

TYPIAK Andrzej<sup>1</sup>  
MINCEWICZ Piotr<sup>2</sup>

## Mobilne stanowisko zdalnego sterowania robotem wsparcia inżynierskiego

*Zdalne sterowanie, inżynierski robot wsparcia, teleoperacja*

### Streszczenie

*W referacie przedstawiono rozwiązanie pulpitu zdalnego sterowania robotem wsparcia inżynierskiego „Marek”. Robot przeznaczony do usuwania niebezpiecznych ładunków wymagał opracowania mobilnego stanowiska zdalnego sterowania. Warunkiem koniecznym było zapewnienie niezawodnego i nieskrępowanego sterowania robotem a jednocześnie zapewnienie operatorowi ochrony przed skutkami eksplozji podejmowanych ładunków.*

### MOBILE POST FOR REMOTE CONTROLLED ENGINEERING SUPPORT ROBOT

### Abstract

*The paper presents a solution desktop for remote controlled support engineer robot, "Marek". This robot is designed to removal of dangerous goods. Very important issue is to develop of mobile remote control position. A necessary condition was to provide reliable and unfettered control of a robot operator while still providing protection against the effects of the explosion made be taken goods.*

### 1. WSTĘP

Inżynierski robot wsparcia „Marek” (IRW „Marek”), przedstawiony na rysunku 1, przeznaczony jest do realizacji misji EOD/IED (Explosive Ordnance Disposal/ Improvised Explosive Device), czyli najtrudniejszych i najniebezpieczniejszych zadań bojowych, takich jak: ochrona konwojów, torowanie dróg przejazdu, usuwanie i neutralizacja min, amunicji i niewybuchów określanych mianem UXO (Unexploded Ordnance) oraz improwizowanych ładunków wybuchowych [1,3]. W tym celu został on wyposażony w dwa osprzęty:

- ładowarkowy – wykorzystywany do torowania, unoszenia/przewracania obiektów wielkogabarytowych, wykopywania płytko zagłębionych UXO, oraz stanowi podporę podczas pracy manipulatorem;
- manipulatorowy – służący do podejmowania, przenoszenia i przeładunku przedmiotów niebezpiecznych, umieszczone w przydrożnych rowach i lejach, oraz załadunku i rozładunku samochodów.

a)



b)



Rys. 1. Inżynierski robot wsparcia „Marek”: a – wizja konstruktorska, b - obiekt rzeczywisty [4]

Pojazd posiada sześciokołowy układ bieżny z hydropneumatycznym sterowanym zawieszeniem. Przeniesienie napędu odbywa się na drodze hydrostatycznej, a skręt realizowany jest w sposób burtowy. Każde z kół posiada własny, zamontowany bezpośrednio w nim, silnik hydrauliczny. Robot dysponuje dwoma trybami jazdy: terenowym i szosowym, które uzyskuje się poprzez równoległe bądź szeregowe połączenie jednostek hydrostatycznych w każdej z burt. Umożliwiają one rozwijanie maksymalnych prędkości wynoszących odpowiednio ok. 10-13 km/h i 30-40 km-h. W obu przypadkach napęd przenoszony na każde koło, niezależnie od jego przyczepności do podłoża.

Przyjęcie takich rozwiązań podyktowane było dążeniem do uzyskania dobrej mobilności terenowej. Wiąże to się z odpowiednio niskimi naciskami jednostkowymi kół na podłoże, wysoką zdolnością pokonywania przeszkód terenowych i zwrotnością. Przełożyło się to m.in. na zastosowanie podatnego zawieszenia umożliwiającego przejazd przez nierówności o wysokości i głębokości do 0,5 m (rys. 2).

<sup>1</sup>Wojskowa Akademia Techniczna Wydział Mechaniczny; 00-908 Warszawa ul. Kaliskiego 2.  
Tel: + 48 22 683-93-88, Fax: + 48 22 683-71-11, E-mail: atypiak@wat.edu.pl

<sup>2</sup>Wojskowa Akademia Techniczna Wydział Mechaniczny; 00-908 Warszawa ul. Kaliskiego 2.  
Tel: + 48 22 683-93-88, Fax: + 48 22 683-71-11, E-mail: p-mincek@wp.pl

Ważnym aspektem przy projektowaniu robota była jego podatność transportowa. Szczególny nacisk położono na wymiary zewnętrzne (długość 4,5m, szerokość 2,1m, oraz wysokość 1,75m.). Zostały one tak kreślone, aby możliwe było przewożenie pojazdu średniej klasy samochodem ciężarowym, spedycję kontenerem, a nawet przerzut śmigłowcem transportowym Mi-8.

