

Adam BARTNICKI¹

BADANIA MOŻLIWOŚCI ROBOCZYCH I EFEKTYWNOŚCI DZIAŁANIA MANIPULATORA ROBOTA WSPARCIA INŻYNIERYJNEGO

Na stanowiskach badawczych Katedry Budowy Maszyn przeprowadzono badania rozpoznawcze możliwości roboczych i efektywności działania manipulatora zaprojektowanego dla zdalnie sterowanego robota wsparcia inżynieryjnego. Dokonano porównania jego możliwości roboczych z możliwościami roboczymi zaadaptowanego dla potrzeb misji EOD/IED klasycznego osprzętu roboczego typowej maszyny inżynieryjnej. Dla potwierdzenia uzyskanych wyników badań stanowiskowych przeprowadzono podobne badania poligonowe z wykorzystaniem robota i minikoparki przystosowanej do podnoszenia ładunków niebezpiecznych.

RESEARCHING WORKING CAPABILITIES AND EFFECTIVENESS OF THE ENGINEERING SUPPORT ROBOT'S MANIPULATOR

Using the research stations developed in the Machine Building Division of the Military University of Technology a set of tests had been carried out to determine the working capabilities and effectiveness of a robotic arm created for the remotely controlled engineering support robot. Additional comparison test had been carried out with a standard engineering equipment adapted to handle EOD/IED missions. To further confirm acquired results, field tests of the engineering robot and a mini-excavator adapted to lifting dangerous materials were carried out..

1. WSTĘP

Jednym z głównych zadań, realizowanych podczas obecnie prowadzonych działań wojskowych, są misje EOD/IED w czasie których, pododdziały inżynieryjne EOD mają za zadanie neutralizować i usuwać improwizowane ładunki wybuchowe IED. Szczególnie niebezpieczny dla zdrowia i życia żołnierzy charakter tych zadań, pociąga za sobą dążenie do coraz szerszego wykorzystywania zdalnie sterowanych robotów.

Jednym z najistotniejszych czynników decydujących o powodzeniu misji EOD/IED jest tempo jej realizacji. Powinno być ono jak największe, gdyż jest bezpośrednio powiązane z czasem ekspozycji żołnierzy na oddziaływanie ze strony przeciwnika, który ma być jak najkrótszy. Można to osiągnąć poprzez skrócenie czasu realizacji podstawowych zadań podczas rozpoznania i neutralizacji pułapek minowych. W tym celu trzeba jednak

¹Wojskowa Akademia Techniczna, 00-908 Warszawa, ul.gen. S.Kaliskiego 2, abartnicki@wat.edu.pl

wyposażyc BPL (bezzałogowa platforma lądowa) w manipulator o odpowiedniej strukturze kinematyki połączonej z systemem intuicyjnego sterowania oraz teleoperacji.

Dla potrzeb określenia struktury kinematycznej osprzętu roboczego robota wsparcia inżynierskiego przeprowadzono badania funkcjonalności i efektywności realizowanych zadań w misjach EOD/IED z wykorzystaniem różnych manipulatorów.

2. STANOWISKA BADAWCZE DO BADANIA MOŻLIWOŚCI ROBOCZYCH MANIPULATORÓW

Badania przeprowadzono w Katedrze Budowy Maszyn na dwóch stanowiskach badawczych, wyposażonych w osprzęty robocze o różnej kinematyce i chwytaki do podejmowania między innymi ładunków niebezpiecznych w misjach EOD/IED (rys.1). Stanowiska te wyposażono w hydrostatyczne układy napędowe sterowane rozdzielaczami hydraulicznymi w oparciu o magistralę CAN. Podstawowymi elementami stanowisk są pięciosekcyjne rozdzielacze 157RN132_2004 (1-rys.1) firmy Sauer-Danfoss, pozwalające sterować wszystkimi ruchami osprzętu roboczego, składające się z pojedynczych sekcji typu PVG32 i pracujące w systemie LS (Load Sensing). Sterowanie przemieszczaniem suwaków rozdzielaczy realizowane jest poprzez moduły elektroniczne typu PVED-CC, które przeznaczone są do pracy z wykorzystaniem protokołu CAN-bus. Uruchamianie poszczególnych cewek realizowane jest z wykorzystaniem joysticków pulpitu zdalnego sterowania (2-rys.1a), generujących analogowe i cyfrowe sygnały sterujące lub stanowiska do testowania systemu zdalnego sterowania osprzętem roboczym w funkcji teleoperatora, opartego na magistrali CAN (rys.2). W tym przypadku układ wizyjny zapewnia panoramiczny widok otoczenia, a kamera zamontowana w szczęce pozwala na detekcję i analizę podnoszonych obiektów. Do wzajemnej komunikacji między elementami układu sterowania wykorzystano mikrokontrolery systemu Plus+1.



