



Wybrane problemy dynamiki, sterowania i konstrukcji samobieżnego działka wodno-pianowego przeznaczonego do pracy w warunkach prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczych*

Janusz TUŚNIO¹, Zbigniew DZIOPA¹, Norbert TUŚNIO²

¹Politechnika Świętokrzyska, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce

²Szkoła Główna Służby Pożarniczej, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa

Streszczenie. W artykule przedstawiono wstępne przygotowania do podjęcia prac nad projektem zgłoszonym do finansowania w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych. Realizacja projektu doprowadzi do zbudowania mobilnego zestawu gaśniczego złożonego z naprowadzanego zdalnie działka wodno-pianowego zainstalowanego na samobieżnym podwoziu i połączonego z samochodem gaśniczym wyposażonym w autopompę. Zapewniona zostanie możliwość samoczynnego dostosowania długości węża do odległości pomiędzy samochodem gaśniczym a działkiem w zakresie co najmniej do 100 m. System posiadać będzie możliwość dwukierunkowej komunikacji ze stanowiskiem dowodzenia, co umożliwi korektę w przypadku nieprawidłowego działania. Zbudowany zestaw znajdzie zastosowanie w przypadku gaszenia objętych pożarem obiektów, w których istnieje zagrożenie życia obsługi w wyniku wybuchu lub wyrzutu materiału palnego.

Słowa kluczowe: mechanika, robotyka, sprzęt gaśniczy, pożary

* Artykuł został opracowany na podstawie referatu prezentowanego podczas IX Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, Pułtusk, 25-28 września 2012 r.

1. WSTĘP

Rozwój współczesnej cywilizacji niesie ze sobą wiele ryzyk związanych z transportem, użytkowaniem i przechowywaniem wielu substancji niebezpiecznych, które w przypadku zaistnienia pożaru lub wybuchu stanowią zagrożenie dla zdrowia i życia pracowników, ludności oraz ekip ratowniczych. Szczególnie niebezpiecznymi zjawiskami towarzyszącymi awariom są *bleve-fireball* (kula ognia) oraz *flash-over* (rozgorzenie). Przykładowo podczas katastrofy i wycieku cysterny zawierającej 10 ton skroplonego butanu może wystąpić zjawisko *bleve-fireball*, którego średnica wynosi ok. 120 m, wysokość ok. 200 m, a strumień ciepła w odległości 100 m od środka wynosi ok. 15 kW/m², co jest wartością skrajnie niebezpieczną dla człowieka i sprzętu [1, 2].

W przypadku wielkich magazynów paliw płynnych, ze względu na zagrożenie wyrzutem substancji palnej w czasie pożaru, instalowane są stacjonarne, bezobsługowe działka wodno-pianowe nakierowane na potencjalne źródło pożaru i uruchamiane automatycznie z chwilą jego zaistnienia. Lokalizacja zbiorników ma miejsce w terenie odludnym, co ogranicza liczbę osób zagrożonych. Rozwiązanie takie, mimo znacznych kosztów jest celowe w przypadku wielkich obiektów o znacznym stopniu zagrożenia pożarem bądź wybuchem. Nie jest natomiast możliwe i celowe instalowanie urządzeń stacjonarnych w pobliżu budynków i obiektów fabrycznych o niewielkim stopniu zagrożenia oraz ze zrozumiałych względów stosowanie tego rozwiązania w przypadku transportu kolejowego i drogowego substancji łatwopalnych, chociażby z powodu małego prawdopodobieństwa zaistnienia awarii i niemożliwości przewidzenia miejsca jej powstania.

Zadaniem funkcjonariuszy straży pożarnej jest likwidacja pożaru przy minimalnych kosztach i stratach. Nieodwracalną i nieprzeliczalną na pieniądze stratą jest śmierć lub kalectwo człowieka, zniszczenie lub poważne uszkodzenie samochodu gaśniczego ma wprawdzie jedynie wymiar materialny, jednakże niesie ze sobą koszty odtworzenia nieraz zbliżone do miliona złotych. W takim przypadku, w szczególnie niebezpiecznych sytuacjach celowe staje się gaszenie ogniska pożaru w sposób zdalny, za pomocą tańszych, samobieżnych, bezobsługowych a jedynie korygowanych zdalnie robotów pożarniczych wyposażonych w działka wodno-pianowe lub inne urządzenia gaśnicze. Wprawdzie w przypadku intensyfikacji pożaru i wybuchu może dojść do utraty takiego sprzętu, jednakże ryzyko utraty o wiele cenniejszego życia ludzkiego czy też kosztownego samochodu gaśniczego jest zminimalizowane.

