

dr inż. **Jacek ROGUSKI**<sup>1,2</sup>  
st. bryg. mgr inż. **Dariusz CZERWIENKO**<sup>1</sup>

## BEZZAŁOGOWE PLATFORMY LĄDOWE

### Unmanned Mobile Platforms

#### Streszczenie

W artykule omówiono tendencje rozwojowe w konstrukcji BPL (unmanned mobile platforms) oraz możliwości dostosowania do wymagań straży pożarnej. Podczas akcji ratowniczo-gaśniczych strażak pracuje w ekstremalnie trudnych warunkach. Narazony jest na m.in. niebezpieczeństwo wybuchu rozległego, szybko rozprzestrzeniającego się pożaru, awarie chemiczne, bardzo silne promieniowanie cieplne. Takie sytuacje stanowią zagrożenie dla ludzi, a także środowiska naturalnego. Niezwykle ważną rolę odgrywa wtedy sprzęt o odpowiedniej mobilności, który zapewni dotarcie na miejsce akcji w krótkim czasie, a także umożliwi pomoc poszkodowanym i ich szybką ewakuację poza strefę zagrożenia. Dlatego też tak ważne jest zbudowanie pojazdu wsparcia akcji ratowniczych prowadzonych w szczególnie trudnych warunkach. W załączonym materiale przedstawiono tendencje rozwojowe sprzętu wojskowego lub adaptowanego na potrzeby wojska oraz jego modyfikacje na potrzeby straży pożarnej do działań ratowniczo-gaśniczych i rozpoznania w środowiskach szkodliwych dla człowieka z podziałem na grupy zależne od wykonywanych zadań.

#### Summary

This paper discusses the development of BPL (unmanned mobile platforms) and potential for adaptation to the needs of the Fire Service. During fire and rescue operations a fire fighter works in extremely difficult conditions. He is exposed to dangers associated with explosions, a rapidly spreading fire, chemical accidents and acute heat conditions. Such situations present a danger to humans as well as to the natural environment. An important role is played by equipment with suitable mobility, which can reach an incident location quickly, provide assistance to casualties and secure their quick evacuation from the danger zone. Therefore, it is important to construct a support vehicle for rescue operations, which are conducted in extremely difficult conditions. The attached material presents development trends for military vehicles or vehicles adapted for military use. Such vehicles can be modified for the needs of the Fire Service, for use in fire and rescue operations, identification of dangerous environments for humans and grouped according to expected performance of tasks.

**Słowa kluczowe:** techniczne wyposażenie straży pożarnej, robot pożarniczy, pojazd pożarniczy, bezzałogowa platforma lądowa;

**Keywords:** technical equipment for fire service, firefighting robot, firefighting vehicle, unmanned mobile platform;

#### Wstęp

Stosowanie nowych materiałów i technologii w gospodarce powoduje wzrost zagrożeń technologicznych, co wymusza poszukiwanie nowych technik ich likwidacji w przypadku wystąpienia zdarzeń destrukcyjnych. Dotyczy to zwłaszcza awarii stwarzających szczególne zagrożenie dla ludzi, środowiska naturalnego i członków podmiotów ratowniczych. Stosowane w krajach Unii Europejskiej roz-

wiązania oparte są na typowym sprzęcie gaśniczym oraz specjalnych samochodach ratownictwa, których załoga wchodzi bezpośrednio do strefy zagrożenia. Zabezpieczenie ratowników to sprzęt ochronny dróg oddechowych i ubrania gazoszczelne. Czas pracy ratownika ograniczony jest czasem ochronnego działania sprzętu zabezpieczającego (około 20-30 minut). Bezpośrednie działania ratownicze wykonuje się niejednokrotnie w strefach zagrożenia wybuchem lub narażenia na działanie różnego rodzaju promieniowania. Trudne warunki pracy powodują u ratowników bardzo duże obciążenie fizyczne, co skutkuje koniecznością częstej wymiany ekip ratowniczych w strefach działań. Najczęściej identyfikacja zagrożenia opiera się na analizie obrazu z kamer oraz odczytu danych/oznakowania/przenośnych

<sup>1</sup> Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwożarowych Centrum Naukowo Badawczego Ochrony Przeciwożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów k. Otwocka, Polska; obaj współautorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu (po 50%).

<sup>2</sup> jroguski@cnbop.pl

urządzeń identyfikacyjno-pomiarowych wyposażonych w odpowiednie sondy.

Wzrost skuteczności i bezpieczeństwa działań ratowniczych w strefach zagrożenia można osiągnąć poprzez wprowadzenie zdalnie sterowanych platform mobilnych, wyposażonych w odpowiedni sprzęt rozpoznawczy i ratowniczo-gaśniczy. W ten sposób strażak-ratownik zostanie odsunięty od strefy bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia, a możliwości robocze konstrukcji pozwolą na jej długotrwałą eksploatację w warunkach ekstremalnych. W procesach dynamicznych, gdzie skutki zdarzenia rosną z upływem czasu, czynnikiem decydującym o powodzeniu akcji ratowniczej jest czas od chwili zaistnienia zdarzenia do podjęcia działań ratowniczych. Brak sprzętu o odpowiedniej mobilności powoduje, że dotarcie na miejsce akcji jest znacznie opóźnione i wymaga olbrzymiego wysiłku fizycznego, a pomoc poszkodowanym i ich ewakuacja poza strefę zagrożenia przeciąga się w czasie. Stąd też istotnego znaczenia nabiera kwestia budowy pojazdu wsparcia akcji ratowniczych prowadzonych w szczególnie trudnych warunkach, do których możemy zaliczyć:

- a) możliwość powstania wybuchu par cieczy i gazów;
- b) możliwość „okrażenia” przez pożar;
- c) wyrzuty i wykipienia substancji toksycznych, produktów rozkładu termicznego lub spalania;
- d) bardzo silne promieniowanie cieplne; radiacyjne;
- e) wysoką zmienność sytuacji i wystąpienie niespodziewanych zagrożeń, przy których wyposażenie ratowników w standardowe środki ochrony indywidualnej jest niewystarczające (o czym świadczą wypadki, również śmiertelne wśród ratowników);
- f) konieczność prowadzenia działań na obszarach niedostępnych dla standardowych pojazdów ratowniczych.

