

BARTNICKI Adam¹

Wymagania dla stanowiska zdalnego sterowania pojazdem bezzałogowym w zadaniach zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych

substancje niebezpieczne
platformy mobilne,
zdalne sterowanie

Streszczenie

W referacie przedstawiono problematykę powstawania zagrożeń spowodowanych niekontrolowanym uwalnianiem się substancji niebezpiecznych. Zwrócono szczególną uwagę na aspekty związane z likwidacją skutków tego typu zdarzeń, w świetle ochrony życia i zdrowia osób poszkodowanych i podmiotów ratowniczych. Wykorzystanie zdalnie sterowanych pojazdów bezzałogowych w zadaniach zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych pozwala na odsunięcie operatora od strefy bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia. Brak bodźcowego sprzężenia zwrotnego ze sterowanym obiektem, długotrwałe, precyzyjne sterowanie w funkcji teleoperatora determinuje rozwiązania konstrukcyjne stanowisk zdalnego sterowania pojazdami bezzałogowymi. W referacie przedstawiono wymagania stawiane stanowiskom i pulpitom zdalnego sterowania bezzałogowymi platformami lądowymi.

DEMAND FOR REMOTE CONTROL STATION OF UNMANNED PLATFORM IN TERMS OF CONDUCTING MISSIONS AIMING AT REDUCING THREAT CAUSED BY UNCONTROLLED LEAK OF DANGEROUS SUBSTANCES

Abstract

The paper presents the topic of the formation of threats caused by uncontrolled release of dangerous substances. Special attention was paid to aspects related to the elimination of the consequences of these events, in the light of life and health protection of victims and rescue operators. Use remote controlled unmanned vehicles in terms of conducting missions aiming at reducing threat caused by uncontrolled leak of dangerous substances allows to move away operator from the danger zone of life and health. Lack of stimulus feedback with control object, long-lasting and precision control in function of teleoperation determine structural solutions of remote control stations for unmanned vehicle. In this article present requirements for remote control stations and control desks for unmanned ground platforms.

1. 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. Wycieki gazowych substancji toksycznych, palnych lub tworzących mieszaniny wybuchowe z powietrzem są poważnym zagrożeniem dla ludzi, dóbr materialnych i środowiska naturalnego, w którym mogą wywoływać nieodwracalne zmiany i zniszczenia. Ich nagłe przedostanie się do otoczenia wywołuje często długotrwałe zaburzenie funkcjonowania całego ekosystemu. Z tego powodu niezwykle ważne jest bezpieczne i sprawne usuwanie ze środowiska zagrożeń, jakimi są substancje niebezpieczne.

Uwolnione do środowiska środki chemiczne mogą spowodować szybko rozprzestrzeniające się skażenie powietrza. W takich wypadkach możliwość podjęcia skutecznej interwencji jest znacznie ograniczona, ze względu na bardzo szybki rozwój zagrożenia. W przypadku przedostania się do środowiska gazowych substancji toksycznych o dużym zasięgu oddziaływania niemożliwa jest skuteczna interwencja techniczna. W takim wypadku konieczne jest podjęcie działań ratowniczych chroniących przede wszystkim zdrowie i życie ludzi (ewakuacja, wyłączenie prądu, dopływu gazu, zabezpieczanie strefy niebezpiecznej itp.)

Ze względu na rodzaj i skalę zagrożenia występującego przy skażeniach atmosfery przez niebezpieczne substancje chemiczne, najlepszym rozwiązaniem technicznym do działań ratowniczych i usuwania ich skutków są systemy bezzałogowe, sterowane drogą radiową. W przypadku Bezzałogowych Platform Lądowych (BPL) podstawowym celem jest zwiększanie dystansu między człowiekiem, a zagrożeniem. Dotyczy to również realizacji zadań w warunkach szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla ludzi. Rozwijane technologie lądowych platform bezzałogowych cechują się różnicowanym poziomem zaawansowania. Z uwagi na sposób i zakres kontroli zrobotyzowanej platformy można wyróżnić:

¹Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, 00-908 Warszawa, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2.
Tel: + 48 22 683-93-88, Fax: + 48 22 683-72-11, E-mail: abartnicki@wat.edu.pl

- Poziom I - zdalne sterowanie – pozwala na kontrolowanie wszystkimi funkcjami roboczymi, wymaga jednak bezpośredniej obserwacji platformy lub zastosowania dodatkowych systemów zobrazowania jej położenia;
- Poziom II – teleoperacja - pozwala na kontrolowanie wszystkimi funkcjami roboczymi, oraz umożliwia obserwację otoczenia platformy i efektów działania;
- Poziom III – teleoperacja z symulacją obecności - pozwala na kontrolowanie wszystkimi funkcjami roboczymi, umożliwia obserwację otoczenia platformy i efektów działania oraz przekazuje operatorowi bodźce sprzężenia zwrotnego umożliwiające szybką i prawidłową ocenę sytuacji;
- Poziom IV – półautonomia – zasadniczymi funkcjami steruje operator, jednak proste zadania lub standardowe czynności wymagające natychmiastowego działania mogą być realizowane bez udziału operatora (autonomicznie);
- Poziom V – autonomia i siećo-centryzm – po otrzymaniu zadania platforma realizuje je samodzielnie informując stanowisko kierowania o osiągnięciu zasadniczych etapów i przekazując do sieci zebrane informacje.

Bezzałogowe platformy lądowe w trakcie realizacji zadań ratownictwa chemicznego mogą być używane jako bezpieczne platformy zapewniające pozyskanie informacji o zagrożeniach w rejonie działania. W szczególności zapewniają one mogą zdolności z zakresu detekcji i pomiaru skażeń wywołanych toksycznymi środkami przemysłowymi oraz pochodzącymi od czynników broni chemicznej i źródeł promieniotwórczości.

2. SYSTEMY ZDALNEGO STEROWANIA BEZZAŁOGOWYMI PLATFORMAMI LĄDOWYMI W UKŁADZIE TELEOPERATORA

Poprzez teleoperację należy rozumieć system zbierania i przekazywania informacji wizyjnych w czasie rzeczywistym, umożliwiający operatorowi realizację zadań z chronionego stanowiska sterowania (rys.1). Właściwe zobrazowanie otoczenia i pracy wyposażenia wymaga zwykle zastosowania kilku kamer, często umieszczonych w głowicach obrotowych. Ponadto dla sprawnego operowania robotem niezbędne jest jednoznaczne odzwierciedlenie stanu wyposażenia i wykorzystywanych funkcji. W efekcie powstaje rozbudowany system sterowania kamerami, zobrazowania stanu wyposażenia oraz sterowania robotem, a panel sterowania staje się rozbudowany i nieporęczny. Dodatkowo rośnie również zapotrzebowanie na energię i masa źródeł zasilania. W efekcie system staje się mało mobilny i mało przydatny jako wyposażenie lekkich platform, wspierających pododdziały działające w trudnym terenie. Trwają intensywne prace nad jego miniaturyzacją oraz zapewnieniem intuicyjności sterowania.



Rys.1. Eksperymentalne stanowisko sterowania szybkobieżnej platformy RipSow wewnątrz transportera MI13 - efektywna teleoperacja wymaga zastosowania rozbudowanych systemów zobrazowania otoczenia oraz sterowania i kontroli [10]

Przykładem takiego rozwiązania jest HARV (Head-Aimed Remote Viewer) (rys.2). Ruchy kamery odpowiedzialnej za zobrazowanie terenu dzięki wbudowanym w goglach czujnikom przyspieszeń są sterowane przez ruchy głowy. W efekcie wyświetlany w goglach obraz ukazuje najbardziej interesujący dla operatora fragment otoczenia. Testy wykazały, że dzięki takiemu systemowi zobrazowania prędkość manewrowania lekkich platform i omijania przeszkód może wzrosnąć nawet 4-krotnie. Podobnie (o 300-400%), dzięki lepszemu zobrazowaniu otoczenia wzrasta efektywność pracy robotów EOD (rys.3).

