



Wojciech JÓŹWIK , Andrzej ZBROWSKI, Zbigniew ZIENOWICZ

MODEL BEZZAŁOGOWEGO POJAZDU DO ZWALCZANIA PAR SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono model bezzałogowego pojazdu do zwalczania par substancji niebezpiecznych. Pojazd składa się z platformy przystosowanej do montażu specjalistycznego wyposażenia. Pary substancji niebezpiecznych są likwidowane za pomocą kurtyny wodnej wytwarzanej przez działko wodno-pianowe. Zapewniono dopływ wody ze źródła zewnętrznego zasilającego zbiornik buforowy o objętości 1 m³. Zabezpieczenie pojazdu podczas powrotu z akcji ratowniczej odbywa się dzięki aplikacji sorbentów na drogę powrotną.

1. PRZEDSTAWIENIE PROBLEMU

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 skażenia chemiczne i substancje wybuchowe.

Uwolnione do środowiska chemikalia mogą spowodować szybko rozprzestrzeniające się skażenia powietrza. W takich wypadkach możliwość podjęcia skutecznej interwencji jest znacznie ograniczona, pomimo bardzo szybkiego rozwoju zagrożenia.

Istotnym elementem systemu bezpieczeństwa technicznego są zatem metody i środki umożliwiające zapobieganiu niekontrolowanemu rozprzestrzenianiu się substancji niebezpiecznych w postaci cieczy, par oraz gazów po wystąpieniu wypadku lub katastrofy.

Aby szybko ograniczyć rozprzestrzenianie się substancji niebezpiecznych często stosowana jest kurtyna wodna [6, 11]. Stosowana jest ona w postaci pary wodnej lub jako mocno zdyspergowany strumień wody (w tym także z dodatkiem odpowiedniego neutralizatora).

W przypadku stosowania kurtyn wodnych ważne jest aby:

- wyprowadzić pompy motorowe tłoczące wodę do prądownic kurtynowych na taką odległość aby nie powstało niebezpieczeństwo eksplozji mieszaniny wybuchowej gazu toksycznego z powietrzem,
- nie dopuścić do kontaktu strumienia wody bezpośrednio z plamą skroplonego gazu, co może spowodować obfite zamglenie rejonu akcji ratunkowej,

- stosować odpowiednie ilości wody do neutralizacji gazów toksycznych, gdyż użycie zbyt dużej ilości wody prowadzi do powstania roztworu toksycznego gazu, rozprzestrzeniającego się w zagłębieniach terenowych w rejonie awarii (np. w stosunku do chloru).

Użycie kurtyny wodnej lub ciekłego odkaźnika powoduje powstanie płynnych odpadów, które mogą być uciążliwe dla środowiska [12]. Niedogodności te mogą być usunięte przez użycie sorbentów do likwidacji skażeń [8].

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 modułowe systemy bezzałogowe, sterowane drogą radiową [2, 3, 4]. Pomimo, że główny wysiłek prac konstrukcyjnych pojazdów bezzałogowych jest skupiony na tematyce wojskowej [7, 11, 15] równolegle rozwijane są konstrukcje systemów do zastosowań ratowniczych. W przypadku Bezzałogowych Platform Lądowych (BPL) podstawowym celem jest zwiększanie dystansu między człowiekiem, a zagrożeniem [14]. Dotyczy to również realizacji zadań w warunkach szczególnie uciążliwych lub szkodliwych dla ludzi [1, 10]. Modułowa struktura platformy umożliwia elastyczną konfigurację odpowiednio do rodzaju zwalczanego zagrożenia.

Bezzałogowa platforma lądowa w trakcie realizacji zadań ratownictwa może zostać użyta jako bezpieczna platforma zapewniająca pozyskanie informacji o zagrożeniach w rejonie działania. W szczególności zapewnić ona może zdolności z zakresu detekcji i pomiaru skażeń wywołanych toksycznymi środkami przemysłowymi oraz pochodzącymi od czynników broni chemicznej i źródeł promieniotwórczości.

Przewidywane użycie systemu w rejonach niebezpiecznych, pociągające za sobą brak 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.

