczne),
- umożliwia rozwijanie znacznych prędkości (60 km/h), a także pozwala na przemieszczanie się pojazdu z niewielkimi prędkościami, zmieniającymi się bezstopniowo,
- zapewnia zarówno napęd układu jezdnego jak i hydrostatycznego urządzenia sprzęgającego [7].



Rys. 11. Schemat hydrostatycznego układu napędowego bezzałogowe platformy lądowej



Rys. 12. Bezzałogowa platforma lądowa sterowana w oparciu o magistralę CAN

W przedstawionym rozwiązaniu trzy silniki hydrauliczne napędzają skrzynie rozdzielu mocy, z których napęd przekazywany jest półosiami napędowymi do kół jezdnych pojazdu. Dla poprawienia „dzielności terenowej” pojazdu wyposażono go w aktywne zawieszenie hydrauliczne. Poprzez zmianę położenia tłoczków siłowników hydraulicznych można ustalać wysokość położenia pojazdu (jego środka ciężkości) zapewniając odpowiedni zapas stateczności w czasie pokonywania nierówności i przeszkód terenowych.

Do sterowania elementami wykonawczymi układu napędowego wykorzystano sterowniki mikroprocesorowe pracujące w standardzie CAN (rys.12). Sygnał sterujący, generowany przez operatora z pulpitu zdalnego sterowania z wykorzystaniem joysticków, trafia do sterownika pulpitu skąd poprzez układ nadawczo-odbiorczy kierowany jest do układu nadawczo-odbiorczego pojazdu. Następnie sygnał przechwytywany jest przez sterownik znajdujący się na pojeździe i rozsyłany do elementów wykonawczych platformy. W ten sposób sterowane są elementy odpowiadające za poruszanie się pojazdu i jego położenie jak również pozostałe urządzenia zamontowane na pojeździe. Poprawna praca układu napędowego możliwa jest dzięki sygnałom sprzężeń zwrotnych, które przekazywane są z czujników pomiarowych do sterownika i bezpośrednio wpływają na przebieg algorytmów sterujących. W zależności od ilości i jakości sygnałów wejściowych i wyjściowych rozpatruje się możliwość wykorzystania różnych sterowników lub też kart rozszerzeń. Układ napędowy jako demonstrator technologii umożliwia implementację różnych, CAN-owskich systemów sterowania i stanowi bazę do poszukiwań rozwiązań zapewniających najwyższą jakość sterowania, co nabiera szczególnego znaczenia w przypadku pracy maszyn w warunkach bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia człowieka.

## **PODSUMOWANIE**

Specyfika zadań realizowanych przez współczesne bezzałogowe pojazdy lądowe, możliwość wykorzystania ich w zadaniach ratownictwa ogólnego, stawia bardzo wysokie wymagania zarówno ich układom napędowym jak również systemom sterowania nimi. Podstawowym wymaganiem dla tego typu rozwiązań jest zapewnienie dużej mobilności i precyzji sterowania podczas prowadzonych misji rozpoznawczych i ratowniczych.

Postępujący rozwój elementów hydraulicznych, ich niezawodność i podatność na sterowanie, sprawia iż coraz częściej w rozwiązaniach układów napędowych współczesnych maszyn i pojazdów stosowane są hydrostatyczne układy napędowe. Pełne wykorzystanie potencjalnych możliwości tychże układów napędowych możliwe jest jedynie w przypadku wprowadzenia nowoczesnych systemów sterowania nimi.

Pojawienie się nowej technologii sterowania podzespołami hydraulicznymi – systemu CAN-bus w wersji mobilnej otwiera nowe, długo oczekiwane możliwości w dziedzinie sterowania osprzętami i procesami roboczymi maszyn wyposażonych w hydrostatyczne układy napędowe.

Zaproponowane rozwiązanie systemu sterowania hydrostatycznym układem napędowym bezzałogowej platformy lądowej (zbudowanego na bazie magistrali CAN), zapewnia możliwość precyzyjnego i efektywnego sterowania pojazdem w czasie realizacji zadań zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych.

# HYDROSTATIC DRIVING SYSTEM BASED ON CAN BUS FOR UNMANNED GROUND VEHICLE IN TERMS OF CONDUCTING MISSIONS AIMING AT REDUCING THREAT CAUSED BY UNCONTROLLED LEAK OF DANGEROUS SUBSTANCES

## *Abstract*

*In this paper analysis of existing special vehicles applied in rescue actions conducting by fire brigades was presented. Vehicles dedicated especially for emergency services and group of unmanned ground platforms used in rescue missions was presented. This paper shows possibilities of using CAN bus in control systems of today's engineering machines. The concept of hydrostatic driving system for unmanned ground high mobility platform was proposed.*

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Bartnicki A.: *Hydrotroniczne systemy sterowania maszynami inżynieryjnymi oparte na magistrali CAN*, Logistyka Nr 2/2008.
2. Bartnicki A., Rubiec A.: *Magistrala CAN w systemach sterowania maszyn i pojazdów wojskowych*, LOGISTYKA 6/2010.
3. Bartnicki A., Typiak A., Typiak R.: *Magistrala CAN w systemie zdalnego sterowania platformą bezzałogową wysokiej mobilności, „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (27)” nr 1/2011.*
4. Bartnicki A., Łopatka M.J.: *Wymagania stawiane platformom mobilnym w zadaniach zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych*, LOGISTYKA 6/2011.
5. Kuczmarowski F., Typiak A.: *Lekki zdalnie sterowany pojazd – jako nośnik wyposażenia specjalistycznego i uzbrojenia. Polska wizja przyszłego pola walki*. OBRUM. Warszawa 2004
6. Muszyński T.: *Inżynieryjne roboty wsparcia*, Sympozjum KBM WAT „Roboty Inżynieryjne Współczesnego Pola Walki”, WAT Warszawa 2010.
7. Stryczek S.: *Napęd hydrostatyczny* tom I. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2005.
8. [http://bos-fahrzeuge.info/einsatzfahrzeuge/42362/Florian\\_Leer\\_LUF\\_60](http://bos-fahrzeuge.info/einsatzfahrzeuge/42362/Florian_Leer_LUF_60) (28.09.2011)
9. [http://www.blauvideo.de/galerie/details.php?image\\_id=3197&sessionid=752959e2405675128f81ccae56271eef](http://www.blauvideo.de/galerie/details.php?image_id=3197&sessionid=752959e2405675128f81ccae56271eef) (28.09.2011)

## **Autor:**

**ppłk dr inż. Adam Bartnicki** - Wojskowa Akademia Techniczna

Niniejsza praca jest częściowo finansowana z projektu badawczego Nr 0048/R/T00/2010/12