Przedstawiona na stronie internetowej [3] oferta handlowa obejmuje bardzo szeroki asortyment pojazdów pożarniczych, działek i innego sprzętu produkowanego w Polsce i na świecie, nie zawiera jednak robotów pożarniczych.

Interesujące są natomiast w niej opisy zdalnie sterowanych działek wodno-pianowych RM60E i RM60H, które mogą mieć zastosowanie jako części takiego robota. Działka mają wydajności do 7000 l/min, sterowane są elektronicznie z hydraulicznymi układami wykonawczymi. Stosowane są głównie jako działka gaśnicze dachowe na teleskopowych wysięgnikach gaśniczych i co zrozumieli, powiązane są z pojazdami gaśniczymi.

Pokazany na stronie [4] niemiecki robot rozpylający bliżej nieznaną substancję może mieć zastosowanie w przypadku niewielkich pożarów.

Brak jest bliższych danych na temat efektów zastosowań pojazdu samojezdnego SZKRAB [5] o dość ciekawej konstrukcji i poruszającego się na gaśnicach. Charakterystyczną cechą pojazdu są niewielkie wymiary, a co za tym idzie – zapewne duże możliwości manewrowania. Wykonany w postaci prototypu pojazd przeznaczony jest do działań pożarniczych i może zostać wyposażony w kamerę noktowizyjną. Sterowanie strumieniem cieczy odbywa się zdalnie drogą radiową lub za pomocą kabla.

Na uwagę zasługuje opracowany i wykonany w Polsce przez Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej wraz z firmą Hydromega S.A. pojazd ratowniczy LEWIATAN, wykonany na potrzeby służb ratownictwa cywilnego oraz wojska. Szczególnie cenna jest konstrukcja jego podwozia o znakomitych właściwościach trakcyjnych, umożliwiających pracę w warunkach pokonywania różnorodnych przeszkód i zagrożeń. Wydaje się, że jego konstrukcja może stanowić inspirację do budowy pojazdu o typowo pożarniczych zastosowaniach.

Mogące zaistnieć w praktyce zdarzenia oraz stan techniki wynikający z oferty producentów wskazują na celowość opracowania, budowy i wdrożenia do użytkowania mobilnych zestawów zawierających samobieźne działko wodno-pianowe wraz z systemem automatycznego wykrywania celu (miejsca pożaru) i naprowadzenia na cel wyrzucanego przez działko strumienia środka gaśniczego. System taki może być przydatny zwłaszcza w przypadku gaszenia pożarów w stacjonarnych obiektach przemysłowych, gdzie występuje ryzyko zaważenia budynku, wybuchu i innych niebezpiecznych zdarzeń.

2. CEL PROJEKTU I OPIS PRZYJĘTEJ METODOLOGII BADAWCZEJ ORAZ POSZCZEGÓLNYCH ZADAŃ

Celem głównym projektu jest opracowanie, budowa i wdrożenie do użytkowania mobilnego zestawu zawierającego samobieźne działko wodno-pianowe wraz z systemem wykrywania celu (miejsca pożaru) i naprowadzenia wyrzucanego przez działko strumienia środka gaśniczego. System taki może być przydatny w przypadku gaszenia pożarów w stacjonarnych obiektach przemysłowych, gdzie występuje ryzyko wybuchu, zaważenia budowli i innych niebezpiecznych awarii.