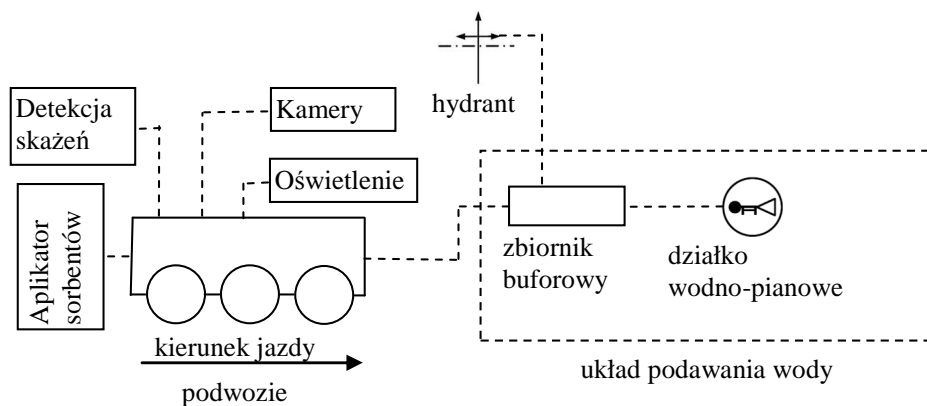
Podstawowym elementem bezzałogowej technologii ratowniczej jest jednak mobilna platforma stanowiąca modułowy roboczy człon systemu zwalczania zagrożeń.

Artykuł opisuje pojazd budowany w wyniku projektu rozwojowego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju realizowanego przez konsorcjum: firmy Hydromega, Instytutu Technologii Eksploatacji, Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwożarowej, Wojskowej Akademii Technicznej oraz Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii.

2. ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE

Założono, że pojazd będzie przeznaczony do zwalczania par substancji niebezpiecznych z wykorzystaniem kurtyny wodnej wytwarzanej za pomocą obrotowego działka wodnego umieszczonego w przedniej części pojazdu. W celu zapewnienia prawidłowego zasilania działka w wodę należy wyposażyć pojazd w układ zasilania umożliwiający podawanie mieszaniny wody i środka spieniającego ze źródła zewnętrznego. Integralną częścią układu zasilania jest zbiornik buforowy wyposażony w przyłącze węża pożarniczego.

Ponieważ pojazd jest przeznaczony do pracy w środowisku skażonym należy zapewnić możliwość oczyszczania drogi powrotnej, celem uniknięcia zanieczyszczenia platformy. Przyjęto, że powrót z akcji będzie się odbywał na biegu wstecznym po trasie przebytej podczas wykonywania zadania ratowniczego. Zabezpieczenie drogi powrotnej należy realizować poprzez aplikację sorbentów pochłaniających substancje niebezpieczne. Spełnienie założeń zrealizowano poprzez umieszczenie aplikatora sorbentów w tylnej części pojazdu. Schemat ideowy platformy przedstawiono na Rys. 1.



Rys.1. Schemat ideowy pojazdu.

Źródło: Opracowanie własne.

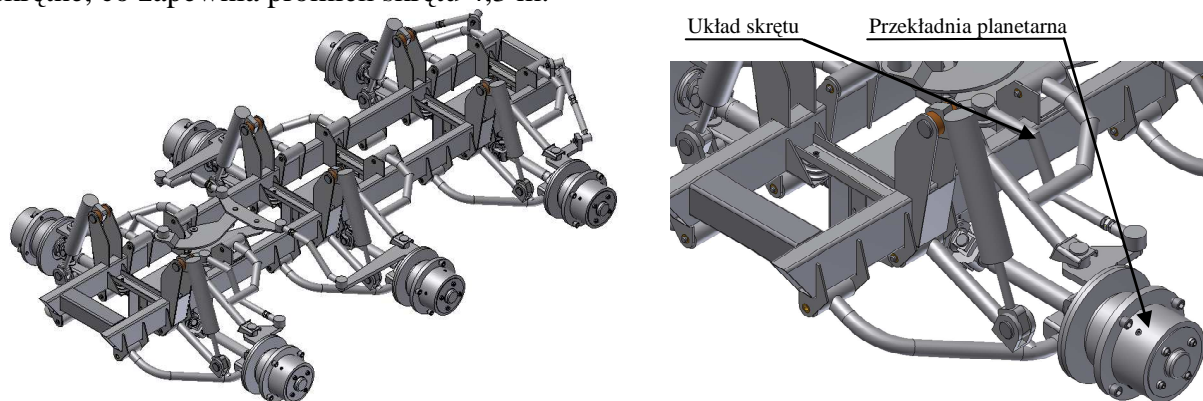
Sterowanie pojazdem odbywać się będzie za pomocą dwustronnego systemu telemetrycznego zapewniającego obserwację terenu akcji za pomocą kamer cyfrowych. W celu identyfikacji zagrożeń chemicznych należy wyposażyć pojazd w moduł badający stężenie substancji niebezpiecznych w powietrzu. Do obsługi pojazdu przewidziano dwóch operatorów, z których pierwszy jest odpowiedzialny za kierowanie pojazdem, natomiast drugi obsługuje działko wodno-pianowe.