Bardzo istotnym problemem teleoperacji – ograniczającym możliwości robocze robotów - są opóźnienia w systemie transmisji wizji. Podczas sterowania procesami wolnozmiennymi (np. sterowanie robotami policyjnymi poruszającymi się z prędkościami nie przekraczającymi 2 km/h) opóźnienia mogą dochodzić do 0,3-0,4 s, nie wpływając negatywnie na efektywność użycia. Większość standardowych cyfrowych łączy wizyjnych spełnia te wymagania. Aplikacje wojskowe, wymagające wysokich prędkości działania mają jednak znacznie wyższe wymagania. Dopuszczalne opóźnienia w torze transmisji wizji nie mogą przekraczać 0,1 s



Rys.2. System HARV umożliwia sterowanie kamerą ruchami głowy [10]



Rys.3. Robot EOD Talon wyposażony w system HARV [10]

Ponadto teleoperacja wymaga dużego obciążenia kanałów transmisji wizji – niezbędne są łącza szerokopasmowe. Przydatne do tego celu pasma wojskowe mają wysokie częstotliwości (powyżej 1 GHz), która jednak ogranicza ich zdolności propagacyjne w terenie zurbanizowanym oraz porośniętym roślinnością, stąd efektywny dystans teleoperacji platformami lądowymi w korzystnych warunkach (teren otwarty) nie przekracza zwykle 1÷1,5 km, natomiast w niekorzystnych warunkach może wynosić zaledwie kilkadziesiąt metrów. W celu zwiększenia niezawodności systemu, zaleca się wykorzystanie do sterowania platformą dostępnych wąskich pasm o niskiej częstotliwości, o lepszych właściwościach propagacyjnych. Wówczas po utracie łączności wizyjnej będzie możliwość wycofania robota i kontynuowania misji poszukując innych dróg jej realizacji.

Praca w systemie teleoperacji wymaga od operatora wysokiego stopnia koncentracji. Powoduje to jego szybkie zmęczenie – niejednokrotnie czas efektywnego działania nie przekracza 15 minut, stąd poszukiwanie rozwiązań ograniczających jego wysiłek i poprawiających percepcję otoczenia robota. Ponadto wycinkowy obszar obserwacji, brak kontaktu wzrokowego oraz brak odczuwania oddziaływań otoczenia na platformę (pochylenia wzdłużne i poprzeczne, przyspieszenia, wibracje, hałas) powoduje ograniczoną percepcję stanu zagrożeń. Sterowanie w takim systemie przypomina raczej grę komputerową niż rzeczywistość. W efekcie prowadzi to często do utraty stateczności, przewrócenia robota i utraty gotowości do pracy. Jest to akceptowalne tylko w przypadku małych i lekkich robotów. Bardziej rozbudowane, cenniejsze systemy powinny być lepiej chronione przed taką ewentualnością. Wskazane jest jednak zachowanie maksymalnych zdolności roboczych dopuszczalnych w aktualnych warunkach.

W celu ich właściwej oceny oraz zwiększenia efektywności sterowania budowane są systemy teleobecności. Oprócz informacji standardowych dla teleoperacji, powinny one dostarczać informacji zarówno „na żądanie” – np. ukazywać obraz z kierunku wybieranego na bieżąco ruchem głowy, jak i informacji oddziałujących na podświadomość - np. pochylenie terenu, czy stopień obciążenia układu napędowego bez konieczności śledzenia wskaźników. Prowadzone są również prace nad systemami poprawiającymi percepcję sterowania osprzętami np. poprzez wprowadzenie wyczuwania sił i obciążeń działających na osprzęty (rys.4). Uzyskiwane obecnie rezultaty nie są jednak adekwatne do ich złożoności i kosztów, a ponadto mało efektywne w warunkach polowych.