Podstawowe parametry zestawu przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Parametry samonaprowadzającego działka wodno-pianowego

Table 1. Parameters of homing water and foam cannon

Wydajność nominalna	4000 l/min
Zasilanie węzowe – 100 m	2 automatyczne zwijadła bębnowe z węzłem płasko składanym sprzęgnięte z napędem pojazdu
Średnica węży zasilających	Ø110 mm
Materiał użyty do wykonania	nierdzewny
Zakres regulacji położenia działka	W płaszczyźnie poziomej 360° W płaszczyźnie pionowej -30° do 90°
Zakres regulacji strumienia wody	od strumienia całkowicie rozproszonego do w pełni zwartego
Zakres regulacji wydajności	800 l/min – 7000 l/min
Dodatkowe wyposażenie	Zautomatyzowana rura formująca – podawanie piany ciężkiej Czujnik temperatury Czujnik płomienia – miernik odległości Kamera termowizyjna Kamera widokowa

2.1. Wykaz przewidzianych do realizacji prac

Spełnienie przedstawionych w tablicy założeń wymaga wykonania niżej wymienionych prac (z uwzględnieniem przewidywanych wykonawców projektu):

- dobór, analiza właściwości dynamicznych, opracowanie projektu i wykonanie podwozia,
- opracowanie sposobu zasilania pojazdu w środek gaśniczy,
- opracowanie sposobu podawania środka gaśniczego,
- opracowanie układu sterowania,
- integracja systemu,
- wykonanie projektów systemów teleoperacji, łączności bezprzewodowej i czujników obserwacyjnych, wykonanie projektu podsystemu ograniczonej autonomii pojazdu (komputer pokładowy) oraz elementów systemu teleoperacji,
- wykonanie elementów systemu łączności bezprzewodowej, wykonanie i integracja sensorów oraz podsystemu ograniczonej autonomii, wykonanie badań zintegrowanego systemu teleoperacji,
- wykonanie badań zintegrowanego systemu teleoperacji,
- wykonanie dokumentacji systemu teleoperacji i badań certyfikujących.

Prawidłowe wykonanie badań prowadzących do realizacji celu wymaga dokonania analizy właściwości dynamicznych obiektu regulacji (samobieźnego działka wodno-pianowego) oraz opracowania metody i koncepcji budowy urządzenia do skanowania obszaru, w którym następuje proces spalania. Poprawność działania opracowanego układu skanującego powinna zostać zweryfikowana na drodze doświadczalnej. W dalszej kolejności konieczne jest opracowanie koncepcji i wstępnego projektu automatycznego systemu kierującego pracą działka; celowe jest, by możliwa była zdalna ingerencja w pracę systemu dokonywana z bezpiecznej odległości przez operatora.

Poprawna praca systemu kierującego pracą działka wymaga znajomości parametrów geometrycznych i właściwości dynamicznych tego urządzenia, odpowiedniego doboru sposobu regulacji (typu i parametrów regulatorów).

Wstępne założenia funkcjonalne dotyczące parametrów pojazdu dotyczyć będą przede wszystkim niezbędnej ładowności, gabarytów pojazdu, jego prędkości maksymalnej.

Istotnym parametrem określonym na etapie założeń jest siła uciągu niezbędna do rozwijania linii gaśniczych oraz zdolność pokonywania przeszkód, zwłaszcza zaś rumowisk, stopni, muru, uskoków, rowów, wzniesień i grząskiego terenu. Ponadto rozstrzygnięte zostaną parametry dotyczące odporności na wysokie temperatury oraz konstrukcja i parametry zastosowanych osłon termicznych.

Określony zostanie zakres autonomiczności pojazdu wynikający z czasu jego samodzielnej i ciągłej pracy. Przeanalizowana zostanie konstrukcja zawieszenia w aspekcie wytrzymałości na drgania i udary aparatury sterującej i pomiarowej pojazdu.

2.2. Metodyka badań

Opracowana metodyka badań wynikać będzie z analizy założeń funkcjonalnych oraz warunków występujących w strefach dużego pożaru, co pozwoli na jej kompleksowe opracowanie. Wykonane zostaną badania pozwalające na określenie istotnych parametrów podwozia pojazdu bazowego:

- masy własnej i jej rozkładu na koła, osie i strony;
- określenie położenia środka masy;
- określenie dopuszczalnej ładowności pojazdu i dopuszczalnych granic położenia środka masy;
- nacisków jednostkowych na podłoże odkształcalne;
- wymiarów liniowych i kątowych pojazdu oraz przestrzeni ładunkowej;
- parametrów dynamicznych, a zwłaszcza prędkości maksymalnej, manewrowości, w tym parametrów skrętu;
- precyzji zdalnego sterowania – np. czasu reakcji pojazdu na zadane wymuszenie;
- siły uciągu pojazdu na podłożach twardych i odkształcalnych;