Ze względu na przepisy ruchu drogowego pojazd będzie transportowany na miejsce zdarzenia za pomocą naczepy samochodu ciężarowego. Maksymalna szerokość pojazdu dopuszczonego do ruchu kołowego bez specjalnych zezwoleń wynosi w Polsce 2,5 m, co określa gabaryt platformy.

3. MODEL WIRTUALNY POJAZDU

Na podstawie przyjętych założeń opracowano wirtualny model bezałogowej platformy przeznaczonej do montażu wyposażenia niezbędnego do prowadzenia akcji ratownictwa chemicznego. Ze względu na możliwość podawania środka dekontaminacyjnego ze źródła zewnętrznego ograniczono pojemność zbiornika buforowego do 1 m^3 . Ograniczenie ładowności pojazdu pozwoliło na minimalizację gabarytów podwozia do $3450 \times 2100 \times 1790\text{ mm}$.

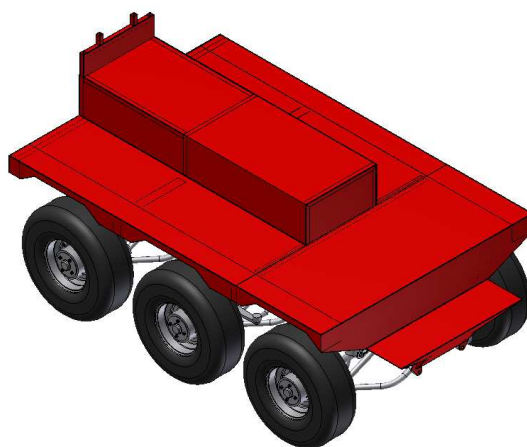
Zaprojektowany pojazd wyposażono w zawieszenie hydroaktywne (Rys. 2) umożliwiające zmianę wielkości prześwitu w zakresie $180 \div 500\text{ mm}$. Platforma posiada 2 osie skrętne, co zapewnia promień skrętu $4,3\text{ m}$.



Rys. 2 Zawieszenie pojazdu.

Źródło: Opracowanie własne.

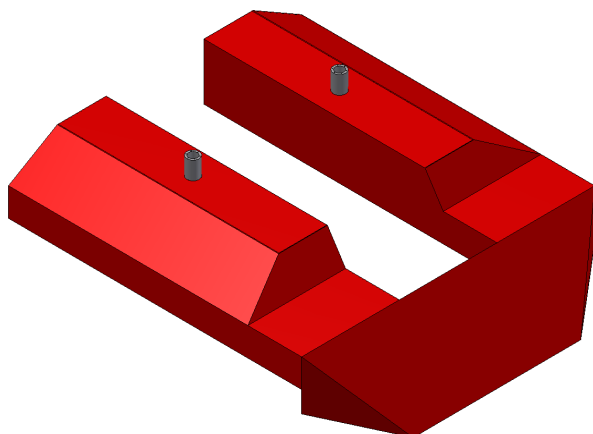
Koła są napędzane za pomocą 3 silników hydraulicznych, za pośrednictwem wału kardana oraz przekładni planetarnej. Jednostkę napędową stanowi silnik wysokoprężny o mocy 90 kW. Kompletnie podwozie przedstawiono na Rys. 3.



Rys. 3 Bezzałogowa platforma.