Użycie zdalnie sterowanego pojazdu w rejonach niebezpiecznych, ograniczających możliwości bezpośredniej obserwacji jego otoczenia, stawia szczególnie wysokie wymagania systemowi sterowania i zobrazowania, który powinien umożliwiać obserwację terenu i otoczenia, osprzętów roboczych oraz lokalizację pojazdu względem przeszkód [1]. Z tych względów należy wykorzystać system wizyjny pozwalający na zobrazowanie położenia pojazdu i jego lokalizację względem obiektów o znanym położeniu oraz względem celu misji. Zebrane dane powinny być przesyłane do stanowiska operatora. Efektywność działania wymaga teleoperacji tzn. zdalnego sterowania z pominięciem możliwości wykorzystania przez operatora bezpośrednich bodźcowych sprzężeń zwrotnych, na dystansie nie mniejszym niż 0,5 km. Zasadniczym problemem, jaki powinien zostać rozwiązany, jest przekazywanie danych przy ograniczonej przepustowości kanałów transmisji dla zobrazowania położenia i otoczenia pojazdu.

## 1. Bezzałogowe Platformy Lądowe (BPL)

W przypadku Bezzałogowych Platform Lądowych (BPL) ich podstawowym zadaniem jest zwiększanie dystansu między człowiekiem, a zagrożeniem. Dotyczy to głównie działań w warunkach szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla ludzi.

Przeprowadzona analiza literaturowa pokazała, że na świecie istnieje wiele rozwiązań tego typu pojazdów, niemniej jednak są to zwykle inspekcyjne roboty policyjne i militarne, których zadania polegają najczęściej na rozpoznaniu zagrożenia, podjęciu niewielkich ładunków, przeniesieniu ich w bezpieczne miejsce bądź neutralizacji w miejscu zidentyfikowania [2][3]. Dlatego poszukiwano rozwiązań konstrukcyjnych, które spełnią nowe oczekiwania i będą zdolne do realizacji stawianych przed nimi zadań. Pierwsze konstrukcje tego typu robotów stworzono w latach 90. – były to zautomatyzowane, przystosowane do teleoperacji ciężkie maszyny inżynierskie, głównie koparki gaśnicowe, kołowe i samochodowe oraz ładowarki i spycharki. Jednak ich cena i koszty eksploatacji były stosunkowo wysokie, a własności robocze słabo dostosowane do potrzeb. Różnorodność zadań stojących obecnie przed jednostkami służb ratowniczych, w tym przed jednostkami straży pożarnej, niejednokrotnie nie odbiega od tych realizowanych przez wojskowe jednostki specjalne misji pokojowych. Stąd też zarówno dla wojskowego robota wsparcia pokojowych misji ratowniczych, jak i dla robotów do działań ratowniczych wymagania będą bardzo podobne.

Zasadnicza różnica polega na tym, iż w przypadku zadań wykonywanych w warunkach pokoju robot nie będzie narażony na oddziaływania ze strony przeciwnika. Przy poszukiwaniu funkcji, jakie powinien posiadać robot wsparcia misji ratowniczych, podobnie jak w przypadku robotów militarnych, należy rozgraniczyć te wymagania w aspekcie sprecyzowanych zadań dla konkretnego robota. Niemniej jednak wspólną grupą wymagań dla wszystkich robotów tego typu będą te związane z możliwościami trakcyjnymi, a więc mobilnością w różnych warunkach terenowych, zarówno w terenie otwartym, jak i zurbanizowanym.

W zależności od przyjętej koncepcji użycia robotów oraz przewidywanych zadań i wymaganych zdolności, buduje się platformy o zróżnicowanej masie i wielkości. Z uwagi na możliwości robocze można wyróżnić następujące kategorie:

- platformy lekkie, których masa nie przekracza 400 kg;
- platformy średnie, o masie do 3500 kg;
- platformy ciężkie, o masie do 10 000 kg;
- platformy bardzo ciężkie – o masie powyżej 10 000 kg.

Pożądane zdolności robocze w zadaniach ratownictwa w terenie zurbanizowanym, wymagają, aby

były to pojazdy lekkie o masie rzędu kilkuset kg, z prędkościami przejazdowymi około 5-10 km/h i roboczymi do kilku km/h, z możliwością bezstopniowej ich zmiany i czasie realizacji misji od 1-2 godz. Roboty te powinny być wyposażone w osprzęt roboczy o kinematyce pozwalającej zarówno na penetrację przestrzeni wewnątrz budynków, jak i podejmowanie niewielkich przedmiotów, oraz w układ jezdny umożliwiający poruszanie się po trudnym podłożu. Zostanie to zaprezentowane w następnej publikacji dotyczącej zastosowań robotów.

Zastosowanie nowoczesnego systemu sterowania umożliwi zdalne sterowanie pojazdem i jego wyposażeniem z odległości nawet kilkuset metrów, skutecznie odsuwając zagrożenie i zmniejszając ryzyko w trakcie szczególnie niebezpiecznych akcji [4]. Jest to jeden z najbardziej perspektywicznych kierunków rozwoju omawianego sprzętu, którego przykłady zaprezentowano na Ryc. 1.