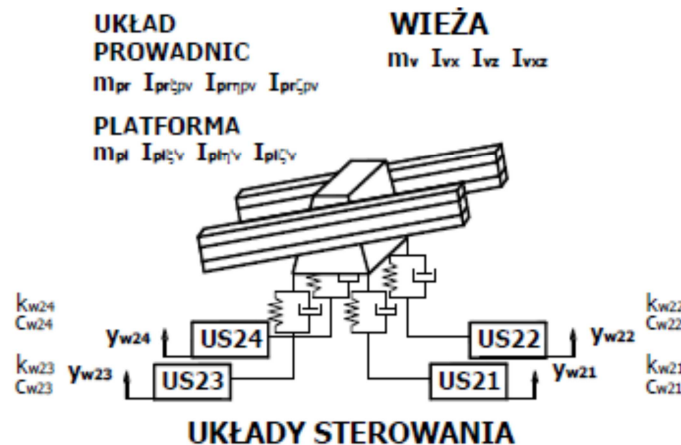
- zdolności pokonywania założonych wcześniej przeszkód terenowych;
- mobilności w różnorodnych warunkach terenowych;
- rozkładu temperatur wewnątrz przedziałów technicznych pojazdu (przewidywanych do montażu systemów sterowania) oraz kluczowych elementów podwozia, a także zdolności pracy systemów napędowych i sterowania przy oddziaływaniu wysokich temperatur – ok. 100°C;
- czasu pracy bez uzupełniania źródła energii w różnorodnych warunkach terenowych;
- drgań występujących w miejscach mocowania systemu sterującego oraz na zawieszeniu pojazdu i określenie wydajności zawieszenia.

2.3. Opracowanie systemu stabilizacji położenia działka na podwoziu

Opracowanie systemu może zostać dokonane poprzez [6]:

- stabilizację poziomego położenia samobieżnego podwozia, na którym w sposób sztywny zamocowano podstawę działka,
- stabilizację położenia podstawy działka, która może zmieniać swoje położenie względem podwozia.

W każdym przypadku celowe być może zainstalowanie giroskopowego systemu stabilizacji położenia oraz układu wykonawczego w postaci siłowników elektrohydraulicznych lub innych. Ze względu na znaczną masę podwozia, wygodniej jest zastosować drugą opcję. W każdym przypadku zastosowany być musi układ „sztucznego horyzontu”, detekcji i wzmocnienia uchybu położenia obiektu regulacji oraz układ wykonawczy o odpowiedniej mocy.

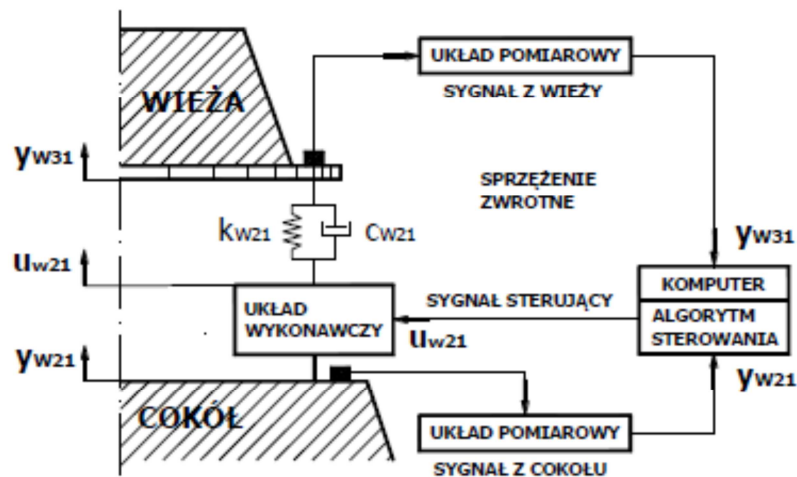


Rys. 1. Układ zastosowany do wibroizolacji platformy, na której zamontowane jest działko wodno-pianowe

Fig. 1. System applied to the vibration isolation platform, which is mounted on the water gun foam

W przypadku a) oraz b) można zastosować hybrydowy układ stabilizacji, który przedstawiony jest na rysunku 1 dla przypadku b). W celu poprawienia efektywności pracy działka wprowadzono hybrydowy układ wibroizolacji do sterowania drganiami wieży [7-11]. Można rozważać stabilizację wieży przy wymuszeniach pochodzących od nawierzchni drogi i wynikających z pracy działka wodno-pianowego.