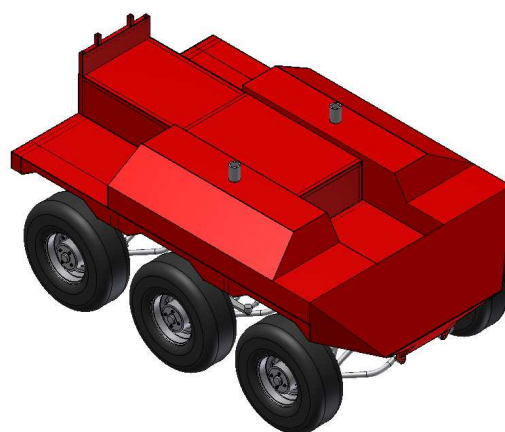
Źródło: Opracowanie własne.

Do zabudowy zbiornika buforowego (Rys. 4) przeznaczono górną część pojazdu. Konieczność maksymalnego wykorzystania przestrzeni wyklucza zastosowanie rozwiązań standardowych. Model pojazdu z zamontowanym zbiornikiem przedstawiono na Rys. 5.



Rys. 4 Zbiornik buforowy.

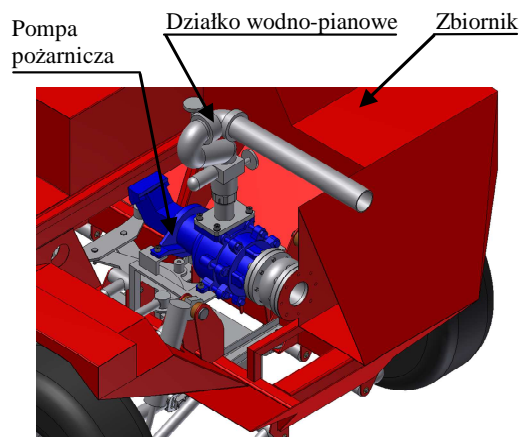
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5 Pojazd z zamontowanym zbiornikiem.

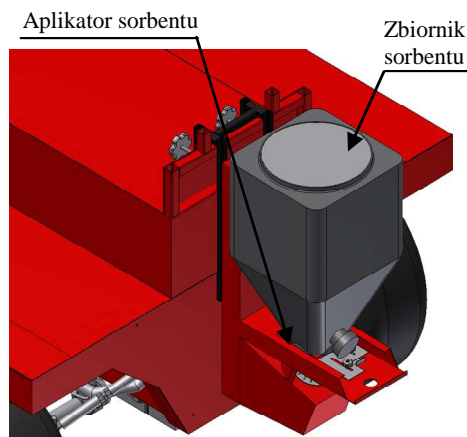
Źródło: Opracowanie własne.

Wytwarzanie kurtyny wodnej zapewniono dzięki działku wodno-pianowemu umieszczonemu w przedniej części pojazdu (Rys. 6). Odpowiednie ciśnienie wody jest zapewniane przez pompę pożarniczą zamocowaną do ramy. Działko wodno-pianowe posiada własny napęd umożliwiający obrót o 370° w płaszczyźnie horyzontalnej ($\pm 185^\circ$ względem położenia zerowego) oraz regulację kąta podniesienia w zakresie -45 do 90° . Zabezpieczenie drogi powrotnej uzyskano dzięki zamontowaniu aplikatora sorbentu w tylnej części platformy. Opracowane mocowanie umożliwia szybki demontaż urządzenia bez użycia narzędzi (Rys. 7).



Rys. 6. Zabudowa działka wodno-pianowego.

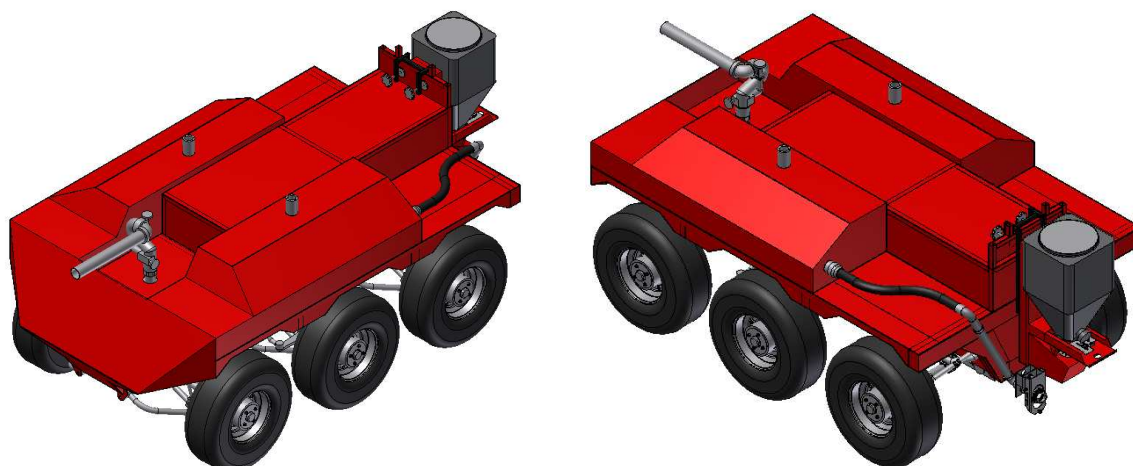
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 7. Montaż aplikatora sorbentów.