3. WYMAGANIA STAWIANE STANOWISKOM I PULPITOM ZDALNEGO STEROWANIA BEZZAŁOGOWYMI PLATFORMAMI LĄDOWYMI

Współczesne roboty mobilne, a w szczególności bezzałogowe pojazdy ratownicze (z uwagi na wykonywane zadania) powinny cechować się możliwością co najmniej ośmiogodzinnego czasu pracy. W odróżnieniu od pojazdów i maszyn załogowych sterowane są one w trybie teleoperacji, co w znaczny sposób wpływa na stopień zmęczenia teleoperatora. Istotnie wpływa na to również stres związany z prowadzeniem działań ratowniczych.



Rys.4. Eksperymentalne stanowisko sterowania zapewniające siłowe sprzężenie zwrotne z osprzętem platformy zbudowane w ramach programu ARTS (All-purpose Remote Transport System) [10]

Rozpatrując aspekt ergonomii sterowania (zmęczenie psychofizyczne operatora) istotne są takie czynniki jak:

- stopień skomplikowania urządzeń sterowanych;
- ilość elementów wykonawczych;
- ilość i forma przekazywanych przez pulpit informacji zwrotnych.

Im struktura urządzeń jest bardziej złożona i im więcej informacji zwrotnych dociera bezpośrednio do operatora tym jest większy stopień jego psychofizycznego obciążenia.

Efektywne prowadzenie działań z wykorzystaniem bezzałogowego pojazdu ratowniczego wymaga zatem zastosowania pulpitu sterującego umożliwiającego:

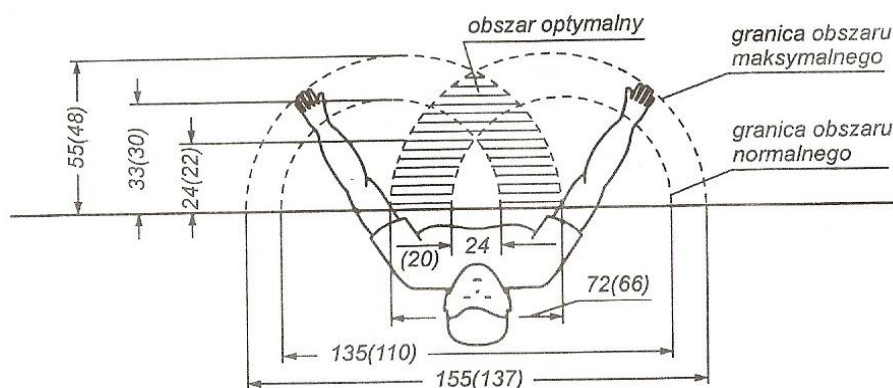
- minimalizację stopnia zmęczenia teleoperatora;
- czytelne przedstawianie przez pulpit niezbędnych informacji zwrotnych.

Ponadto w przypadku pojazdów bezzałogowych jednym z najistotniejszych elementów jest skomponowanie odpowiedniego wyświetlacza (kolory tła, czcionki itp.), jak również zapewnienie obrazu wizyjnego o wysokiej jakości. Złudzenia optyczne, mogące wystąpić podczas prowadzenia działań ratowniczych mogą znacznie wpłynąć na trafność podejmowania decyzji przez teleoperatora.

Ergonomicznie skonstruowany pulpit sterowania bezzałogowym pojazdem ratowniczym powinien mieć umieszczone wszelkie włączniki i dźwignie sterujące w teoretycznym obszarze pracy (rys.5). Określony jest on poprzez zasięg kończyn górnych, przy założeniu, że teleoperator nie zmienia swojego miejsca ani pozycji.

