

*Mgr inż. Adam Bartnicki, dr inż. Franciszek Kuczmarski,  
dr inż. Andrzej Typiak, dr inż. Józef Wrona  
Instytut Budowy Maszyn Wojskowa Akademia Techniczna*

## **System zdalnego sterowania wojskowym pojazdem torującym**

Streszczeni: W referacie przedstawiono wyniki pracy dotyczącej przystosowania pojazdu torującego na bazie czołgu T-72 do zdalnego sterowania. Został omówiony model doświadczalny, idea oraz budowa układu zdalnego sterowania, przepływ sygnałów w trzech jego podstawowych torach. Dokonano opisu możliwości ich rekonfiguracji w przypadkach awaryjnych, dla zapewnienia bezpieczeństwa obiektu sterowanego i otoczenia (ludzi lub innych maszyn lub pojazdów). Sformułowano kierunki dalszych badań.

### **Remote control system of heavy mine clearance vehicle**

Summary: In the paper the results of researches concerning adaptation of heavy mine clearance vehicle based on T-72 MBT to be remote controlled are presented. There were discussed the experimental model, idea of design of remote control system, the signals flow in three of its basic path. There was done description of possibilities of theirs reconfiguration in breakdown accident for assurance of safety of control object and surroundings (people or other machines or vehicles). The directions of further researches were outlined.

#### **1. WPROWADZENIE**

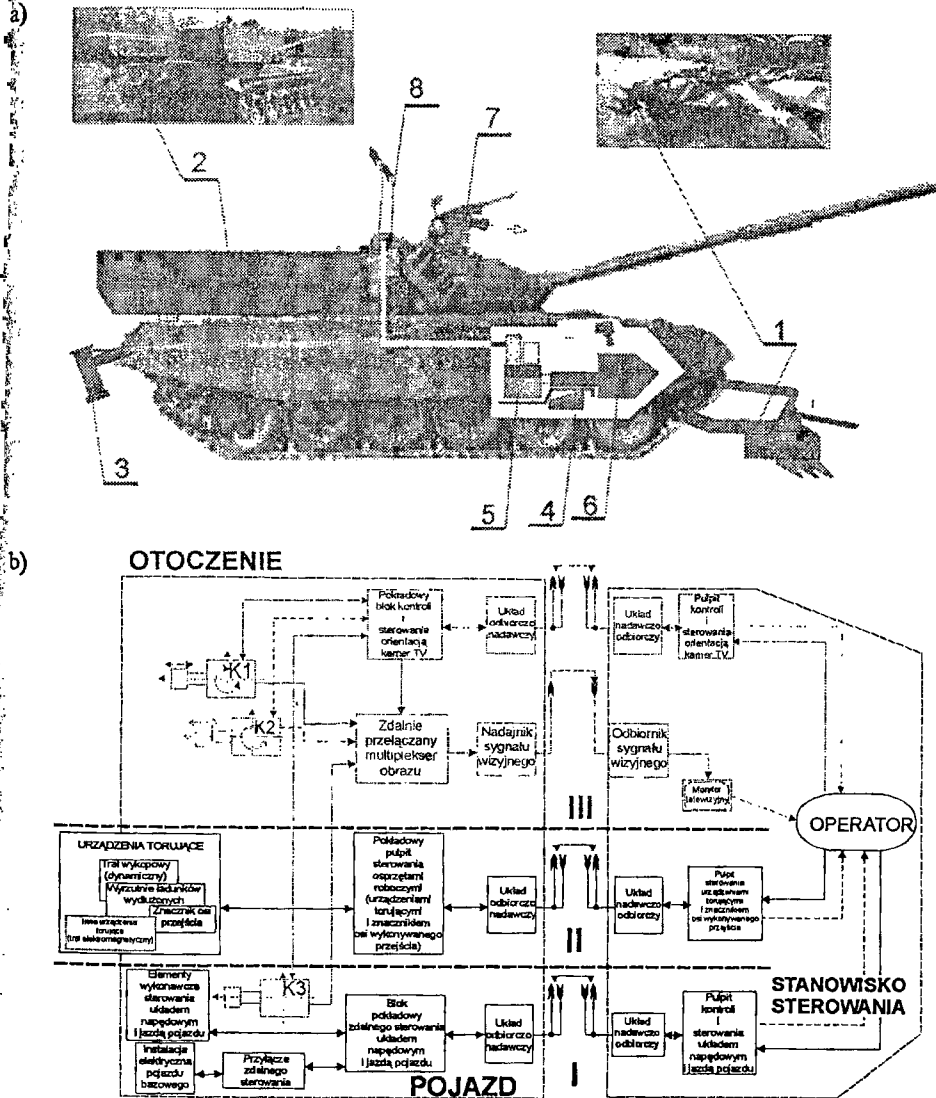
Rozwijanie metod i urządzeń do neutralizowania min jest istotne zarówno w aspekcie humanitarnym (usuwanie zagrożenia dla ludności cywilnej), jak i militarnym (torowanie przejść w polach minowych oraz likwidacja tych pól) [2,3,4,7,8,11]. Nadrzędnym celem jest zawsze uzyskanie jak największej skuteczności i pewności usunięcia min oraz zapewnienia bezpieczeństwa ludziom wykonującym te zadania. Na polu walki, do wykonywania przejść w polach minowych, wykorzystuje się pojazdy - nazywane torującymi, wyposażone w urządzenia do rozminowania (trały) [1,5,13]. Zastosowanie zdalnego sterowania do tych pojazdów, całkowicie eliminuje zagrożenie dla załogi w przypadku ewentualnej detonacji min podczas rozminowywania [6,10,12].