Źródło: Opracowanie własne.

Modułowa budowa elementów realizujących akcję ratowniczą umożliwia ich łatwą zabudowę na podwoziu. Kompletną platformę przeznaczoną do likwidacji par substancji niebezpiecznych przedstawiono na Rys. 8.



Rys. 8 Kompletny model pojazdu do likwidacji par substancji niebezpiecznych

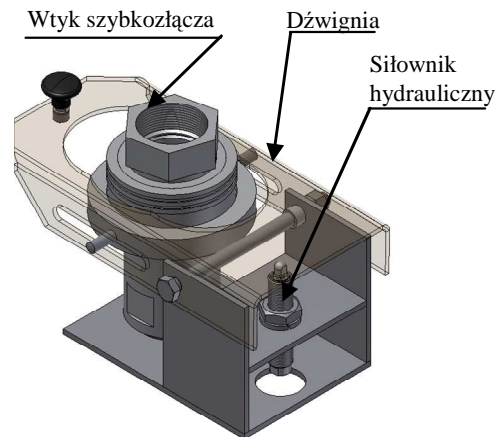
Źródło: Opracowanie własne.

Prędkość maksymalna pojazdu z pełnym zbiornikiem wynosi 20 km/h, co jest wystarczające do prowadzenie akcji ratowniczej ponieważ na miejsce zdarzenia pojazd jest transportowany na osobnej platformie. Dane techniczne pojazdu przedstawiono w Tabeli 1.

Tab. 1 Dane techniczne pojazdu

Wielkość	Wartość
Promień skrętu	4,3 m
Prędkość maksymalna	30 km/h; z pełnym zbiornikiem 20 km/h
Średnica koła	0,9 m
Maksymalna masa pojazdu	3800 kg
Moc silnika	90 kW
Prześwit	Min 180 mm Max 500 mm
Kąt nachylenia przeszkód	30°; z pełnym zbiornikiem 20°
Kąt najazdu	55°
Kąt trawersu	45°
Pokonywanie ścian pionowych	300 mm

Umieszczenie układu podawania środka odkażającego z tyłu pojazdu poza zbiornikiem umożliwi manewrowania platformą podczas realizacji zadania bojowego. W celu zabezpieczenia pojazdu podczas cofania zastosowano układ automatycznego odpinania węża wodnego. Mechanizm rozpinania (Rys. 9) składa się z siłownika hydraulicznego przesuwającego dźwignię, która rozpiną szybkozłącze. Wtyk złącza nie jest uszczelniony, co umożliwi swobodny odpływ wody po odpięciu.