**Ryc. 1.** Zdalnie sterowane roboty pożarnicze minimalizujące bezpośrednie zagrożenie człowieka

**Fig. 1.** Remote-controlled robots to minimize the risk of human

Oferowane obecnie na rynku europejskim rozwiązania bazują na aplikacjach wojskowych, które zostały opracowane w latach 70.–80. i są już przestarzałe technicznie oraz słabo dostosowane do teraźniejszych potrzeb. Zaprojektowano je jako pojazdy transportowe, gdzie główny nacisk położono na zdolność pokonywania terenu o niskiej nośności oraz rozwijanie wysokich prędkości jazdy. W efekcie mają one ograniczone zdolności pracy z osprzętami specjalnymi. Wynika to z:

- braku odpowiedniego zawieszenia (elastyczne zawieszenie uniemożliwia precyzyjną kontro-

lę osprzętów oraz wyraźnie pogarsza stateczność pracujących maszyn);

- niedostosowania konstrukcji nośnej pojazdu do obciążeń od osprzętów roboczych;
- braku napędów hydraulicznych dużej mocy.

Ponadto nie są przystosowane do zdalnego sterowania i nie są standardowo wyposażone w manipulatory.

Zdalnie sterowane roboty pożarnicze minimalizują bezpośrednie zagrożenie człowieka, stąd rosnące zainteresowanie tego typu konstrukcjami [4]. Obecnie są one w fazie rozwoju i opracowywania technik ich wykorzystania. Na podstawie analizy wdrożonych aplikacji można stwierdzić, że dominują dwa podstawowe obszary zastosowań:

- prowadzenie akcji gaśniczej w strefie niebezpiecznej (roboty gaśnicze) – jako mobilny nośnik działka wodnego (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 minimaszyny



**Ryc. 2.** A. Niemiecki robot gaśniczy  
B. Bezzałogowa Platforma Lądowa Strażak

**Fig. 2.** A. A German firefighting robot  
B. An unmanned mobile platform Strażak

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 zniszczenie. Dlatego też bardziej zasadne wydaje się konstruowanie wyspecjalizowanych zdalnie sterowanych pojazdów ratowniczych realizujących określone zadania w warunkach zagrożenia zdrowia

i życia ratownika. Przedstawione w artykule światowe rozwiązania konstrukcyjne robotów wspierających akcje jednostek straży pożarnej są obecnie bardzo poszukiwane, gdyż mogą zastąpić człowieka w warunkach zagrożenia zdrowia i życia.



**Ryc. 3.** Roboty wyposażone w system do zraszania dużych powierzchni [8]

**Fig. 3.** Robots equipped with a system for spraying large areas [8]

## 2. Przegląd istniejących konstrukcji BPL

Obecny brak zdalnie sterowanych robotów mobilnych dedykowanych służbom ratowniczym powoduje, że do akcji niebezpiecznych wprowadza się przystosowane do tego celu i dostępne na rynku minimaszyny. Niemniej jednak charakter procesów roboczych realizowanych w ramach działań ratowniczych na różnych płaszczyznach, a więc gaszenia pożarów, ewakuacji ludności, penetracji gruzowisk, rozpoznania skażeń, podejmowania i neutralizacji ładunków niebezpiecznych, zmniejszania zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych, etc., wymaga budowy robotów specjalistycznych. Podobnie jak w przypadku rozwiązań militarnych, próba stworzenia robota uniwersalnego znacznie zwiększa koszty takiej konstrukcji, a jej narażenie na potencjalne zniszczenie w czasie realizacji zadania sprawia, że kierunki takich działań są ekonomicznie nieuzasadnione.

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 – wymaga przy tym znacznie większe-

go 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 szeroko rozumiane wsparcie logistyczne 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 jak Gamma Goat, Supacat [1]. 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). Na świecie nie opracowano dotychczas norm pozwalających na jednoznaczne określenie poziomu mobilności pojazdu i istnieje w tym zakresie pełna dowolność.



**Ryc. 4.** Po lewej: Pojazdy adaptowane do prowadzenia akcji ratowniczych: Gamma Goat (USA) w wersji pożarnej; po prawej: Supacat (Wielka Brytania) [4]

**Fig. 4.** Left: Vehicles adapted to carry out rescue operations: Gamma Goat (USA) version for firefighting, on the right: Supacat (United Kingdom) [4]

W międzynarodowych opracowaniach pojęcie wysokiej mobilności jest jednak dość jednoznaczne (określa je m.in. *Nato Mobility Reference Model*), a dobrym przykładem wymagań w tym zakresie jest brytyjska norma obronna. Za podstawowe kryterium zdolności poruszania się w terenie uznano naciski układu jezdnego na podłoże, natomiast inne kryteria pełnią rolę pomocniczą, umożliwiającą ocenę zdolności pokonywania przeszkód.

Trudne warunki pracy maszyn inżynierskich i pojazdów specjalnych, duże i zmienne obciążenia ich układów roboczych i jezdnych, eksploatacja w relatywnie niekorzystnych warunkach sprawiają, że dąży się do efektywniejszych układów przenoszenia mocy, obniżających koszt eksploatacji maszyn i pojazdów. Ponadto powinny one zwiększać bezpieczeństwo pracy, odciążać kierowcę-operatora od nadmiernego wysiłku, oraz zapewniać obniżenie emitowanego przez maszyny hałasu i ciepła. Rozwój elementów hydraulicznych, wzrost ich niezawodności i podatności na sterowanie sprawił, iż hydrostatyczne układy napędowe są coraz częściej stosowane w rozwiązaniach układów napędowych jazdy współczesnych maszyn i pojazdów. Podstawowymi aspektami przemawiającymi za ich stosowaniem są:

- łatwość przenoszenia napędu od silnika spalinowego do kół;
- płynna zmiana przełożenia przekładni;
- wykorzystywanie dużego obszaru pracy silnika spalinowego;
- eliminacja rozłączalnych sprzęgieł, skrzyń biegów, przekładni rozdzielczych za silnikiem napędowym;
- optymalizacja realizowania napędu odwróconego i możliwość zabezpieczenia silnika napędowego przed rozbieganiem;
- zabezpieczenie silnika napędowego przed przeciążeniem;
- możliwość realizowania jazdy z automatyczną zmianą przełożenia,
- szeroki zakres prędkości obrotowych wałów silników hydraulicznych.