W referacie przedstawiono wyniki pracy dotyczącej przystosowania pojazdu torującego na bazie czołgu T-72 do zdalnego sterowania, a jej celem było opracowanie modelu doświadczalnego takiego pojazdu.

Na podstawie analizy zadań pojazdów torujących oraz ich rozwiązań konstrukcyjnych [6,11,13], przyjęto następujący zakres czynności, które będą realizowane przez system zdalnego sterowania:

- a) uruchamianie i zatrzymywanie silnika napędowego,
- b) zmiana prędkości obrotowej silnika w całym dopuszczalnym zakresie,
- c) kontrola podstawowych parametrów pracy układu napędowego i generowanie ostrzeżeń dla operatora,
- d) zmiana przełożeń skrzyni biegów: bieg wsteczny, położenie neutralne oraz biegi I-III,
- e) rozłączanie i sprzęganie napędu (realizowanie funkcji sprzęgła),

- f) zmiana kierunku jazdy pojazdu torującego,
- g) wyłączanie i włączanie hamulca postojowego,
- h) sterowanie działaniem wyrzutni ładunków wydłużonych (rys. 1a),
- i) odryglowywanie sekcji wykopowych i ich przestawianie z położenia roboczego w transportowe,
- j) sterowanie znacznikiem osi przejścia.



Rys.1. Zdalnie sterowany czołg T-72 z wyposażeniem torującym: a) ogólne rozmieszczenie elementów, b) struktura systemu zdalnego sterowania:

1 – tral wykopowy, 2 – ładunek wydłużony, 3 – znacznik osi przejścia, 4 – zespół mocowania pokładowej części systemu zdalnego sterowania, 5 – moduły elektroniczne i elektryczne, 6 – elementy wykonawcze, 7 – kamera obserwacyjna, 8 – zespół anten nadawczo - odbiorczych

Założono, że zespoły, układy i elementy systemu zdalnego sterowania będą montowane w przedziale mechanika-kierowcy w sposób umożliwiający proste ich sprzęgnięcie (i rozłączenie) z elementami sterowanymi i mocującymi.

Tor zdalnego sterowania działaniem urządzeń torujących jest całkowicie niezależny od toru sterowania układem napędowym i jazdą pojazdu.