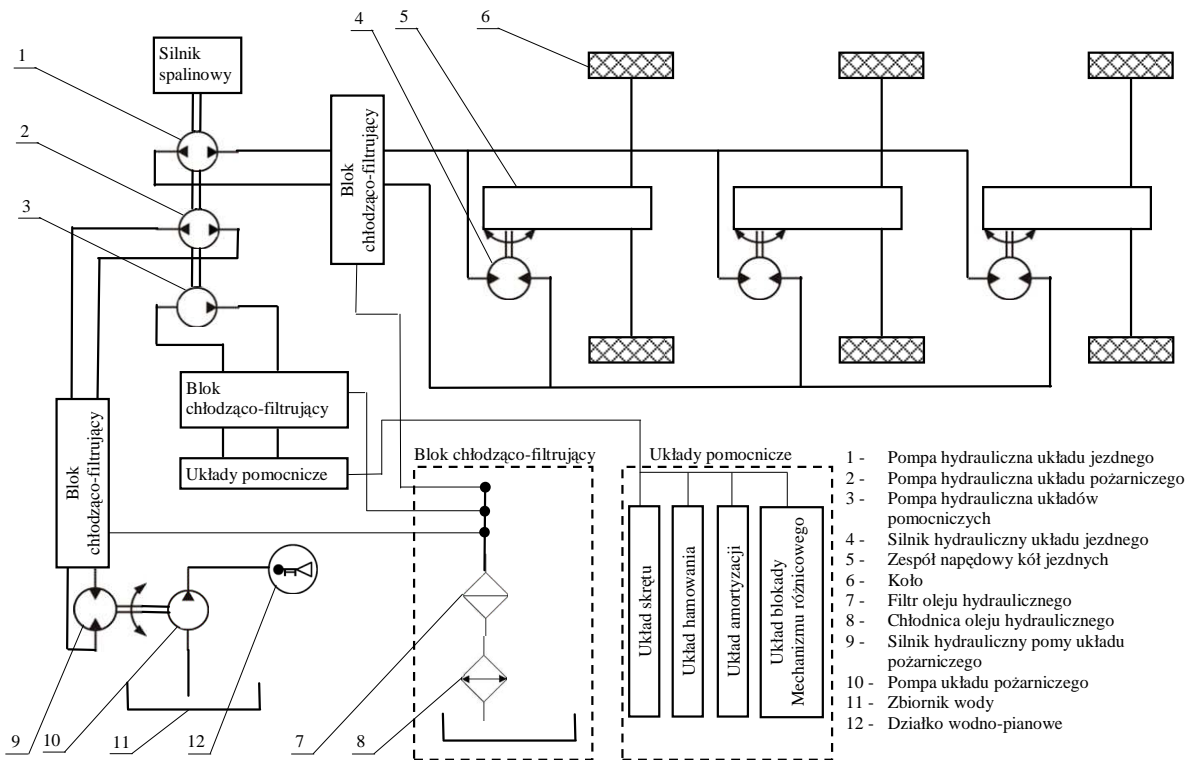
Rys. 9. Mechanizm automatycznego odpinania węża.

Źródło: Opracowanie własne.

4. UKŁAD HYDRAULICZNY

Pojazd jest napędzany za pomocą hydrostatycznego układu napędowego. Zasadniczy napęd stanowi silnik spalinowy zasilający pompę hydrauliczną o zmiennej wydajności. Układ jezdny stanowi 6 kół napędzanych za pomocą silników hydraulicznych osadzonych na każdej osi. Przeniesienie mocy na koła odbywa się zgodnie ze schematem: silnik spalinowy → pompa hydrauliczna → silnik hydrauliczny → przekładnia planetarna → koła.

Do zasilania układu podawania wody zastosowano hydrauliczny układ napędowy zgodny ze schematem: silnik spalinowy → pompa hydrauliczna → silnik hydrauliczny → pompa wodna → działko wodno-pianowe. Schemat hydrauliczny pojazdu przedstawiono na Rys. 10.



Rys. 10. Schemat hydrauliczny pojazdu

Źródło: Opracowanie własne.

Zaletami zastosowanego napędu hydrostatycznego są:

- uproszczenie konstrukcji pojazdu dzięki eliminacji sprzęgła rozłącznego, wału transmisyjnego oraz skrzyni biegów [5],
- możliwość łatwej zmiany ilości napędzanych osi,
- ułatwienie ruszania dzięki dużej sile napędowej przy małych prędkościach [9].

5. MODEL RZECZYWISTY

Na podstawie opracowanej dokumentacji technicznej wykonano demonstrator technologii, będący fizycznym modelem pojazdu (Rys. 11).



Rys. 11. Model rzeczywisty pojazdu.

Źródło: Kolekcja autora.

Wykonana bezzałogowa platforma przeznaczona jest do:

- prowadzenia działań rozpoznawczych w zakresie wykrywania substancji niebezpiecznych w atmosferze,
- zmniejszania stężenia substancji niebezpiecznych w atmosferze,
- ograniczania zasięgu emisji gazów toksycznych i par do atmosfery,
- odkażania strefy objętej skażeniami chemicznymi,
- podawania prądów gaśniczych, zwartych lub rozproszonych, w celu schładzania palących się obiektów.