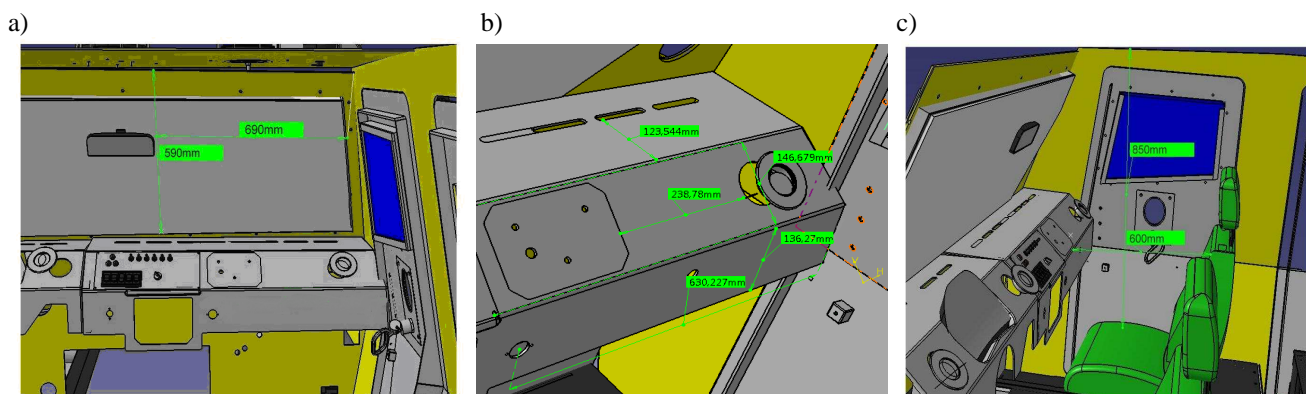
Jako pojazd nośnik mobilnego stanowiska sterowania robotem inżynieryjnym wytypowano samochód patrolowo-interwencyjny „Dzik”. Zaliczany jest on do kategorii pojazdów o wysokiej mobilności, lekko opancerzony i uzbrojony, przeznaczony do przeprowadzania walki z grupami zbrojnymi wyposażonymi w broń maszynową oraz ładunki wybuchowe. Pojazd Dzik-3 jest przeznaczony do działań w sytuacjach zagrożenia ostrzałem lub użyciem ładunków wybuchowych. Wnętrze pojazdu jest przystosowane do przewozu czterech osób na wzdłużnych ławkach rozmieszczonych w tylnej części pojazdu. Obok kierowcy znajduje się miejsce dla dowódcy. Miejsce to zostało zaadaptowane dla operatora zdalnie sterowanych maszyn inżynieryjnych.



Rys. 2. Samochód patrolowo – interwencyjny „Dzik” [1]