Zakłada, że nie będą dokonywane żadne zmiany konstrukcyjne w elementach układu napędowego i sterowania pojazdu - jedyne adaptacje obejmują wyposażenie pojazdu w elektryczne przyłącze zdalnego sterowania a elementy systemu sterowania będą umieszczone w przedziale mechanika-kierowcy.

W przypadku występowania zakłóceń w transmisji sygnałów sterujących i informacyjno-kontrolnych lub uszkodzenia elementów toru transmisyjnego zakłada się:

- a) dla sterowania urządzeniami torującymi - zawieszenie wykonywania czynności sterujących,
- b) dla sterowania układem napędowym i jazdą - w pierwszym etapie zatrzymanie pojazdu, a następnie rekonfigurację systemu i realizowanie ograniczonego zakresu zadań.

Przyjęto, że zdalnie sterowany pojazd torujący przeznaczony będzie do realizacji szkolenia poligonowego, badań skuteczności działania trałów oraz prowadzenia rozminowania w terenie rozpoznany w zasięgu widoczności z miejsca, w którym znajduje się operator. Do obserwacji przedpoła oraz wnętrza przedziału kierowania, przewidziano zastosowanie bezprzewodowego łącza wizyjnego wyposażonego w trzy kamery telewizyjne. Struktura systemu zdalnego sterowania w połączeniu z odpowiednimi algorytmami i procedurami sterowania i kontroli jego działania powinna zapewnić współdziałanie z operatorem i skuteczne sterowanie pojazdem torującym - także w przypadku wystąpienia stanów awaryjnych, jak: zaniki i błędy w transmisji sygnałów sterujących, awarii sterownika, uszkodzeń elementów systemu oraz przekroczenia wartości dopuszczalnych przez parametry decydujące o bezpiecznym działaniu układu napędowego.

## 2. OGÓLNA BUDOWA SYSTEMU ZDALNEGO STEROWANIA

Ogólny, schemat strukturalny opracowywanego systemu zdalnego sterowania pojazdem torującym przedstawiono na rys. 1b. Składa się on z trzech podstawowych torów:

- I - sterowania układem napędowym i jazdą,
- II - sterowania zestawem torującym,
- III - wizyjnego.

Podstawowym jest tor zdalnego sterowania układem napędowym i jazdą. Sygnały sterujące, wysyłane przez operatora z pulpitu kontroli i sterowania układem napędowym i jazdą pojazdu, poprzez układ nadawczo-odbiorczy, odbierane są w układzie odbiorczo nadawczym (dwukierunkowe łącze transmisyjne), znajdującym się na pojeździe torującym i stąd po zdekodowaniu przekazywane są do części pokładowej i kierowane na poszczególne elementy wykonawcze. Przyłącze zdalnego sterowania, znajdujące się na pojeździe bazowym, umożliwia zarówno przesyłanie sygnałów sterujących do jego instalacji jak i zasilanie bloku pokładowego a także przesyłanie sygnałów informacyjno-kontrolnych do operatora.

Tor zdalnego sterowania zestawem torującym stanowi niezależne dwukierunkowe łącze transmisyjne, które umożliwia zdalne sterowanie zestawem torującym. Operator z pulpitu sterowania urządzeniami torującymi - który stanowi odzwierciedlenie pulpitu znajdującego się w pojeździe torującym - zdalnie steruje urządzeniami torującymi tj. trałem wykopowym, wyrzutniami ładunków wydłużonych oraz znacznikiem osi przejścia.