Rys.1. Stanowiska badawcze do testowania kinematyki osprzętów roboczych w misjach EOD/IED: 1 – rozdzielacz hydrauliczny z elektronicznymi modułami CAN-bus, 2 – pulpit zdalnego sterowania, 3 – agregat hydrauliczny, 4 – osprzęt roboczy

Proces sterowania realizowano przy bezpośredniej widoczności podejmowanych elementów z wykorzystaniem pulpitu zdalnego sterowania (2-rys.1), jak również w funkcji teleoperatora. Pulpit sterowania został opracowany w taki sposób, aby był jak najbardziej wszechstronny. Wykorzystanie komunikacji CAN-bus umożliwia łatwe przystosowanie go do pracy z innymi, bardziej rozbudowanymi strukturami kinematycznymi manipulatorów. Wizją przyświecającą temu rozwiązaniu, była możliwość sterowania różnymi osprzętami roboczymi z wykorzystaniem tej samej jednostki kontrolnej. Wszystkie elementy wchodzące w skład pulpitu pracują w oparciu o magistralę CAN, co zapewnia ciągłą kontrolę nad stanem poszczególnych komponentów i precyzję działania. Dodatkowo możliwe jest podłączenie do pulpitu dwóch kanałów wideo. Sygnał PAL przesyłany z kamery jest wyświetlany na pulpicie prawie w czasie rzeczywistym. Daje to możliwość zastosowania kamer obserwujących z niewielkiej odległości podejmowane ładunki dla potrzeb zwiększenia precyzji realizowanych zadań.



Rys.2. Stanowisko do testowania systemu zdalnego sterowania osprzętem roboczym w funkcji teleoperatora, oparte na magistrali CAN

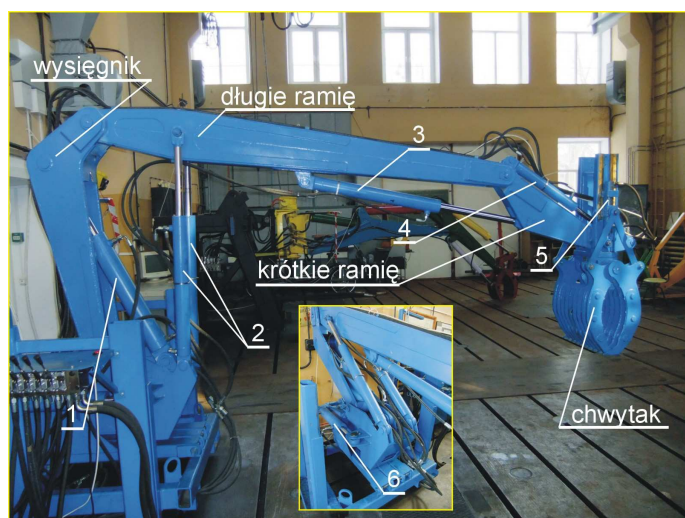
3. BADANIA STANOWISKOWE MOŻLIWOŚCI ROBOCZYCH I EFEKTYWNOŚCI DZIAŁANIA MANIPULATORA DLA ROBOTA WSPARCIA INŻYNIERYJNEGO

Badania stanowiskowe polegały na realizacji procesów chwytania, podejmowania z podłoża i przemieszczania ładunków o różnej masie, kształtach i wymiarach. Poszukiwano takich położeń i konfiguracji manipulatorów, przy których osiągnano najkrótsze czasy realizacji zadań, porównując na tej podstawie efektywność działania manipulatora skonstruowanego dla robota wsparcia inżynierskiego z manipulatorem zbudowanym w oparciu o typowy osprzęt koparkowy (rys.3). W tym przypadku wykorzystano osprzęt koparki K-161, w którym łyżkę zastąpiono dwuczłonowym chwytakiem ażurowym, zaprojektowanym dla potrzeb misji EOD/IED. Szczęki chwytaka sterowane były niezależnie dwoma siłownikami hydraulicznymi.