## 2. WYBÓR PRZESTRZENI DO ZAINSTALOWANIA APARATURY ZDALNEGO STEROWANIA

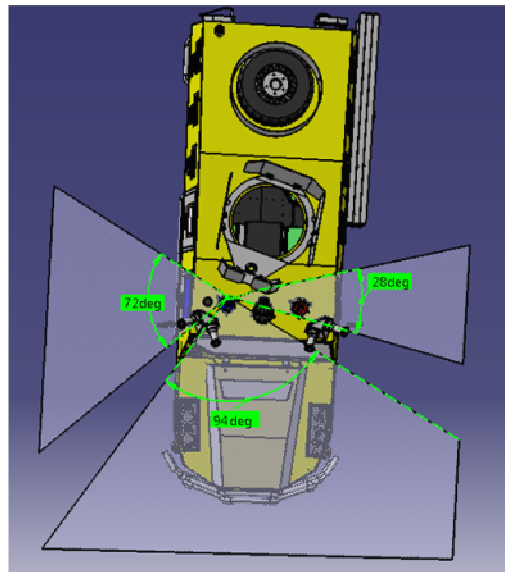
Do zainstalowania aparatury zdalnego sterowania, wyznaczono miejsce się w prawej części kabiny, w obrębie siedzenia przeznaczonego dla dowódcy pojazdu. Dostępna przestrzeń umożliwiająca adaptację wnętrza pojazdu została wyznaczona bezpośrednio w pojeździe uwzględniając rozmieszczenie elementów sterowniczych i obszary widoczności z kabiny. Przyjęto założenie, że jedna osoba będzie bezpośrednio sterowała robotem zarówno podczas jazdy i manewrowania jak też podczas manipulowania osprzętami roboczymi. Widoczne na rysunkach poglądowych (rys. 3 a b c) wymiary, wskazują dostępną przestrzeń, którą można wykorzystać do umieszczenia elementów układu zdalnego sterowania. Istotnym zagadnieniem jest rozmieszczenie elementów w sposób ergonomiczny nie utrudniający dostępu do pozostałych elementów wyposażenia pojazdu i umożliwiający kierowcy jazdę i manewrowanie pojazdem.



Rys. 3. Przestrzeń wewnątrz kabiny pojazdu „Dzik”: a – umożliwiająca zainstalowanie monitora wyświetlającego obraz z kamer robota; b - dostępna przestrzeń na desce rozdzielczej; c - odległość oparcia siedzenia na wysokości ramion osoby sterującej, oraz odległość po między dachem, a siedziskiem operatora [3]

Stanowisko sterownicze wyposażone jest w urządzenia wspomagające aparaturę kontrolno-sterowniczą, ekrany wyświetlające widok z kamer robota. Kształt i rozmieszczenie tych urządzeń wpływa bezpośrednio na formę organizacji stanowiska pracy.

Ze względu na brak informacji dotyczących określenia widoczności z wnętrza pojazdu „Dzik” wykonano pomiary wyznaczenia stref widoczności z pozycji operatora znajdującego się wewnątrz kabiny po stronie dowódcy. Pomiar widoczności został przeprowadzony zarówno po obu stronach pojazdu jak i bezpośrednio przed pojazdem. Na podstawie wyników pomiarów wyznaczono wartości kątów określających graniczne linie stref widoczności z wnętrza pojazdu (rys. 4).



Rys. 4. Strefy widoczności z miejsca dowódcy pojazdu [3]

### 3. WYBÓR PRZESTRZENI DO ZAINSTALOWANIA APARATURY ZDALNEGO STEROWANIA

Ergonomiczne miejsce pracy charakteryzuje się przystosowaniem do cech fizycznych i psychicznych człowieka. Miejscem pracy kierowcy jest kabina, która powinna zapewniać dogodne warunki wielogodzinnej jazdy bez nadmiernego zmęczenia fizycznego i psychicznego. O ergonomii kabiny i komforcie pracy kierowcy decyduje wiele czynników [10], do których należą:

- skuteczną wibroizolacją drgań i hałasu;
- łatwość wsiadania i wysiadania z pojazdu;
- odpowiednią przestrzeń do wykonywania czynności związanych z pracą i odpoczynkiem oraz możliwość zajęcia dogodnej pozycji, niezależnie od cech fizycznych operatora, takich jak wzrost, masa, proporcje budowy ciała;
- łatwe, wygodne i pewne posługiwanie się urządzeniami do kierowania, hamowania, sygnalizacji i oświetlenia drogi z równoczesnym jej obserwowaniem;
- dostarczanie w sposób czytelny i jednoznaczny wszelkich informacji o funkcjonowaniu mechanizmów pojazdu i sytuacji zewnętrznej (widoczność z samochodu);
- przyjazne dla człowieka warunki środowiskowe (m.in. temperatura i wilgotność);
- oświetlenie wnętrza i tablicy rozdzielczej.