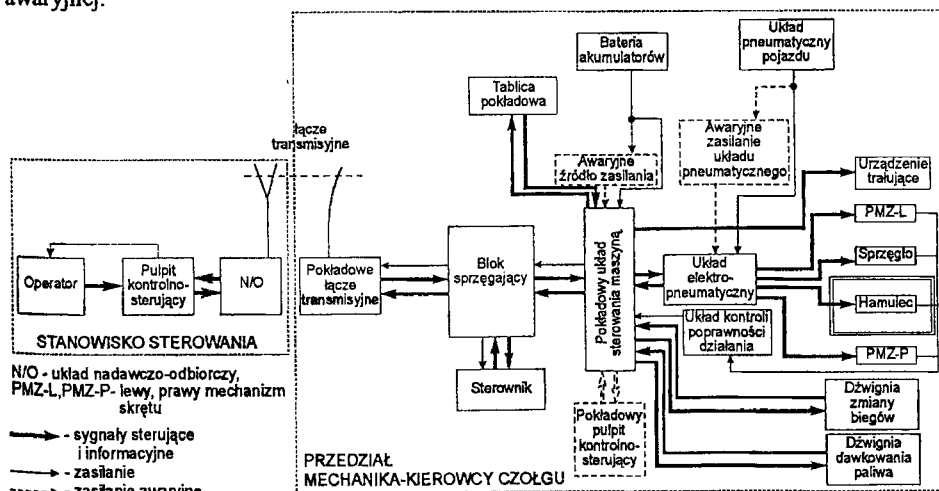
Ważnym elementem systemu zdalnego sterowania pojazdem torującym jest podsystem wizyjny, umożliwiający obserwację przedpoła oraz wnętrza przedziału kierowania. Składa się on z dwóch torów transmisyjnych (rys.1):

- jednokierunkowego, radiowego toru transmisji sygnałów wizyjnych;
- dwukierunkowego toru sterowania kamerami telewizyjnymi i przesyłania informacji o ich orientacji.

W torze wizyjnym zastosowano dwie kamery (K1 i K2 - rys.1b) montowane na zewnątrz pojazdu (lub w wieży - do peryskopu d-cy pojazdu) oraz kamerę (K3), umieszczoną w przedziale mechanika-kierowcy. Służy ona do obserwacji tablicy przyrządów kontrolnych oraz działania elementów wykonawczych systemu zdalnego sterowania układem napędowym i jazdą. Kamera K1 przeznaczona jest do bezpośredniej obserwacji otoczenia przed pojazdem, natomiast kamera K2 - do obserwacji dookólnej. Sygnały wizyjne, poprzez zdalnie przełączany multiplexer obrazu oraz układ nadawczy (rys.1b), transmitowane są jednokierunkowym torem radiowym ( $f=2000\text{MHz}$ ) do stanowiska sterowania. Do sterowania orientacją kamer (obrót w płaszczyźnie poziomej i pionowej) oraz zmianą ogniskowej (dla kamer K1 i K2), wykorzystane jest dwukierunkowe łącze radiowe a informacje o orientacji kamer przekazywane są na panel sterowania kamerami - będący elementem przenośnego stanowiska sterowania.

### 3. STRUKTURA TORU ZDALNEGO STEROWANIA UKŁADEM NAPĘDOWYM POJAZDU

Struktura toru zdalnego sterowania układem napędowym i jazdą pojazdem torującym (rys.2) (a także szczegółowe procedury jego działania) zostały dobrane pod kątem uzyskania jak największej niezawodności - w tym i zapewnienia pewnej autonomiczności w działaniu układu sterującego, szczególnie przy braku transmisji sygnałów pochodzących od operatora, a także możliwości bezpiecznego unieruchomienia pojazdu w przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnej.

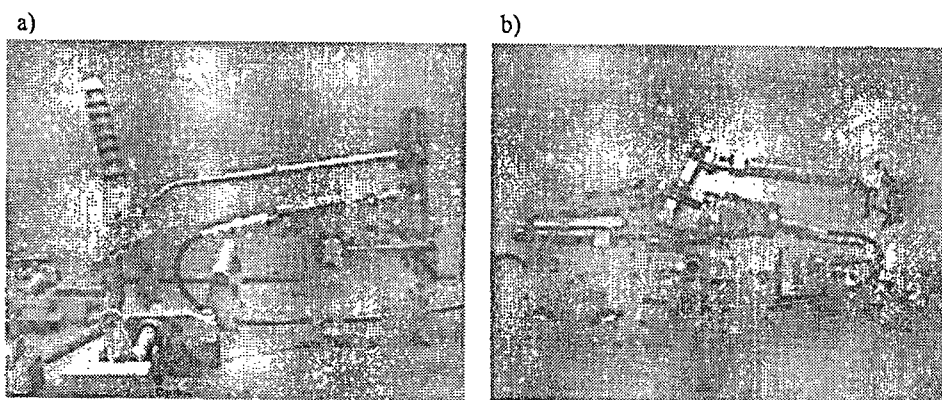


Rys.2. Rozwinięty schemat toru zdalnego sterowania układem napędowym i jazdą pojazdu torującego