Do redukcji drgań zastosowano cztery urządzenia sterujące włączone szeregowo w zawieszenie platformy wieży. Wszystkie cztery układy sterowania działają niezależnie od siebie. Każdy z nich stabilizuje tylko jeden punkt zamocowania zawieszenia platformy. Regulacja odbywa się w układzie zamkniętym. Struktura układu sterowania przedstawiona jest na przykładzie urządzenia US21 (rys. 2). Pętlę sterowania tworzy zawieszenie pasywne w postaci modelu Voigta–Kelvina wraz ze sterowanym układem wykonawczym w postaci siłownika elektrohydraulicznego, dwóch czujników przyspieszeń zamontowanych na platformie wieży i na cokole oraz komputera. Układ pomiarowy korzystając z podwójnego integratora, przekazuje sygnał realizowany z wieży i sygnał wymuszający z cokołu do komputera, który na ich podstawie wyznacza sygnał sterujący. Formułowanie sygnału przez komputer przebiega zgodnie z przyjętym algorytmem sterowania. Cztery analogiczne układy sterowania zapewniają zarówno liniową, jak i kątową stabilizację wieży, której jednym z obiektów jest działko w przestrzeni.



Rys. 2. Schemat układu sterowania dla urządzenia US21

Fig. 2. Diagram of the control system for the device US21

2.4. System zdalnego sterowania platformą

Zaprojektowanie, wykonanie oraz badania systemu zdalnego sterowania platformą bezzałogową w systemie teleoperatora [12].

W ramach projektu zostanie opracowany system pozwalający na zdalne sterowanie działkiem wodno-pianowym. System będzie umożliwiał pracę działka w tzw. trybie teleoperacji. Polega to na tym, że operator systemu wykorzystując Stację Kierowania i Kontroli (SKiK), na bieżąco steruje ruchami i parametrami działka wodno-pianowego. Równocześnie, na ekranie komputera wyświetlane są informacje o stanie systemu, a przede wszystkim dane z poszczególnych sensorów, zarówno systemowych, położeniowych, jak i rozpoznawczych.

System transmisji danych złożony będzie z modułu pojazdowego oraz stacji nadawczo-odbiorczej (SNO) ulokowanej w pobliżu SKiK. Moduł pojazdowy będzie wyposażony w anteny dookólne, podczas gdy stacyjny moduł będzie wyposażony w antenę dookólną oraz antenę kierunkowo-sektorową. Z punktu widzenia systemu, bezprzewodowe łącze danych będzie stanowić zdalne przedłużenie magistrali CAN oraz sieci Ethernet.

Za systemem sterowania typu teleoperacyjnego przemawia duża zmienność środowiska pracy, zmienność realizowanych zadań i ich specyfika. Założono, że ma on cechować się wysoką intuicyjnością, co pozytywnie wpłynie na tempo prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Operator powinien mieć zapewnioną łatwość operowania osprzętem, przy minimalizacji ryzyka popełnienia pomyłki. Umieszczenie poszczególnych dźwigni sterujących ma spełniać wymogi ergonomii. Nie mniej ważnym aspektem jest opracowanie odpowiednio efektywnego układu odwzorowania otoczenia, który pozwoli operatorowi w jak najlepszym stopniu ocenić położenie robota, wykryć przeszkody i precyzyjnie sterować. Analizy na modelach wirtualnych będą wspomagane badaniami doświadczalnymi, zwłaszcza w zakresie określenia liczby i rozmieszczenia kamer systemu teleoperacyjnego oraz rodzaju i formy informacji, jakie należy dostarczać operatorowi.