Pozycja operatora podczas pracy zależy głównie od wzajemnego położenia koła kierownicy i fotela, a w szczególności od ukształtowania oparcia fotela, wysokości siedziska fotela nad podłogą i kąta pochylenia koła kierownicy. Minimalne wymiary wewnętrzne kabiny i fotela oraz położenie elementów sterowania (pedały, koło kierownicy, dźwignia zmiany biegów, przełączniki) są znormalizowane. Koło kierownicy i fotel mają na ogół szeroki zakres regulacji, co pozwala kierowcy na uzyskanie wygodnej pozycji podczas jazdy, niezależnie od jego wzrostu i masy. Wysokość i kąt nachylenia kierownicy mogą być regulowane przy użyciu dźwigni lub pedału przy kolumnie kierownicy. W celu umożliwienia wygodnego wsiadania i wysiadania kolumna kierownicy może mieć możliwość odchylenia w kierunku przedniej szyby. Tak jak w samochodach osobowych, również w samochodach ciężarowych często fotele kierowcy mają wielokierunkową regulację, obejmującą możliwość zmiany położenia wzdłużnego, pochylenia oparcia i pionowego położenia siedziska. W celu ułatwienia wysiadania niekiedy są stosowane mechanizmy umożliwiające szybkie obniżanie fotela. Zakres regulacji fotela pasażera jest na ogół znacznie mniejszy niż fotela kierowcy.

Częste posługiwanie się mechanizmami sterowania, może prowadzić do szybkiego zmęczenia operatora. Dlatego wartości sił niezbędnych do uruchamiania mechanizmów prowadzenia pojazdu (pedału sprzęgła, hamulca, dźwigni zmiany biegów) powinny być jak najmniejsze. Maksymalne wartości tych sił są znormalizowane. Wyposażenie kabiny w liczne urządzenia sterowane przez kierowcę oraz coraz bardziej rozbudowane układy kontroli prowadzą do zwiększania liczby przełączników i wskaźników na tablicy rozdzielczej. Przełączniki powinny być umieszczone w taki sposób, aby posługiwanie się nimi było łatwe oraz nie utrudniało kierowcy jego zasadniczych czynności, czyli kierowania pojazdem i obserwacji otoczenia.

Przyrządy kontrolne umieszczone na tablicy rozdzielczej powinny być dobrze widoczne i czytelne w każdych warunkach oświetlenia. Obserwacja znacznie rozbudowanej tablicy rozdzielczej może powodować rozpraszanie uwagi

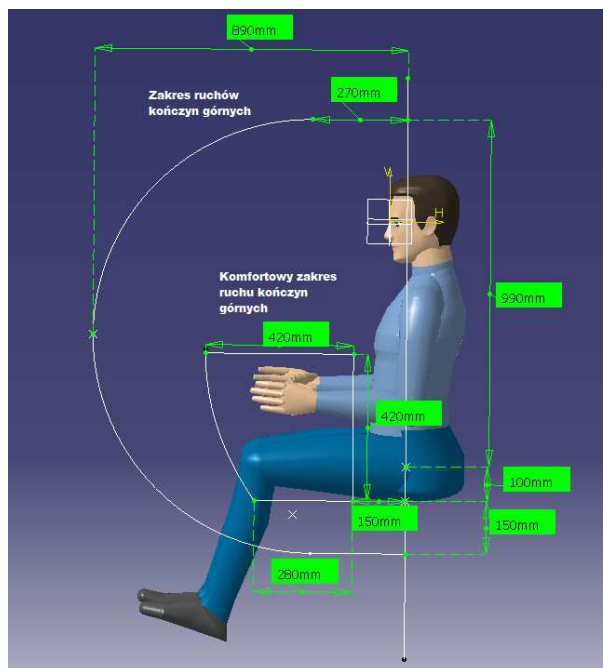


kierowcy, dlatego tablica rozdzielcza może być wyposażona w system ostrzegawczy, działający np. w ten sposób, że w sytuacji, kiedy któryś ze sterowanych układów nieprawidłowo funkcjonuje, na tablicy rozdzielczej zapala się lampka sygnalizacyjna lub pojawia się sygnał dźwiękowy, informujący o konieczności prześledzenia wskaźników na tablicy rozdzielczej. Podobnie może być sygnalizowany nakaz natychmiastowego zatrzymania samochodu, pochodzący z układu samodiagnozowania zespołów samochodu lub układu kontroli ładunku (mocowanie, temperatura, szczelność itp.) [10].