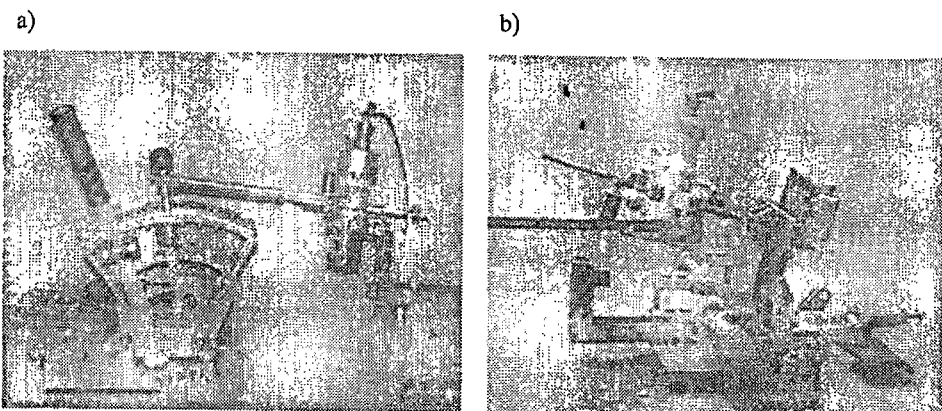
Sygnały sterujące z pulpitu zdalnego sterowania przesyłane są torem radiowym do pokładowego układu elektronicznego, którego głównymi elementami są blok sprzęgający i sterownik – realizujące funkcję wspomaganie operatora przy realizacji procesu zdalnego sterowania. Następnie poprzez układ elektryczny i elektropneumatyczny kierowane do bloku wykonawczego maszyny. Zastosowanie sterownika pozwala na automatyczną realizację niektórych, zaprogramowanych wcześniej funkcji sterujących. Realizuje on również zadania diagnostyczne i kontrolne.

W bloku wykonawczym za pomocą układów mechaniczno - pneumatycznych steruje się hamulcem, rozłączaniem napędu (sprzęgłem) i dźwigniami mechanizmów skretu (rys.3), a elektrycznie dźwignią zmiany biegów i pedałem dawkowania paliwa (rys.4). Sprężone powietrze pobierane jest poprzez zawory redukcyjne z pokładowej instalacji pneumatycznej.

Elektrycznie, za pomocą elektromechanizmów UT-6D (składających się z silnika prądu stałego o mocy 30W i trójstopniowej przekładni zębatej) napędzane są dźwignia zmiany biegów oraz pedał sterowania prędkością obrotową silnika. Umożliwia to „wybieranie” poszczególnych biegów oraz sterowanie pedałem dawkowaniem paliwa.



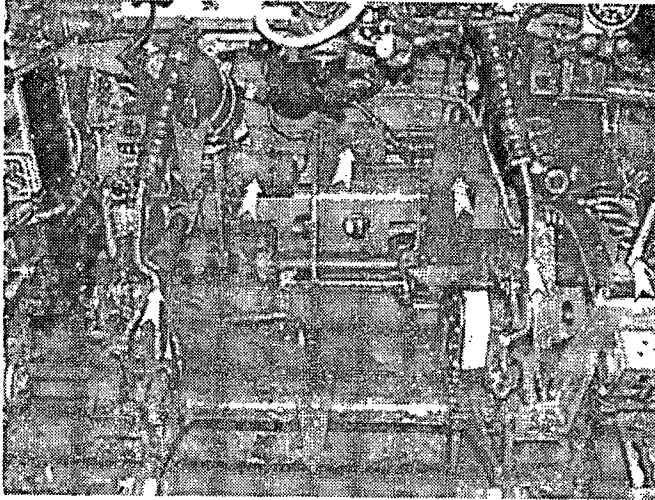
Rys.3. Układy wykonawcze sterowane pneumatycznie: a) układ sterowania planetarnym mechanizmem skretu, b) układ sterowania hamulcem