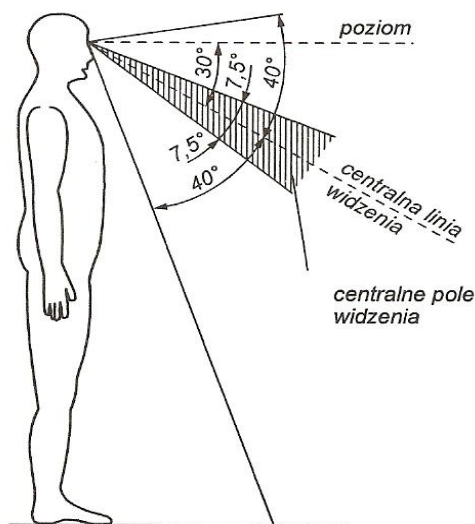
W obszarze przedstawionym na rysunku 1 rozróżnia się następujące zasięgi kończyn:

- a) dobiegowy maksymalny – określony końcami kończyn górnych przy wychyleniu ciała z postawy pionowej;
- b) dobiegowy normalny – określony końcami kończyn górnych bez wychylania ciała z postawy pionowej;
- c) manipulacyjny optymalny – określony ruchami kończyn wykonywanymi najbardziej sprawnie z uwagi na zużywanie przez człowieka energii i jego stopień zmęczenia.



Rys.5. Teoretyczny obszar pracy teleoperatora

Innym istotnym czynnikiem (z punktu widzenia ergonomii sterowania) jest odpowiednie rozmieszczenie przyrządów i wskaźników obserwowanych przez człowieka (wyświetlaczy, sygnalizatorów itp.). Zalecane jest umieszczenie ich w optymalnym zasięgu centralnego widzenia (rys.6), wyznaczonym poprzez centralną linię widzenia.



Rys.6. Centralne pole widzenia człowieka w pozycji stojącej

Pozostałe elementy kontrolno – sterujące rozmieszczone powinny być zgodnie z następującymi zasadami:

- ważności – najważniejsze urządzenia w optymalnym obszarze manipulacyjnym;
- częstości – najczęściej używane w pobliżu miejsca naturalnego położenia kończyn górnych;
- kolejności użycia – zgodnie z sekwencją włączania poszczególnych funkcji (np. procedura rozruchu silnika);
- pełnionej funkcji – zgrupowanie przełączników o podobnych funkcjach.

Większość robotów mobilnych dostępnych na rynku nie jest wytwarzana w seryjnej produkcji. Aspekt ergonomii sterowania nie był najistotniejszym uwzględnianym czynnikiem na etapie projektowania ich pulpitów sterujących.

Istniejące stanowiska sterowania robotami mobilnymi podzielić można na:

- stacjonarne;
- przenośne;
- stacjonarno - przenośne.

Przykłady istniejących stacjonarnych pulpitów sterowania przedstawiono na rys.7.

Pulpit (rys.7b) przeznaczony jest do sterowania demonstratorem technologii robota Robo-Scout (rys.7a), docelowo służącego do patrolowania i dozoru wytyczonego obszaru. Dlatego głównymi elementami sterującymi w tym przypadku są:

- kierownica służąca do sterowania jazdą;
- joystick - do sterowania kamerami;
- klawiatura z myszą - do obsługi stanowiska i przełączania trybów jego pracy.

Wykorzystanie standardowej klawiatury QWERTY do obsługi pulpitu (brak czytelnie opisanych klawiszy funkcyjnych) w znacznym stopniu utrudnia jego obsługę oraz zwiększa ilość koniecznych do zapamiętania przez operatora (przypisanych do klawiszy) funkcji. Asymetryczne rozmieszczenie dużych wyświetlaczy w znacznym stopniu utrudnia percepcję, wymuszając tym samym większą koncentrację teleoperatora.