WNIOSKI

Zaproponowane rozwiązanie pozwala na prowadzenie działań na terenie skażonym, z wyłączeniem obszarów zagrożonych wybuchem. Zastosowanie zbudowanego pojazdu w akcjach ratownictwa chemicznego pozwoli na zwiększenie bezpieczeństwa ekip ratowniczych, dzięki powiększeniu odległości pomiędzy ratownikiem a źródłem zagrożenia. Kolejną możliwością wykorzystania bezzałogowej platformy jest prowadzenie działań rozpoznawczych na miejscu katastrof przemysłowych lub komunikacyjnych.

MODEL OF THE UNMANNED VEHICLE FOR FIGHTING THE FUMES OF THE DANGEROUS MATERIALS

Abstract

The article presents the model of the unmanned vehicle for fighting the fumes of the dangerous materials. The vehicle consists of the platform intended for fixing the specialised equipment. The fumes of the dangerous materials are eliminated with use of the water curtain produced by the water-foam gun. The water supply is assured from the external source for the buffer container of the volume of 1 m³. The protection of the vehicle after the rescue action is performed by application of the absorbent on the surface of the return path.

BIBLIOGRAFIA

1. Bala Z.: *Gdzie strażak nie może...*, Przegląd pożarniczy nr 2 2012. Str. 30-32.
2. Bartnicki A.: *Pojazdy specjalne stosowane w akcjach ratowniczych jednostek straży pożarnej*. Logistyka 6/2011, str. 112-118.
3. Bartnicki A., Kruk A.: *Problem likwidacji skutków zdarzeń z niekontrolowanym uwalnianiem się substancji niebezpiecznych*. Logistyka 6/2011, str. 76-82.
4. Bartnicki A., Łopatka J.: *Wymagania stawiane platformom mobilnym w zadaniach zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych*. Logistyka 6/2011, str. 84-92.
5. Bartnicki A., Typiak A., Zienowicz Z.: *Zdalnie sterowana lekka platforma z hydrostatycznym układem napędowym*, Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe. (23) nr 1. 2008.
6. Ciosk A., Mizerski A.: *Badania możliwości zastosowania pianotwórczych środków gaśniczych do wytwarzania pian dekontaminacyjnych*. Zeszyty naukowe SGSP, Z. nr 35 2007, str. 19-31.
7. *Committee on Army Unmanned Ground Vehicle Technology Board on Army Science and Technology: Technology development for Army Unmanned Ground Vehicles*, The National Academies Press, Washington 2003.

8. Małozieć D., Koniuch A.: *Wpływ pianotwórczych środków gaśniczych na środowisko naturalne, szczególnie na organizmy wodne*. Bezpieczeństwo i technika pożarnicza, nr 2, 2009.
9. Orłowski L., Simiński T., Zienowicz Z.: *Nowa generacja pojazdów, o hybrydowym hydrostatycznym układzie napędowym*, Czasopismo Techniczne, z.6-M/2008. Str. 181-189.
10. Przyłuska E.: *Roboty dla straży*, Przegląd pożarniczy nr 6 2011. Str. 24-26.
11. Robotic System Joint Project Office. *Unmanned Ground Systems Roadmaps*, 2011.
12. Węsierski T., Majder-Łopatka M, Matuszkiewicz R, Porowski R.: *Badanie efektywności kurtyn wodnych przy zwalczaniu par amoniaku podczas jego niekontrolowanego uwolnienia*. Przemysł chemiczny nr 7 2012.
13. Węsierski T., Wróblewski D., Kielin J., Gontarz A. *Nowoczesne technologie ratownictwa chemicznego*, Przemysł chemiczny. nr 4 2012.
14. Wilczyński T.: *Sorbenty. Podział i kryteria doboru*. Bezpieczeństwo i technika pożarnicza, nr 2 2006.
15. Winefeld A. *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036*.

Autorzy:

mgr inż. Wojciech JÓŻWIK - Instytut Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu
dr inż. Andrzej ZBROWSKI - Instytut Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu;
dr inż. Zbigniew ZIENOWICZ - HYDROMEGA Sp. z o. o., Gdynia