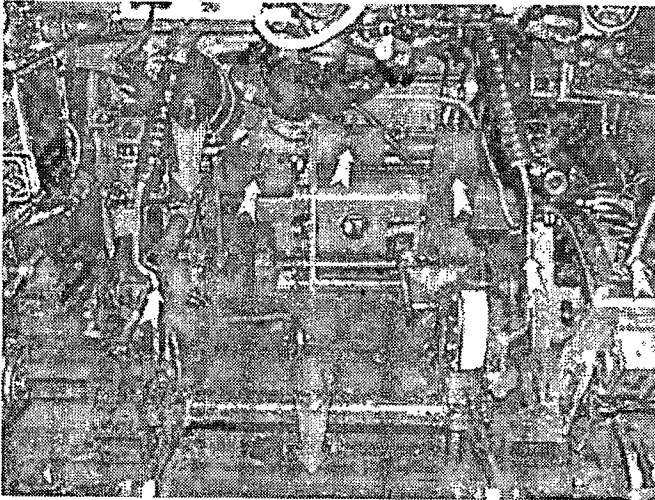
Rys. 4. Układy wykonawcze sterowane elektrycznie: a) układ sterowania zmianą biegów, b) układ sterowania dawkowaniem paliwa

Natomiast na rys.5 przedstawiono rozmieszczenie poszczególnych elementów i układów w kabinie mechanika-kierowcy.

a)



b)



Rys.5. Widok kabiny czołgu T-72: a) z zaznaczonymi punktami mocowania elementów bloku wykonawczego układu zdalnego sterowania, b) z zamontowanymi mechanizmami bloku wykonawczego układu zdalnego sterowania:

1 - siłownik sterowania położeniem pedału sprzęgła; 2 - siłownik sterowania położeniem pedału hamulca; 3 - zmodernizowany elektromechanizm UT-6D napędzający mechanizm sterowania położeniem dźwigni zmiany prędkości obrotowej silnika; 4, 6 - mechanizmy sterowania dźwigniami skrzętu; 5 - zmodernizowany elektromechanizm UT-6D napędzający mechanizm sterowania dźwignią zmiany biegów; 7 - tablica przyrządów kontrolno-pomiarowych; 8 - zawór pneumatyczny; 9 - specjalna rama wsuwana w miejsce siedziska mechanika-kierowcy

Struktura toru umożliwia jego rekonfigurację tak, aby po uszkodzeniu jednego z elementów możliwe było podtrzymanie jego funkcji sterowniczych (w zakresie niezbędnym do zatrzymania pojazdu i unieruchomienia silnika napędowego).

W przypadku uszkodzenia lub niewłaściwego działania sterownika mikroprocesorowego, możliwe jest bezpośrednie, zdalne sterowanie działaniem maszyny przez operatora przy ograniczonej informacji (generowanej w bloku sprzęgającym). W sytuacji, gdy wystąpi zakłócenie transmisji w układzie nadawczo-odbiorczym istnieje możliwość sterowania przewodowego maszyną - przy działaniu układu wspomagającego albo realizowane będą tylko awaryjne procedury sterujące (bez udziału operatora). W przypadku skrajnej dopuszczalnej destrukcji toru istnieje tylko możliwość awaryjnego unieruchomienia pojazdu poprzez włączenie hamulca postojowego (pełni on więc funkcję jądra niezawodnościowego). Takie rozwiązanie jest niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa obiektu sterowanego i otoczenia (ludzi i innych maszyn lub pojazdów).