Etapem rozwojowym hydrostatycznych układów napędowych są systemy niezależnego od obciążenia rozdziału wydajności pompy, w których, wartości prędkości roboczych każdego z elementów wykonawczych mogą być precyzyjnie sterowane – bez względu na wielkość i charakter zmian obciążenia zewnętrznego. Podstawową zaletą tego typu układów jest automatyczne redukowanie prędkości wszystkich odbiorników w przypadku, gdy wydajność pompy jest niewystarczająca, aby zapewnić żadaną chłonność (nastawioną zaworem dławiącym) wszystkich odbiorników. Maszyny wyposażone w hydrostatyczne układy napędowe charakteryzują się większą precyzją sterowania, mniejszymi nadwyżkami dynamicznymi, lepszą ergonomią i podatnością na zdalne oraz automatyczne sterowanie. Wśród pojazdów wyposażonych w hydrostatyczne układy napędowe jazdy można znaleźć pojazdy rodzimej produkcji.

### 3. Polskie BPL

Przykładem takiego pojazdu jest lekki wielozadaniowy pojazd Lewiatan (Ryc. 5.), który po-

wstał w wyniku wzajemnej współpracy firm BIBUS MENOS, HYDROMEGA oraz Wojskowego Instytutu Techniki Pancernej i Samochodowej [4, 5].



Ryc. 5. Wielozadaniowy pojazd Lewiatan [5]

Fig. 5. Multitasking vehicle Lewiathan

Pojazd może być wykorzystany zarówno jako nośnik niewielkich ładunków (do 1,5 t) jak również jako pojazd bazowy – nośnik narzędzi lub osprzętów roboczych do wykonywania prac inżynierskich. Dobre właściwości trakcyjne w trudno dostępnym terenie, jak również zdolność pokonywania przeszkód wodnych zdecydowanie rozszerza zakres realizowanych przez pojazd prac. W pojeździe tym koła napędowe są niezależnie napędzane hydraulicznymi silnikami georotorowymi – stałej chłonności, zasilanymi pompą zmiennej wydajności sterowanej za pomocą serwozaworu. W czasie wyjeżdżania pojazdu z przeszkody wodnej możliwa jest jednoczesna praca śrub napędowych i wybranych silników kół. W układzie zastosowano specjalne zawory, bloki sterujące osiami napędowymi umożliwiające:

- włączanie i wyłączanie poszczególnych silników;
- synchronizację pracy kół napędowych;
- skręt w miejscu;
- skręt i wybór kierunku pływania;
- wybór kierunku jazdy pojazdu.

Do zasilania wspomaganie układu kierowniczego, hamulcowego oraz odbiorników zewnętrznych zainstalowano pompy pomocnicze stałej wydajności. Sterowanie przekładnią hydrostatyczną realizowane jest poprzez elektroniczny układ automatycznej zmiany przełożenia oddziaływujący na wydajność pompy. Operator ma możliwość wyboru dwóch zakresów przełożeń terenowych i jednego zakresu przełożeń szosowych.

Zaproponowane rozwiązanie hydrostatycznego układu skrętu umożliwia zarówno zdalne (elektryczne), jak i klasyczne (manualne) sterowanie pojazdem. W obu przypadkach czas pełnego przestawienia kół skrętnych pojazdu wyniósł około 2 s, co odpowiada czasowi, w jakim operator dokonuje skrętu kół w trybie manualnego sterowania. Pomiar minimalnego promienia skrętu wykazały, że pojazd przy tych samych warunkach skrętu, przy pręd-



**Ryc. 6.** Widok bezzałogowego inżynierskiego robota wsparcia taktycznego „Bogus” [6]

**Fig. 6.** Unmanned engineering robot for tactical support ‘Bogus’ [6]

kości pojazdu ok. 10 km/h, nawierzchni utwardzonej i równomiernym ciśnieniu powietrza w ogumieniu, posiada różne minimalne promienie skrętu w lewo (4,9 m) i w prawo (5,2 m). Z uzyskanych charakterystyk wynika iż, aby utrzymać stały promień skrętu pojazdu czy też poruszać się pojazdem w kierunku na wprost, konieczna jest ciągła korekta położenia siłownika układu skrętu [4, 5].

Kolejną konstrukcją o innej koncepcji wykonania jest bezzałogowy inżynierski robot wsparcia taktycznego „Bogus” [6]. Pojazd posiada konstrukcję członową, która przy relatywnie małym skoku zawieszenia umożliwia świetne kopiowanie terenu. Kontrolowany hydraulicznie sprzęg łączący człon przedni (napędowo-transportowy) i tylny (transportowy), oprócz wspomaganie skrętu, pozwala na zwiększenie zdolności pokonywania przeszkód (Ryc. 6.).

Dla zapewnienia wymaganych zdolności zbudowany pojazd charakteryzuje się:

- nisko położonym środkiem ciężkości pojazdu;
- 5-cio osiowym układem jezdnym;
- bardzo dobrą zdolnością kopiowania terenu;
- hydrostatycznym układem napędowym.