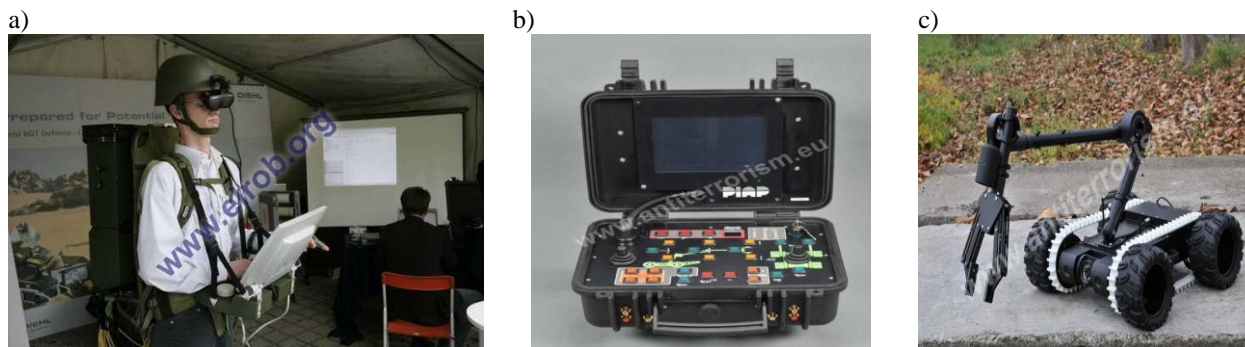
Rys.7. Wybrane przykłady istniejących stacjonarnych pulpitów sterowania pojazdami bezzałogowymi: a) pulpit robota Robo-Scout, b) robot Robo-Scout, c) pulpit robota Lisa [7,8]

Stacjonarne stanowisko sterowania robota Lisa (rys.7c) składa się z:

- dwóch wyświetlaczy;
- joysticka sterującego ruchem robota.

Joystick w tym przypadku wykorzystywany jest do sterowania zarówno jazdą jak i manipulatorem roboczym, jest on jednak zbyt duży, przez co jego używanie jest utrudnione.

Przenośne stanowiska sterowania stosowane są przede wszystkim w przypadku mniejszych robotów inspekcyjnych (rys.8).



Rys.8. Przykłady rozwiązań przenośnych pulpitu sterujących: a) pulpit robota inspekcyjno - interwencyjnego, b) pulpit robota Scout, c) robot Scout [6]

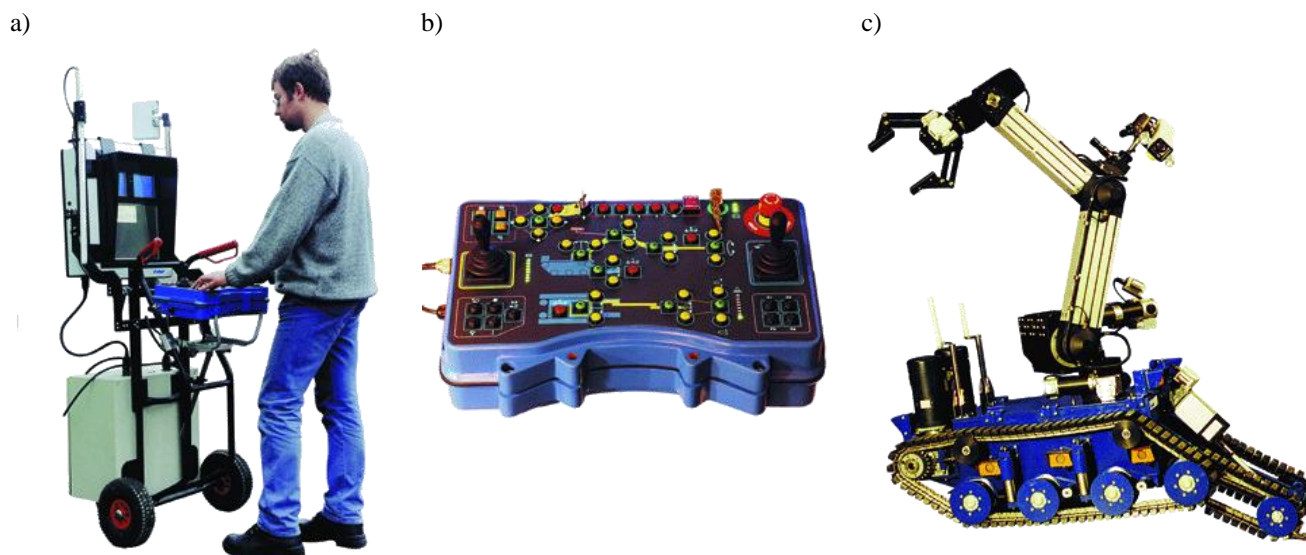
Stanowisko sterowania (noszone przez człowieka) przedstawione na rysunku 8a jest stosunkowo ciężkie (masa ok. 15 kg), przez co zmęczenie operatora następuje stosunkowo szybko. Elementem wizyjnym w tym systemie jest biookular. Jego zaletą jest zwarta budowa, natomiast główną wadą - szybkie męczenie wzroku operatora.