W przypadku uszkodzenia toru wizyjnego, nie jest przewidywane żadne przeciwdziałanie doraźne, a określanie położenia pojazdu i kierunku jego ruchu będzie odbywać się poprzez obserwację pojazdu przez operatora (lub inną osobę) z wykorzystaniem przyrządów optycznych (np.: peryskop rozpoznania inżynierskiego PIR lub peryskop PBU).

#### 4. PODSUMOWANIE

Konieczność przebywania niezbędnej załogi w pojeździe stwarza wiele dodatkowych wymogów dotyczących zapewnienia niezbędnego minimum bezpieczeństwa i komfortu dla ludzi. Ma to istotny wpływ na rozwiązania konstrukcyjne maszyny, jej masę i gabaryty oraz wyposażenie pojazdu i koszty jego produkcji.

Przedstawione rozwiązanie doświadczalnego systemu zdalnego sterowania czołgiem torującym jest realizacją koncepcji doraźnego, modułowego konfigurowania systemu w zależności od potrzeb wynikających z zadań na polu walki.

Przyjęty sposób realizacji procesu zdalnego sterowania pojazdem torującym zapewnia działanie systemu zdalnego sterowania w sytuacjach awaryjnych, które mogą (z prawdopodobieństwem przekraczającym 0,7 [5]) wystąpić podczas rozminowania. Jednakże dalszych badań i opracowania wymagają procedury autonomicznego działania zrekonfigurowanej struktury systemu.

Przedstawione podejście do budowy systemu zdalnego sterowania wojskowymi pojazdami torującymi może stanowić podstawę do rozpoczęcia prac nad pojazdem torującym nowej generacji z rozbudowanymi elementami sterowania autonomicznego.

#### 5. LITERATURA

- [1] Bartnicki A., Kuczarski F., Typiak A., Wrona J.: *Sterowanie wojskowymi maszynami inżynierskimi w realizacji zadań inżynierskiego zabezpieczenia działań bojowych*, III Konferencja Naukowo-Techniczna: Nauka i praktyka w rozwoju uzbrojenia i sprzętu inżynierskiego, Karpacz 1997
- [2] Garstka J.: *Metody i techniki minowania i rozminowania*, Przegląd Wojsk Lądowych 4/1998
- [3] Grosch H.: *Kampf gegen minen*, Soldat und Technik 9/1996
- [4] Hewish M., Ness L.: *Mine - detection technologies*, International Defense Review 10/1995
- [5] Instrukcja Inż. 570/93, *Budowa i pokonywanie zapór inżynierskich*, Szefostwo Wojsk Inżynierskich MON, Warszawa 1994

- [6] Konopka S., Kuczmarowski F., Wrona J.: *The concept of remote controlled heavy mine clearance vehicle*, Fall 2000 Panel Business Week and Symposium on „Unmanned vehicles (UV) for aerial, ground and naval military operations”, Ankara, Turkey 2000
- [7] Masłowski A.: *Mobilne roboty interwencyjno-inspekcyjne*, XII Konferencja Naukowa, Napęd, sterowanie, automatyzacja maszyn roboczych i pojazdów, Rynia k/Warszawy 2000
- [8] Masłowski A.: *Surveillance mobile robot and teleoperation with elements of autonomous navigation to mine demining*, Conference on Sustainable Humanitarian Demining, Zagreb, Croatia 1997
- [9] Lehner P. E.: *Artificial intelligence and national defence*, TAB BOOKS INC., USA, 1989
- [10] Materiały konferencyjne: 8-12 International Symposium's on Automation and Robotics in Construction. 1991 - 2000
- [11] Marx S.: *ESG proposes old tanks for mine detection*, Jane's International Defence Review nr 6/1997
- [12] Ryszkowski M.: *Zdalnie sterowane pojazdy*, Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 4/1997
- [13] Sprawozdanie z realizacji PBS 101/96: *Zdalne sterowanie pracą oraz zwiększenie trwałości i niezawodności wojskowych maszyn inżynierskich do prac ziemnych*, etap I-IV. WAT, Warszawa 1996 – 1999.