Efektywną realizację funkcji transportowych zapewnia widłowy system samozaładowczy wykorzystujący specjalnie zaprojektowany nowy standard palet o zwiększonych możliwościach transportowych – zgodny z istniejącymi systemami. Dzięki wyposażeniu go w układ ryglowania umożliwia on zastosowanie (i szybką wymianę) wyspecjalizowanych platform roboczych (Ryc. 7.).



**Ryc. 7.** Podejmowanie ładunku z platformy pojazdu za pomocą widłowego systemu samozaładowczego

**Fig. 7.** Removing cargo from the vehicle by means of self-loading lift system

W celu zwiększenia elastyczności systemu transportowego pojazd został wyposażony w wielozadaniowy manipulator z wymiennymi chwytakami – o udźwigu do 300 kg. Umożliwia to podejmowanie nie tylko materiałów przygotowanych do transportu (paletyzowanych), ale także innych przedmiotów np.: beczek wypełnionych różnorodnymi materiałami, drewnianych bali, butli z gazem itp. Jego konstrukcja pozwala na złożenie go do rozmiarów nie wykraczających poza obrys pojazdu, ustawienie w pozycji dogodnej dla operatora przy manewrowaniu pojazdem i pełne rozwinięcie do realizacji założonych zadań. Może on nie tylko podejmować ładunki, usuwać przeszkody terenowe, ale również jego konstrukcja umożliwia montaż specjalnego wyposażenia (działko wodne, kamera, czujniki). Pozwoli to poszerzyć zakres potencjalnych zastosowań przy zwalczaniu skutków klęsk żywiołowych, katastrof oraz podejmowaniu materiałów niebezpiecznych (Ryc. 8.).



**Ryc. 8.** Podnoszenie ładunków: po lewej – załadunek na pojazd; po prawej – podejmowanie ładunku zza przeszkody

**Fig. 8.** Lifting loads: on the left – loading the vehicle; on the right – to take loads behind the obstacle

Opracowany aktywny sprzęg hydrauliczny pełni potrójną rolę:

- wspomaga układ skrętu pojazdu;
- zwiększa zdolność pokonywania przeszkód;
- stabilizuje pojazd podczas podnoszenia ładunków.

System akumulatorów w sprzęgu elastycznie rozkłada obciążenia pomiędzy członami i usztywnia sprzęg na czas podnoszenia ładunków (Ryc. 9.).



Ryc. 9. Widok aktywnego sprzęgu hydraulicznego  
Fig. 9. The view of active hydraulic coupling

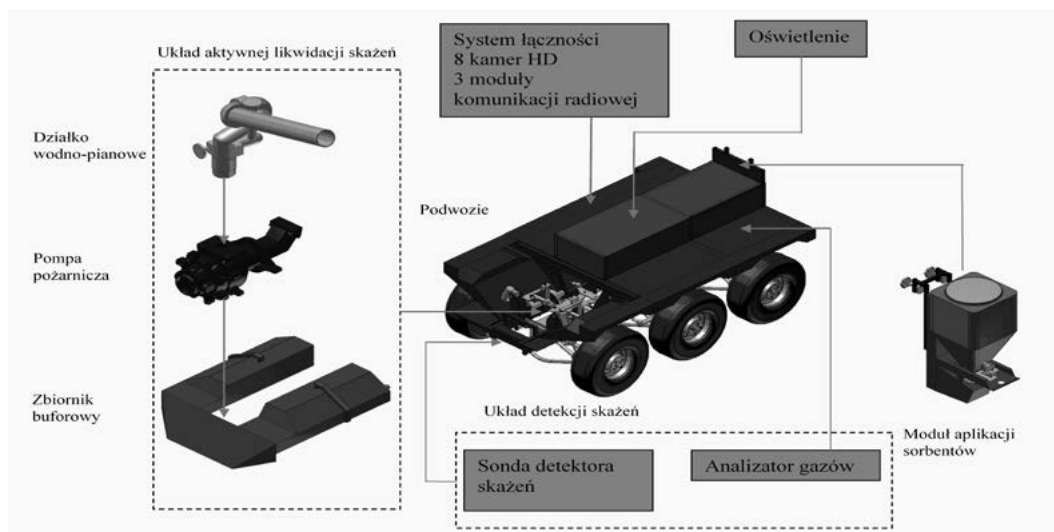
Kinematyka osprzętów roboczych pozwala na szybką realizację przewidywanych zadań zarówno w zakresie podejmowania ładunków, jak i ich transportu. Pojazd rozwija przy tym założone siły udźwigu i uciążu. Powyższe czynniki oraz zdolność do realizacji zróżnicowanych zadań poprzez dostosowanie pojazdu do szybkiego podejmowania i instalacji narzędzi oraz osprzętów specjalnych tworzą jedyną w swoim rodzaju bezzałogową platformę o szerokich możliwościach jej zastosowań [6].

Pierwszą platformą dedykowaną straży pożarnej jest (BPL) „STRAŻAK” [7, 9] – skonstruowana w ramach projektu badawczego „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych”. Bezzałogowa platforma lądowa (BPL) „STRAŻAK” przeznaczona jest do działań przy rozpoznaniu i likwidacji skutków awarii chemicznych w za-

kładach przemysłowych i transporcie materiałów niebezpiecznych.