Analiza wymagań ergonomicznych z zakresu projektowania stanowiska pracy stanowi podstawę do wykonania projektu stanowiska zdalnego sterowania pojazdem bezzałogowym. Uwzględniając powyższe wymagania stanowisko zapewni komfort pracy operatorowi przez 4-6 godz.

Jednym z głównych celów projektowania stanowiska pracy jest zapewnienie operatorowi optymalnego komfortu w czasie pracy. Dlatego też montując na stanowisku wszystkie przyrządy sterownicze należy mieć na uwadze częstość ich wykorzystywania.

Rysunek 5 przedstawia strefy zasięgu kończyn operatora oraz rozmieszczenie dźwigni i przełączników sterowniczych. Podstawowym przyrządem sterowniczym pojazdu jest kierownica (3), dlatego też została ona zamontowana w optymalnym zasięgu obu rąk operatora. W zasięgu normalnym prawej ręki znalazły się również najczęściej używane w czasie jazdy dźwignie tj.: dźwignia zmiany biegów (1) i dźwignia sterowania sterami wodnymi (2). Według standardu po prawej stronie zainstalowano również stacyjkę oraz włącznik masy. W strefie zasięgu normalnego lewej ręki zamontowane zostały pozostałe przełączniki. Ich dokładne położenie zależy od częstości używania w czasie pracy. Przełączniki trybu pracy (5) znalazły się w najbliższej od operatora, ponieważ ich użycie jest niezbędne w czasie jazdy po zróżnicowanym terenie. Poniżej zainstalowano następujące przełączniki, w odpowiedniej kolejności: trybu oświetlenia (6), urządzeń pomocniczych (7); CPK (8). Przyciski centralnego pompowania kół jako najrzadziej używane znalazły się w skrajnym pulpicie. Przełączniki rodzaju świateł (4) zamontowano w większej odległości od operatora, ale w strefie maksymalnego zasięgu jego rąk. Do sterowania pojazdem używane są też dźwignie sterownicze. Na stanowisku zamontowano po prawej stronie dźwignia przyspieszenia i hamulca. Znajdują się one w normalnym zasięgu prawej nogi sterującego.



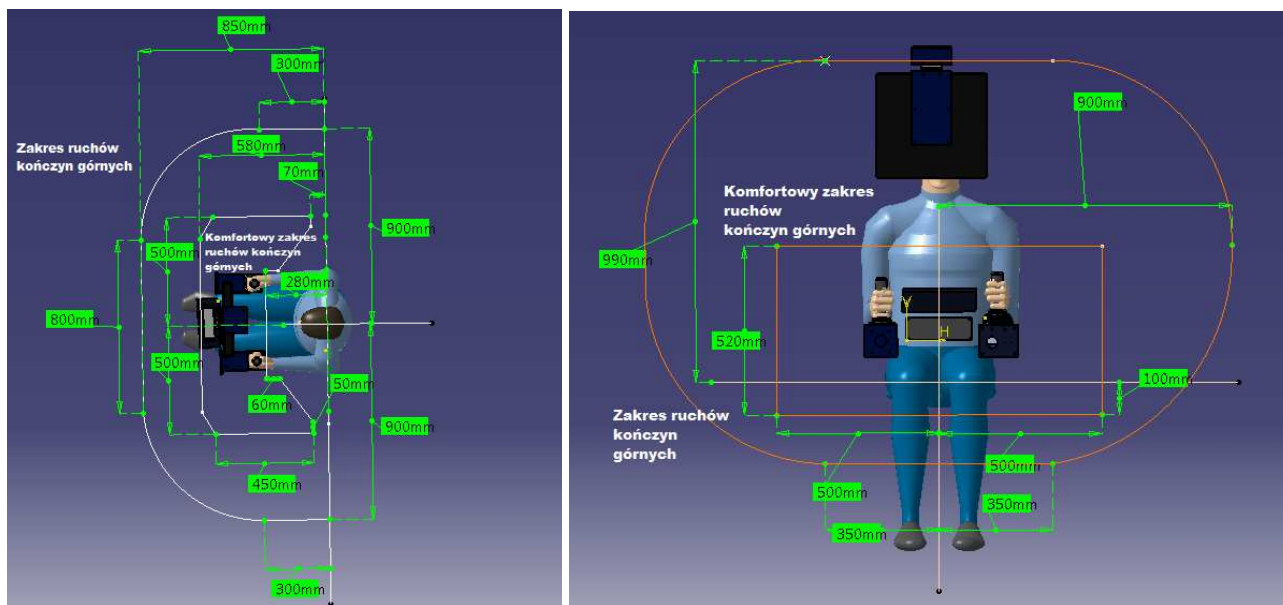
Rys. 5. Zakres ruchów kończyn górnych na podstawie normy SAE J898 [3]