Pulpit przenośny robota Scout (rys.8b) posiada kompaktową, walizkową konstrukcję. Do sterowania ruchem robota oraz manipulatora wykorzystywane są dwie stosunkowo nieduże dźwignie. Niewątpliwie ich rozmiar utrudnia ich używanie. Korzystanie przez operatora z niewielkich rozmiarów wyświetlacza, na który przekazywany jest obraz z kamer systemu teleoperacji również przyczynia się do szybszego zmęczenia operatora.

Stanowiska stacjonarno - przenośne (rys.9) mogą być stosowane w dwóch wariantach:

- gdy wymagane jest sterowanie robotem z bezpiecznej odległości (w oparciu o obraz z kamer) - wówczas wykorzystywane jest całe stanowisko (rys.9a);
- gdy można sterować ruchem robota na podstawie jego obserwacji (bez systemu teleoperacji) - wówczas z całego stanowiska zdejmuje się pulpit (rys.9b) i za jego pomocą steruje się ruchem robota.

Stanowisko w wersji stacjonarnej (rys.9a), dzięki zastosowaniu trzech wyświetlaczy (jednego głównego i dwóch pomocniczych), umieszczonych w centralnym polu widzenia zapewnia dobre zobrazowanie otoczenia. Niekorzystne z uwagi na ergonomię sterowania jest zamontowanie na pulpicie sterującym (rys.9b) dużej liczby włączników umieszczonych w chaotyczny sposób na płycie czołowej.



Rys.9. Stanowisko sterowania robotem Inspector: a) w wersji stacjonarnej, b) w wersji przenośnej [9]

W Katedrze Budowy Maszyn Wojskowej Akademii Technicznej prowadzone są badania nad doбором struktury systemu zdalnego sterowania dla bezzałogowych platform lądowych zarówno w aspekcie ergonomii jak również intuicyjności i precyzji sterowania. Badania te prowadzone są w oparciu o skonstruowane w katedrze zdalnie sterowane roboty, w których wykorzystano hydrostatyczne układy napędowe jazdy i osprzętu roboczego. Poszukując odpowiednich elementów sterujących posłużono się typowymi, komercyjnymi rozwiązaniami (trend „low cost” zapożyczony z armii

amerykańskiej, gdzie bezzałogowe jednostki saperskie sterowane są za pomocą kontrolerów do konsol gier) jak również rozwiązaniami autorskimi, w układzie sterowania w funkcji teleoperatora i bezpośredniej widoczności sterowanego obiektu.

Na rys.10b przedstawiono dwuczłonową platformę lądową, w której układ napędowy jazdy stanowią cztery, niezależnie napędzane silnikami gerotorowymi, gaśienice. Skręt pojazdu realizowany jest poprzez zmianę kąta wzajemnego położenia obydwu członów połączonych sprzęgiem hydraulicznym. W tym przypadku w charakterze elementu sterującego użyto aparaturę RC wykorzystywaną do zdalnego sterowania modelami samochodów (rys.10a).