Do realizacji tych funkcji wyposażona została w elementy przeznaczone do aplikowania wody i środków dekontaminacyjnych:

- Działko wodne TORNADO RC model: Y2-E12A ze zdalnym bezprzewodowym elektrycznym sterowaniem przeznaczone do stałego mocowania, o następujących parametrach:
  - zakres ciśnień roboczych od 7 do 16 bar,
  - wydajność wodna regulowana w zakresie od  $50 \pm 10$  do  $2000 \pm 100$  l/min – mierzona przy ciśnieniach roboczych: od ciśnienia najniższego umożliwiającego rozwinięcie strumienia do ciśnienia 8 bar,
  - nachylenie w pionie regulowane zdalnie w zakresie od  $-45^\circ$  do  $+90^\circ$ ,
  - ruch obrotowy o zdalnym nastawie w zakresie kąta  $360^\circ$  (symetrycznie w prawo i w lewo po  $180^\circ$ ),
  - nasada tłoczna  $\varnothing 52$  mm.
- Zestaw trzech dysz i adapterów montowanych zamiennie na wylocie działka do wytwarzania strumieni zwartych i rozproszonych o następujących parametrach i funkcjonalności:
  - dysza o wydajności od  $400 \pm 10$  l/min do  $2000 \pm 100$  l/min ze stabilizacją ciśnienia w zakresie od  $6 \pm 1$  bar do  $8 \pm 1$  bar z możliwością zdalnego bezprzewodowego sterowania wydatkiem i kształtem strumienia; regulacja kształtu strumienia od zwartego do pełnego stożka o kącie rozwarcia  $90^\circ$ ,
  - dysza o wydajności od  $400 \pm 10$  l/min do  $2000 \pm 100$  l/min ze stabilizacją ciśnienia w zakresie od  $3 \pm 1$  bar do  $4 \pm 1$  bar z możliwością zdalnego bezprzewodowego sterowania wydatkiem i kształtem strumienia; regulacja kształtu strumienia od zwartego do pełnego stożka o kącie rozwarcia  $90^\circ$ ,



Ryc. 10. Zestawienie systemów BPL Strażak [9]

Fig. 10. Strazak – system configuration

- adapter do piany ciężkiej.
- System bezprzewodowego sterowania działkiem wodno-pianowym, wykorzystujący łączność radiową, regulujący kierunek podawania strumienia gaśniczego w pionie i w poziomie oraz kształt strumienia poprzez zmianę nastawy dyszy, zaopatrzone w ręczny manipulator operatora,
- Wyświetlacz pokazujący operatorowi kierunek podawania prądu gaśniczego przez działko w pionie i w poziomie względem stałej bazy zamocowania działający z wykorzystaniem łączności radiowej,
- Odśrodkowa pompa wody zasilająca działko o nominalnym ciśnieniu 10 bar i wydatku wody 2000 l/min przystosowana do współpracy z działkiem, napędzana silnikiem hydraulicznym przystosowanym do zasilania ze źródła zewnętrznego. Pompa jest wyposażona w układ umożliwiający zassanie wody, działający w cyklu automatycznym, a zapotrzebowanie mocy do jej napędu nie przekracza 74 KM przy znamionowych parametrach pracy.

Poprzez zmianę ustawienia działka możliwa jest realizacja funkcji schładzania powierzchni zewnętrznych pojazdu w celu zabezpieczenia przed oddziaływaniem promieniowania ciepłego lub substancji chemicznych.

Krótki opis techniczny wyrobu/obiektu

Podwozie: zmodyfikowana BPL Lewiatan

Układ jezdny: 6x6

Silnik:

- typ: wysokoprężny czterosuwowy doładowany z wtryskiem pośrednim, 4CT90 Andoria, EURO 2,
- pojemność: 2,4 dm<sup>3</sup>,
- moc znamionowa 66 kW (90 KM) przy 4100 obr/min,
- moment obrotowy 195 Nm przy 2500 obr/min,

Układ napędowy: hydrostatyczny,

Moc jednostkowa: < 14,57 kW/t (pełny zbiornik wody).

Pompa pożarnicza wraz z układem wodno-pianowym jest umieszczona z przodu pojazdu w przedziale zamykanym drzwiami uchylnymi. Otwarcie i zamknięcie drzwi jest możliwe z poziomu gruntu. Konstrukcja przedziału umożliwia odprowadzanie wody z jego wnętrza. W zbiornik wody o pojemności 1000 dm<sup>3</sup> wbudowany jest wskaźnik poziomu wody (płynowskaz). Na pulpicie operatora znajduje się kontrolka włączenia pompy. Układ wodno-pianowy umożliwia:

- podawanie z działka wody i wodnego roztworu środka pianotwórczego,
- pracę pompy przy zasilaniu ze zbiornika wody pojazdu,

- napełnianie zbiornika wody z hydrantu lub za pomocą samochodu gaśniczego.



Ryc. 11. Bezzałogowa platforma lądowa Strazak [7]

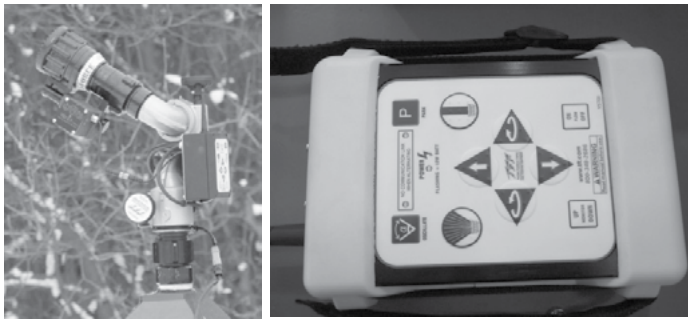
Fig. 11. An unmanned mobile platform Strazak



Ryc. 12. Stanowisko operatora [7]

Fig. 12. Operators Station





Ryc. 13. Działko i pulpit zdalnego sterowania działkiem [7]  
Fig. 13. Cannon and cannon remote desktop

Konstrukcja układu wodno-pianowego umożliwia jego przepłukanie po użyciu środka pianotwórczego i w razie potrzeby jego całkowite odwodnienie. Zbiornik wyposażono w urządzenie przelewowe zabezpieczające zbiornik przed uszkodzeniem podczas napełniania. W najniższym położonym punkcie zbiornika zainstalowano zawór do grawitacyjnego opróżniania zbiornika. Istnieje możliwość zdalnego odłączania linii tłocznej.