Przystosowanie konstrukcji urządzeń technicznych i wyposażenia na stanowisku pracy do wymiarów ciała ludzkiego, z uwzględnieniem jego ruchów, osiągane jest przez praktyczne wykorzystanie w projektowaniu zasad antropometrii. Aktualnym zbiorem danych antropometrycznych dla obszaru projektowania maszyn jest polska norma PN-ISO 3411:1998. Zawiera ona charakterystyki budowy ludzkiego ciała osób: niskich -5 centyli, średnich -50 centyli, wysokich (95 centyli).

Rozpatrując sposób w jakim zostało zaprojektowane wnętrze pojazdu „Dzik”, należy zwrócić uwagę na ergonomiczne kryteria projektowe, które obejmują swoją treścią całą problematykę związaną z synteza systemów człowiek-obiekt techniczny. Według normy PN-81/N-08010 „Ergonomiczne zasady projektowania systemów pracy” projektowanie takich systemów powinno obejmować następujące zadania: projektowanie przestrzeni pracy i środków pracy z uwzględnieniem wymiarów ciała ludzkiego, postawy ciała, siły mięśni, ruchów ciała i jego części, specyfikacji odbioru sygnałów i wykonywania czynności sterowniczych. Sformułowane w ten sposób zadania projektowe są jednocześnie podstawą do wyznaczania i oceny istotnych cech jakości ergonomicznej stanowiska pracy.

Ergonomicznie zaprojektowane wnętrze powinno zawierać zasady ergonomii, które mają na celu zmniejszenie obciążenia psychicznego i fizycznego oraz wysiłku operatora lub w tym przypadku osoby sterującej robotem wsparcia. Zasady te należy wziąć pod uwagę podczas podziału zadań pomiędzy operatora i maszynę. Wszystkie elementy sterownicze, sygnalizacyjne lub informacyjne powinny być tak zaprojektowane, żeby były łatwo zrozumiałe oraz

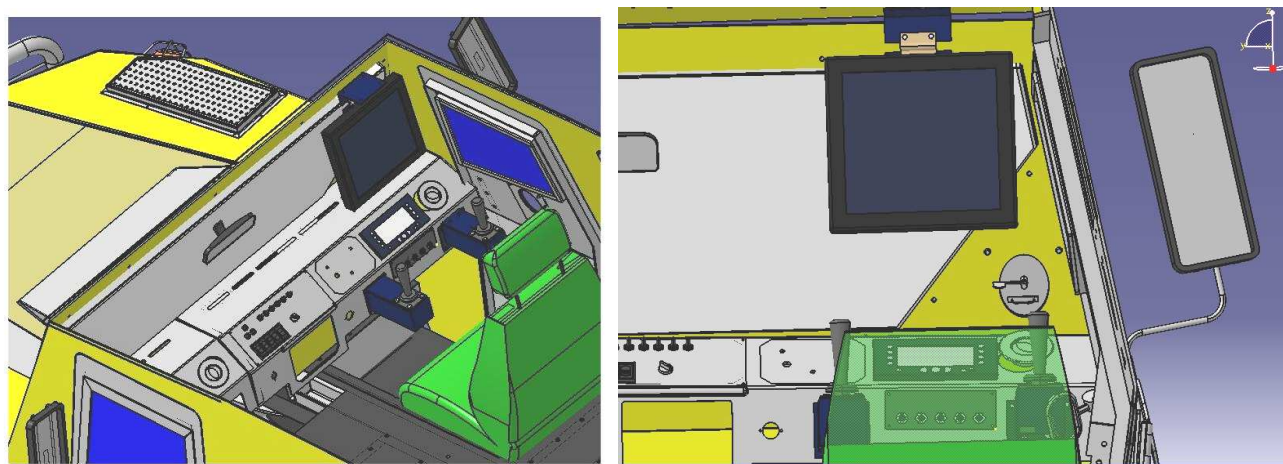
umożliwiały pełne i jednoznaczne współdziałanie człowieka z maszyną. Szczególna uwaga w ocenie ergonomii pojazdu powinna być skierowana na aspekty, które zawsze powinny być uwzględniane przy projektowaniu maszyny: unikanie uciążliwych pozycji ciała i jego ruchów podczas użytkowania maszyny, elementy sterujące zwłaszcza trzymane ręcznie, powinny być dostosowane do budowy anatomicznej kończyn oraz ich obsługiwanie nie powinno sprawiać wzmożonego wysiłku osoby sterującej. Wnętrze pojazdu powinno minimalizować hałas, drgania, ekstremalne temperatury. Biorąc pod uwagę rozwiązania zastosowane w pojeździe DZIK (klimatyzacja, wygodne siedzenia, oddzielona i wygłuszona komora silnika, minimalizująca hałas i temperaturę pochodzą z jednostki napędowej), zapewnia kierowcy wraz z osobą sterującą robotem wygodną i bezpieczną przestrzeń pracy. Rozmieszczenie elementów pulpitu określa norma SAE J898. Za pomocą programu CATIA elementy pulpitu zostały rozmieszczone w sposób ergonomiczny oraz w sposób spełniający powyższą normę.