Manipulator robota wsparcia inżynierskiego rozbudowano o dodatkowy element w postaci krótkiego ramienia i zwiększono zakres działania siłownika wysięgnika, poprawiając w ten sposób zasięg realizowanych zadań, właściwości manipulacyjne osprzętu roboczego i transportowe pojazdu, przystosowując go do transportu drogą lotniczą (wymóg aeromobilności) (rys.4).

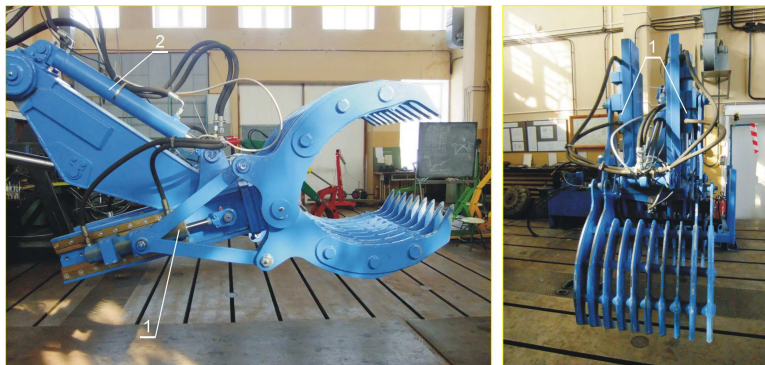


Rys.3. Zaadoptowany do misji EOD/IED osprzęt roboczy koparki K-161: 1 – siłownik obrotu osprzętu, 2 – siłownik wysięgnika, 3 – siłownik ramienia, 4 – siłownik górnej szczęki chwytaka (łyżki), 5 – siłownik dolnej szczęki chwytaka



Rys.4. Manipulator robota wsparcia inżynierskiego: 1 – siłownik wysięgnika, 2 – siłowniki długiego ramienia, 3 – siłownik krótkiego ramienia, 4 – siłownik obrotu chwytaka, 5 – jeden z siłowników szczęki chwytaka, 6 - jeden z siłowników obrotu manipulatora

W przypadku manipulatora robota wsparcia inżynierskiego sterowanie chwytakiem ażurowym odbywało się z wykorzystaniem dwóch połączonych równolegle siłowników zamykania szczęk i siłownika obrotu chwytaka (rys.5).



Rys.5. Chwytnik manipulatora robota wsparcia inżynierskiego: 1 – siłowniki szczęk chwytnika, 2 – siłownik obrotu chwytnika

Badając właściwości manipulacyjne i efektywność działania osprzętów roboczych na stanowiskach badawczych, podejmowano przedmioty o różnej wielkości i masie, począwszy od prętów stalowych o średnicy od kilkunastu do kilkudziesięciu milimetrów i masie od kilku do kilkunastu kilogramów (rys.6a), poprzez ładunki wielkości pocisków artyleryjskich (rys.6b), do przedmiotów o masie i wielkości bomb lotniczych, czy typowych beczek o pojemności 200 dm³, które wypełnione materiałem niebezpiecznym stają się niebezpiecznym ładunkiem improwizowanym (rys.6c). Podnoszone i przemieszczane elementy układano na stalowej płycie podłoża w różnych odległościach od podstawy manipulatorów, w polu ich pracy w taki sposób, aby ich podniesienie wymagało także użycia obrotu osprzętu roboczego. Zadanie polegało na przemieszczeniu manipulatora z położenia transportowego do ładunku, podniesieniu ładunku chwytnikiem i przemieszczenie w położenie transportowe, przy różnych położeniach transportowych osprzętu.