Rys.10. Zdalnie sterowana, bezzałogowa platforma lądowa Dromader: a) element sterujący Spektrum DX3S, b) widok platformy

Jak wcześniej wspomniano, sterowanie w funkcji teleoperatora oprócz sygnałów sterujących pojazdem wymaga dobrego zobrazowania przestrzeni roboczej wokół sterowanego pojazdu. W tym przypadku stanowiska sterowania rozbudowuje się o elementy wizualizacji i monitoringu. Na rys.11 przedstawiono stanowisko zdalnego sterowania robotem wsparcia inżynierskiego Marek, w którym zarówno system wizyjny jak i system sterowania jazdą i ruchami roboczymi oparto o magistralę CAN. Na stanowisku przeprowadzono szereg badań doświadczalnych, które pozwoliły dobrać i określić schemat rozmieszczenia poszczególnych elementów sterujących, kontrolno-pomiarowych i wizyjnych.



Rys.11. Stanowisko zdalnego sterowania robotem wsparcia inżynierskiego Marek

Poszukując optymalnego rozwiązania stanowiska zdalnego sterowania pojazdami bezzałogowymi, rozpatrywano różne konfiguracje pulpitu zdalnego sterowania pod względem rodzaju i ilości użytych elementów. Na rys.12 przedstawiono jedno z rozwiązań stanowiska i pulpitu zdalnego sterowania przegubową platformą Boguś o łącznej masie obydwu członów około 4500 kg. Zbyt duża ilość elementów sterujących (w tym przypadku joysticków) obniża efektywność

sterowania pojazdem. Lepszym rozwiązaniem jest przyporządkowanie kilku funkcji pojedynczym elementom, przełączanych za pomocą dodatkowych włączników i przycisków znajdujących się tych elementach.



Rys.12 Stanowisko zdalnego sterowania robotem Boguś

4. WNIOSKI

Specyfika zadań realizowanych przez współczesne bezzałogowe pojazdy lądowe, możliwość wykorzystania ich w zadaniach, których wykonanie związane jest z bezpośrednim zagrożeniem zdrowia i życia operatora, stawia bardzo wysokie wymagania zarówno ich układom napędowym jak również systemom sterowania nimi. Podstawowym wymaganiem dla tego typu rozwiązań jest zapewnienie dużej mobilności platform i precyzji sterowania podczas prowadzonych misji. Od wielu lat w Katedrze Budowy Maszyn WAT prowadzone są badania nad doбором struktury i elementów systemu sterowania w układzie teleoperatora, których rezultaty pozwolą na stworzenie systemu intuicyjnego sterowania zdalnie sterowanymi pojazdami lądowymi, wspomaganego systemem zobrazowania terenu. Systemy te testowane są w oparciu o stanowiska badawcze i zdalnie sterowane platformy mobilne skonstruowane w katedrze, których systemy sterowania zbudowano w oparciu o technologię CAN-bus.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bartnicki A., Łopatka M.J.: *Wymagania stawiane platformom mobilnym w zadaniach zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych*, LOGISTYKA 6/2011.
- [2] Bartnicki A., Łopatka M.J., Typiak R.: *Problemy teleoperacji w sterowaniu bezzałogowymi platformami lądowymi*, „Wiedza, ambicja technologia”, WAT, Warszawa 2011.
- [3] Bartnicki A.: *Operating parameters of the robot manipulator of engineering support*, Polish Journal of Environmental Studies, vol. 20, No. 5A 2011.
- [4] Konopka S., Typiak R.: *Dobór systemu wizyjnego dla bezzałogowej szybkobieżnej maszyny inżynierskiej*, Transport przemysłowy i maszyny robocze 2(12)/2011.
- [5] Sprawozdanie z PBR 15-454/2008/WAT, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, *Inżynierski robot wsparcia misji EOD/IED – usuwania ładunków niebezpiecznych*, WAT, Warszawa 2011.
- [6] http://www.asimo.pl/modele/scout_robot.php.
- [7] <http://www.c-elrob.eu>.
- [8] <http://www.elrob.org>.
- [9] http://www.antyterroryzm.com/robot_antyterrorystyczny.php.
- [10] M-ELROB 2008, Infantry School Hammelburg, Hammelburg 2008

Niniejsza praca jest częściowo finansowana z projektu rozwojowego nr 1649/B/T00/2010/40