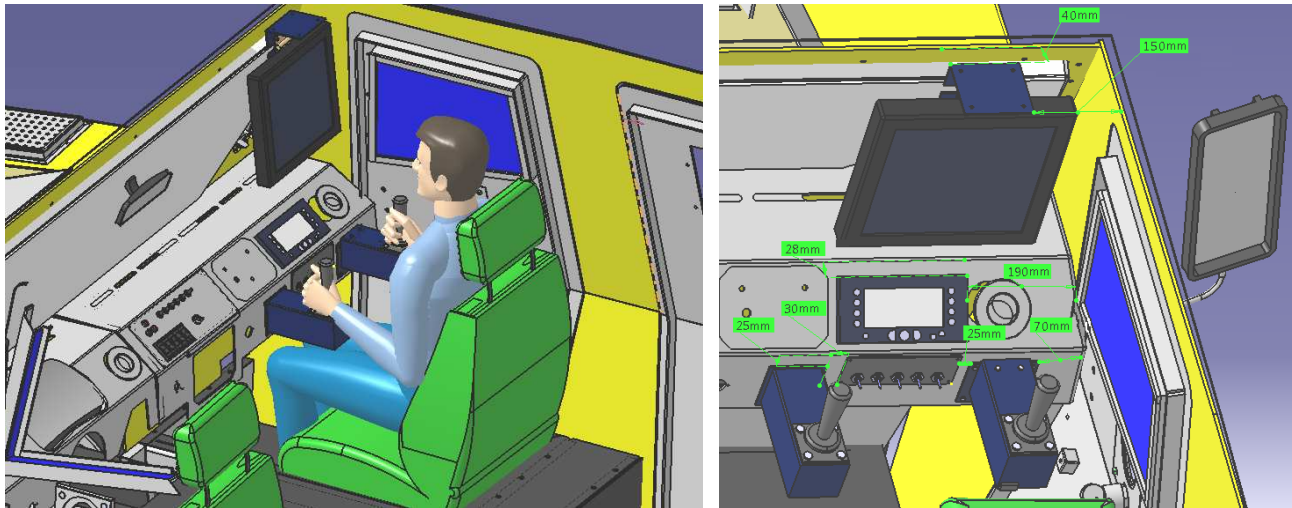
Rys. 6. Zakres ruchów kończyn górnych operatora: a - widok z góry b - widok z przodu [3]

#### 4. PULPIT STEROWANIA

Pulpit sterowania bezzałogowym robotem wsparcia „Marek” umieszczony wewnątrz kabiny pojazdu „Dzik” został dostosowany do instalacji po prawej stronie kabiny, bezpośrednio przed fotelem dowódcy. Pulpit, w którego skład wchodzi dwa joysticki, monitor LCD, tablica przełączników, wyświetlacz oraz elementy mocujące joysticki i monitor są obsługiwane przez operatora siedzącego w miejscu dowódcy. Wszystkie elementy pulpitu zostały dostosowane zgodnie z obowiązującymi normami w sposób ergonomiczny do długotrwałej pracy niepowodującej nadmiernego wysiłku fizycznego operatora.