Zaproponowane rozwiązanie konstrukcyjne obrotowego chwytnika, ze szczękami zamykanymi z wykorzystaniem dwóch połączonych równolegle siłowników hydraulicznych, pozwoliło na uzyskanie krótszych czasów realizacji zadań w porównaniu z realizacją takich samych zadań z wykorzystaniem chwytnika, w którym każda ze szczęk zamykana była niezależnym siłownikiem hydraulicznym. W pierwszym przypadku cykl podjęcia ładunku, przy sterowaniu w bezpośredniej widoczności z wykorzystaniem pulpitu zdalnego sterowania, wynosił w granicach 35÷47 s, w drugim natomiast wydłużał się o kilkanaście do kilkudziesięciu sekund. Podobne wyniki opóźnień uzyskano sterując manipulatorami w funkcji teleoperatora.

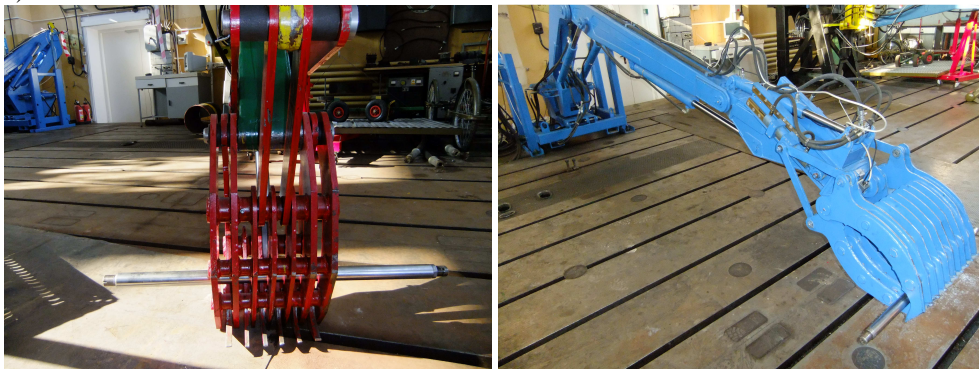
W badaniach tych obserwowano także wpływ sił i momentów bezwładności manipulatorów nieobciążonych i obciążonych ładunkiem w aspekcie precyzji sterowania nimi.

4. BADANIA POLIGONOWE MOŻLIWOŚCI ROBOCZYCH I EFEKTYWNOŚCI DZIAŁANIA MANIPULATORA DLA ROBOTA WSPARCIA INŻYNIERYJNEGO

W kolejnym etapie badań porównano możliwości robocze i efektywność działania w zadaniach EOD/IED manipulatora robota wsparcia inżynierskiego i osprzętu roboczego

typowej maszyny inżynierskiej o masie około 3000 kg (rys.7). Dla potrzeb tych badań wykorzystano minikoparkę gaśnicową firmy HITACHI ZX30, w której rozbudowano układ roboczy o dodatkowy ząb sterowany hydraulicznie, zamykający łyżkę koparki.

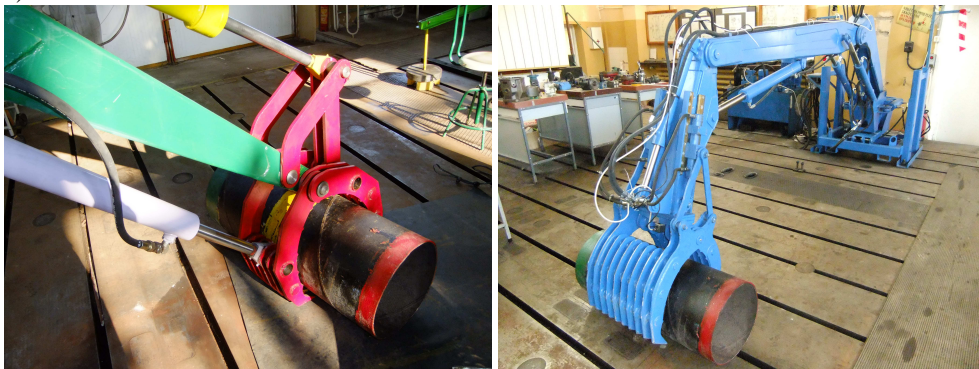
a)



b)



c)



Rys.6. Badania funkcjonalności i efektywności realizowanych zadań w misjach EOD/IED na stanowiskach badawczych

Podobnie jak w badaniach stanowiskowych podejmowano przedmioty o różnej wielkości i masie z różnych podłoży, przy różnych konfiguracjach osprzętów roboczych, oceniając efektywność i czas realizacji zadania.