Ponieważ BPL Strażak dedykowany jest do pracy w środowisku, gdzie obecność człowieka powinna być ograniczona do minimum, podstawowym zadaniem systemu wizyjnego jest zapewnienie bezpieczeństwa maszynie, operator musi mieć możliwość oceny, czy zadanie, które ma wykonać, nie naraża sterowanego pojazdu na niebezpieczeństwo bądź nie stwarza zagrożenia dla środowiska.

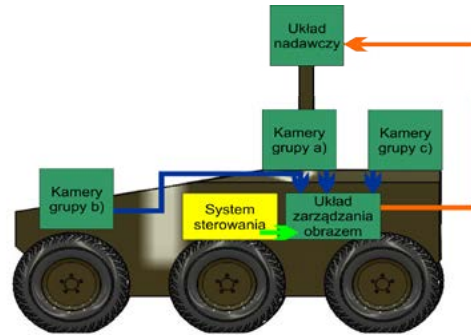
Ze względu na wyposażenie BPL w dodatkowy osprzęt do zwalczania zagrożeń chemicznych, system wizyjny dostarcza informacje odnośnie sposobu jego funkcjonowania. W ten sposób możliwa jest natychmiastowa reakcja w przypadku jego błędnego zadziałania, czym minimalizuje się negatywne oddziaływanie osprzętu na pojazd i bezpośrednie otoczenie.

Zastosowany system wizyjny pojazdu bezzałogowego to grupa układów współpracujących ze sobą w celu przekazania operatorowi informacji wizualnej odnośnie pojazdu i jego otoczenia. [9]

Przyjęta koncepcja zakłada wykorzystanie kamer wideo rozmieszczonych w specjalnie wytypowanych miejscach pojazdu. Łącze wideo przesyła obraz z pojazdu do pulpitu operatorskiego jednocześnie z 3 wybranych źródeł. W zależności od realizowanego zadania, następuje automatyczne przełączenie się pomiędzy wyselekcjonowanymi grupami kamer, wraz z możliwością manualnej kontroli przez operatora pojazdu. Proces przełączania realizowany jest przez tzw. układ zarządzania obrazem. Schemat rozmieszczenia poszczególnych układów systemu wizyjnego przedstawiony jest na Ryc. 14 wraz z kierunkiem przepływu informacji zaznaczonym za pomocą grotów strzałek.

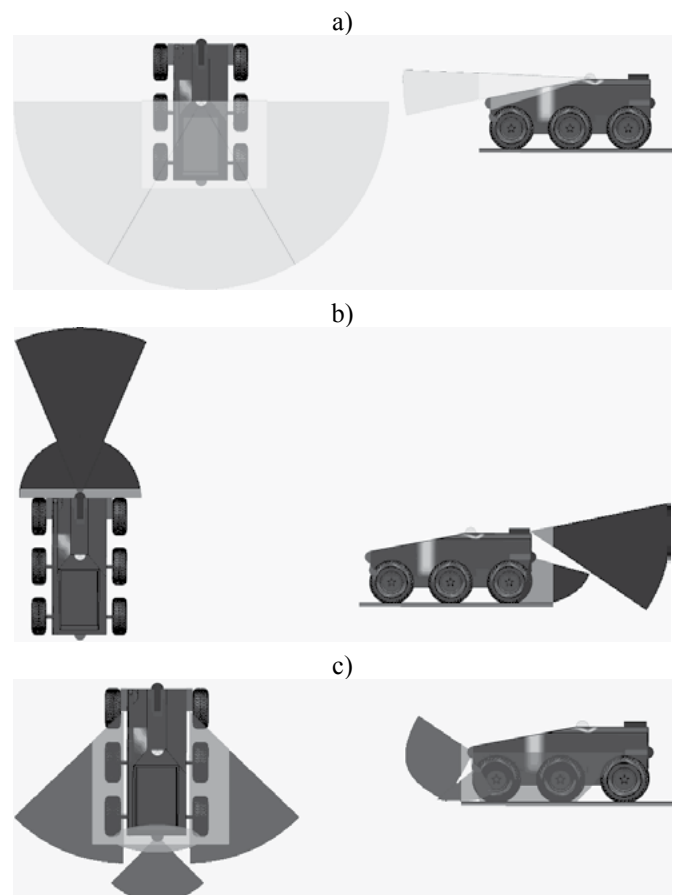
Kamery zostały pogrupowane zgodnie z realizowanymi zadaniami: jazda z dużymi prędkościami do przodu oraz nadzorowanie pracy urządzeń dodatkowych (Ryc. 15a), manewrowanie w trudnym terenie

(Ryc. 15b), jazda do tyłu oraz nadzorowanie pracy urządzeń dodatkowych (Ryc. 15c).



Ryc. 14. Schemat rozmieszczenia elementów systemu wizyjnego na demonstratorze technologii [9]

Fig. 14. Schematic layout of the elements of the vision system on technology demonstrator [9]



Ryc. 15. Grupy kamer wraz z zaznaczonymi ich obszarami obserwacji dla różnych zadań realizowanych przez system wizyjny: a) jazda z dużymi prędkościami do przodu oraz nadzorowanie pracy urządzeń dodatkowych; b) manewrowanie w trudnym terenie; c) jazda do tyłu oraz nadzorowanie pracy urządzeń dodatkowych [9]

Fig. 15. Camera group with marked their observation areas for different tasks carried out by the vision system: a) driving at high speeds forward and overseeing the work of additional devices; b) maneuvering in difficult terrain; c) move backward and overseeing the work of additional devices

W grupie kamer dedykowanych do jazdy z dużymi prędkościami są kamery wideo ustawione w taki sposób, aby ich obraz tworzył jak najdokładniejszą panoramę otoczenia pojazdu, o kącie obserwacji 180 stopni przed pojazdem. Dzięki takiemu rozmieszczeniu operator otrzymuje bardzo dokładną informację zarówno podczas kierowania pojazdem, jak i obsługi urządzeń dodatkowych zamontowanych z przodu pojazdu, bądź operujących w przestrzeni przed pojazdem.