Rys. 7. Wnętrze kabiny pojazdu „Dzik” z pulpitem sterowania: a – widok z góry; b - widok z perspektywy operatora [3]



Rys. 8. Stanowisko zdalnego sterowania w kabine pojazdu „Dzik”: a - operator robota przy pulpicie; b - rozmieszczenie elementów pulpitu [3]

Ze względu na ograniczoną ilość miejsca pomniejszoną przez elementy pulpitu konieczne było zastosowanie otwieranego uchwytu prawego joysticka. Podczas wsiadania i wysiadania z pojazdu operator może unieść po wcześniejszym wciśnięciu przycisku uchwyt wraz z joystickiem udostępniając tym sposobem miejsce niezbędne przy przemieszczaniu się w pojeździe. Uchwyt prawego joysticka został wyposażony w sprężynę gazową przytrzymującą uchwyt w położeniu pionowym. Podczas sterowania robotem wsparcia w celu uniemożliwienia samoczynnego podnoszenia się uchwytu zastosowano mechanizm zapadkowy, którego zwolnienie następuje po wciśnięciu przycisku umieszczonego w tylnej części uchwytu.

## 5. WNIOSKI

Nieustanne konflikty zbrojne oraz towarzyszące im misje stabilizacyjne stawiają przed światem nowe wyzwania dotyczące działań operacyjno-taktycznych. Dzięki zaawansowanej technice udział człowieka przy pracach zagrażających życie należy ograniczyć do minimum. Przez pryzmat tych założeń wydaje się w pełni zrozumiałe opracowywanie maszyn takich jak bezzałogowy robot wsparcia „Marek” oraz opancerzony pojazd „Dzik” do zabezpieczania miejsc w których życie może być narażone.

Podjęcie tematu niniejszej pracy wynika w głównej mierze z braku możliwości sterowania robotem będącym w strefie zagrożenia z bezpiecznego miejsca. Opancerzony pojazd „Dzik” produkowany przez firmę „AMZ-Kutno” ze względu na swoje pierwotne przeznaczenie, jakim jest wspieranie oddziałów wojsk, konstrukcję umożliwiającą poruszanie się w ciężkim terenie oraz dużą ilość wolnego miejsca umożliwia dostosowanie wnętrza kabiny do instalacji pulpitu sterowania robotem.

Poprzez opracowanie pulpitu zainstalowanego w pojeździe „Dzik”, sterowanie robotem może odbywać się z bezpiecznej odległości a ochrona jaką jest pancierz pojazdu dodatkowo zwiększa bezpieczeństwo przy pracy potencjalnym zagrożeniem jakim są materiały niebezpieczne.

Wszystkie informacje z miejsca operacji są wyświetlane na monitorze zainstalowanym w kabine. Operator ma możliwość sterowania pięcioma kamerami umieszczonymi na robocie, co z pewnością przyczyni się do zwiększenia precyzji pracy osprzętami roboczymi.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Instrukcja obsługi pojazdu Dzik II – materiały firmowe AMZ-KUTNO. Kutno 2009.
- [2] Jabłoński J.: Ergonomia produktu. Ergonomiczne zasady projektowania produktów. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 2010.
- [3] Mincewicz P.: Projekt stanowiska sterowania inżynierskiego robota wsparcia na samochodzie „Dzik”. Praca dyplomowa. Wojskowa Akademia Techniczna. Warszawa 2011
- [4] Muszyński T.: Koncepcja robota wsparcia inżynierskiego. Seminarium WAT. Warszawa 2008.
- [5] Typiak A.: Bezzałogowy pojazd do wykonywania zadań specjalnych w strefach zagrożenia. .LOGISTYKA 6/2011.