Rys.7. Badania poligonowe funkcjonalności i efektywności realizowanych zadań w misjach EOD/IED

W badaniach poligonowych obserwowano także wpływ sił i momentów bezwładności manipulatorów i podatności układów jezdnych maszyn na precyzję sterowania ich osprzętami. W przypadku minikoparki zadania realizowano z podparciem i bez podparcia lemieszem, a w przypadku robota wsparcia inżynierskiego wykorzystywano zarówno podparcie lemieszem jak i zablokowanie siłowników hydraulicznego układu zawieszenia, w aspekcie możliwości realizacji zadań z tzw. „marszu”.

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania stanowiskowe i poligonowe efektywności i możliwości roboczych manipulatora robota wsparcia inżynierskiego potwierdziły poprawność założeń konstrukcyjnych i wytrzymałościowych i jednocześnie pokazały, że zaadoptowanie osprzętu roboczego typowej maszyny inżynierskiej dla potrzeb realizacji zadań w misjach EOD/IED jest niezasadne.

Podobnie jak w przypadku badań stanowiskowych w procesach chwytania, podnoszenia i przemieszczania ładunków, o wiele lepsze wyniki uzyskano z wykorzystaniem manipulatora robota wsparcia inżynierskiego. Czas realizacji podobnych zadań zaadoptowanym osprzętem minikoparki HITACHI wydłużył się o kilkadziesiąt procent.

Zastosowane w systemie sterowania proporcjonalne elementy wykonawcze, pracujące w standardzie CAN, pozwalają na bardzo precyzyjne sterowanie manipulatorami obciążonymi ładunkami nominalnymi, a możliwość kształtowania sygnałów sterujących w trybie on-line pozwala dostosować charakterystyki elementów układu sterowania do indywidualnych możliwości i potrzeb operatora

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bartnicki A. Sprawka P.: *Systemy przeciwdziałania zagrożeniom IED w transporcie wojskowym*, LOGISTYKA 6/2009
- [2] Bartnicki A., Typiak A.: *Stanowisko do badań hydrotronicznych układów napędowych pracujących w systemie CAN-bus*, „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe (23)” nr 1/2008
- [3] Bartnicki A., Rubiec A.: *Magistrala CAN w systemach sterowania maszyn i pojazdów wojskowych*, LOGISTYKA 6/2010
- [4] Bartnicki A., Typiak A.: *Możliwości i ograniczenia wykorzystania magistrali CAN w systemach sterowania robotami mobilnymi*, LOGISTYKA 6/2010
- [5] Bartnicki A., Typiak A., Typiak R.: *Magistrala CAN w systemie zdalnego sterowania platformą bezzatogową wysokiej mobilności*, „Zastosowania magistrali CAN w technice wojskowej i cywilnej”, Ustroń-Jaszowiec 2010
- [2] Konopka S.: *Podstawy budowy i eksploatacji maszyn inżyniersko-budowlanych*, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2002.
- [3] Kuczmarowski F., Typiak A.: *Lekki zdalnie sterowany pojazd – jako nośnik wyposażenia specjalistycznego i uzbrojenia. Polska wizja przyszłego pola walki*, OBRUM, Warszawa 2004.
- [6] Stryczek S.: *Napęd hydrostatyczny tom I*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2005.
- [7] Szydelski Z.: *Napęd i sterowanie hydrauliczne w pojazdach i samojezdnych maszynach roboczych*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1980.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008/2011, jako projekt rozwojowy Nr: OR 00 0012 06