Obraz z kamer dedykowanych do jazdy do tyłu tworzy panoramę o kącie obserwacji zbliżonym do 180 stopni, zapewniając dodatkowo wgląd w sposób funkcjonowania urządzeń dodatkowych znajdujących się lub pracujących z tyłu pojazdu. Natomiast do jazdy w trudnym terenie wykorzystywane są kamery, umożliwiające obserwację terenu możliwie najbliższej wymiarów obrysowych pojazdu.

#### 4. Wnioski

Dla potrzeb realizacji zadań ratowniczych związanych z niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych zakłada się użycie platformy średniej o masie do 3500 kg, której czas nieustannej pracy powinien wynosić nawet do 8 h (patrz BPL Strażak). Konieczność długotrwałej pracy, rozwijanie odpowiednich sił napędowych na kołach pojazdu, dysponowanie zapasem mocy dla potrzeb zabezpieczenia funkcjonowania dodatkowego wyposażenia, wymuszają zastosowanie jednostki napędowej robota w postaci silnika spalinowego.

Analiza możliwości zapewnienia wysokiej efektywności użycia średnich BPL oparta o doświadczenia wojskowych misji ratowniczych wskazała, że istotnymi cechami konstrukcji powinny być:

- masa rzędu 2500-3500 kg umożliwiająca rozwijanie sił uciągu niezbędnych do usuwania materiałów niebezpiecznych oraz niezbędny poziom stateczności podczas podnoszenia ładunków;
- osprzęt roboczy – niezbędny do torowania i spychania obiektów;
- szybkość wymiany narzędzi lub osprzętu;
- udźwig manipulatora powyżej 200 kg – wskazane jest przy tym duże pole pracy;
- hydrostatyczny układ napędowy umożliwiający precyzyjną kontrolę rozwijanych
- prędkości i sił napędowych;
- układ skrętu zapewniający łatwość korygowania położenia;
- niskie naciski na podłoże – umożliwiające efektywną pracę poza terenem utwardzonym.

Wyposażenie BPL w manipulator zapewni rozszerzenie jego możliwości roboczych i poprawi efektywność użycia:

- dzięki odpowiedniemu zasięgowi i wyposażeniu w głowicę obserwacyjną umożliwi prowadzenie szczegółowego rozpoznania w miejscach słabo widocznych lub niedostępnych;
- może stanowić ruchomą platformę dla działka wodnego, umożliwiając podejmowanie akcji gaśniczych z góry lub z większego dystansu;

- może stanowić ruchomą platformę dla sensorów i detektorów rozpoznania zagrożeń i skażeń;
- dzięki sterowanemu zrywakowi może służyć do prac rozgrodzeniowych lub pobierania próbek.

W przedstawionych konstrukcjach, w większości rozwiązań nie zastosowano systemów zraszania powierzchni (zintegrowanego systemu samoobrony przed oddziaływaniem np. wysokiej temperatury) BPL. Takie propozycje rozwiązań przedstawione zostaną w kolejnych publikacjach związanych z tematyką, ponadto omówione zostaną rozwiązania pozostałych grup robotów.

#### Literatura

1. Łopatka M., Typiak A., *Koncepcja pojazdu transportowego o wysokiej mobilności*, [dok. na CD-ROM], „Logistyka”, 3 (2009).
2. Typiak A., Typiak R., Muszyński T., *Support robots for the polish armed forces*, 5th IARP.
3. RISE'2011 'Robotics for risky interventions and Environmental Surveillance-Maintenance' Brussels – Leuven, BELGIUM 20-22 June 2011.
4. Typiak A. i inni, *Sprawozdanie z realizacji projektu rozwojowego pn. „Bezzałogowy pojazd do wykonywania zadań specjalnych w strefach zagrożenia”*, Warszawa WAT 2011.
5. Bartnicki A., *Pojazdy specjalne stosowane w akcjach ratowniczych jednostek straży pożarnej*, „Logistyka”, 6 (2011), 111-118.
6. Bartnicki A., Typiak A., Zenowicz Z., *Zdalnie sterowana lekka platforma z hydrostatycznym układem napędowym*, „Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe”, 23, 1(2008).
7. Typiak A., *Bezzałogowy pojazd do wykonania zadań specjalnych w strefach zagrożenia*, „Logistyka”, 6 (2011), 3847-3854.
8. *Sprawozdanie z realizacji projektu rozwojowego pn: „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych”* CNBOP-PIB 2012.
9. Tcarichenko S.G., *Extreme Robotics in the Russia's Ministry of Emergency Situations – challenges and perspectives*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 4 (2012), 97-105.
10. *Sprawozdanie z realizacji projektu rozwojowego pn: „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych”*, WAT 2012.

**st. bryg. mgr inż. Dariusz Czerwienko** jest Kierownikiem Zespołu Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB. Jest autorem i współautorem szeregu artykułów i monografii, wystąpienie na konferencjach krajowych i zagranicznych.

**dr inż. Jacek Roguski** jest adiunktem w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB. Zajmuje się naukowo i praktycznie aspektami związanymi z zagadnieniami ochron osobistych, instalacji gaśniczych oraz problemami eksploatacji urządzeń technicznych. Jest autorem i współautorem szeregu artykułów i monografii, wystąpienie na konferencjach krajowych i zagranicznych.