Ponieważ system będzie operował głównie w warunkach zabudowy przemysłowej, zapewnienie skutecznej łączności bezprzewodowej jest zadaniem priorytetowym. Konieczne jest więc zapewnienie łączności bezprzewodowej w warunkach trudnych ze względu na ograniczenia i zniekształcenia w propagacji fal radiowych. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, iż dla poprawnej pracy w przypadku odbić lub wielodrogowości, zastosowanie znajdują łącza bezprzewodowe pracujące w oparciu o nowoczesną modulację COFDM. Takie właśnie autorskie rozwiązanie łącza jest przewidziane do zastosowania w pojeździe bezzałogowym. Rozwój takiego łącza wymaga wykonania badań, w tym prac eksperymentalnych z wykorzystaniem zaawansowanej aparatury pomiarowej (w dyspozycji wnioskodawcy).

Przewiduje się również, że dzięki zastosowanym sensorom pokładowym robot będzie mógł część funkcji realizować w trybie autonomicznym.

Jednym z krytycznych parametrów systemu będzie zasięg bezprzewodowego łącza radiowego. Z założenia system ma być wykorzystywany w relatywnie niedużych odległościach od stacji kierowania i kontroli, ale za to w warunkach zabudowy przemysłowej. Z oczywistych względów nie można liczyć na spełnienie warunku widoczności wzrokowej anten platformy i stacji naziemnej w czasie całej misji. Oznacza to, że łączność radiowa będzie podlegać niekorzystnym zjawiskom propagacyjnym, takim jak: tłumienie, odbicia, wielodrogowość. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, iż platforma bezzałogowa porusza się. Szacowane w tym obszarze ryzyko ocenia się jednak jako dosyć niskie, gdyż technologia łącza bezprzewodowego z modulacją COFDM jest już opanowana przez firmę WB Electronics.

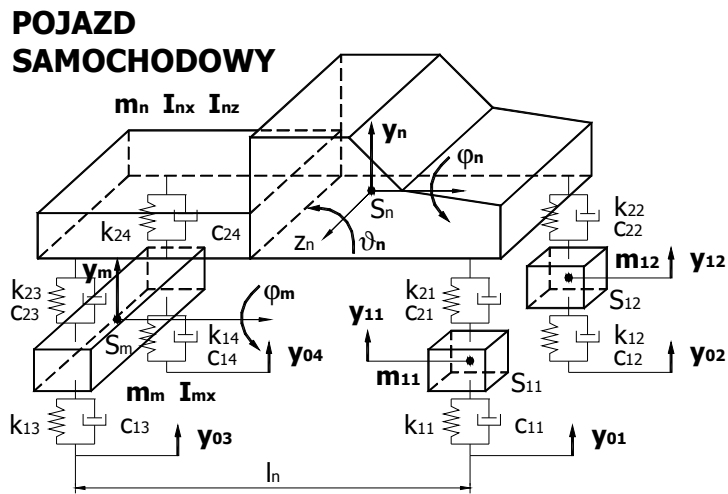
2.5. Opracowanie i budowa układu automatycznego pozycjonowania działka

Problemem do rozwiązania jest fakt, że nie ma prostej możliwości wyznaczenia punktu, w który uderza strumień środka gaśniczego. Dlatego też konieczne będzie powiązanie położenia kąтового działka z kierunkiem strumienia środka gaśniczego. Powiązanie to wymagać będzie znajomości bieżących wartości parametrów środka gaśniczego, oporów powietrza i innych wielkości wpływających na skuteczność podawania strumienia. Analityczne określenie „toru lotu” cieczy powiązanej z położeniem działka przy znajomości odległości działka od celu pozwoli na skuteczne operowanie strumieniem cieczy; możliwa będzie zdalna korekta toru przez operatora systemu.

Działko wodno-pianowe ustawione będzie na bezzałogowej platformie lądowej. Przewiduje się, że pojazd eksploatowany będzie w pobliżu otwartego ognia. Od pojazdu wymaga się więc odporności na wysoką temperaturę. Oznacza to konieczność zastosowania w jego budowie odpowiednich materiałów i zabezpieczeń.

W celu określenia właściwości dynamicznych działka wodno-pianowego należy opracować model fizyczny układu samobieżnego sterowanego lub samonaprowadzającego się w rejon przeznaczony do gaszenia pożaru. Przykład takiego modelu przedstawiony jest na rysunkach 2 i 3. W ogólnym przypadku znajdujące się na pojeździe działko stanowi nieautonomiczny, wielowymiarowy obiekt regulacji. Przedstawiony model przykładowy jest układem dyskretnym składającym się z elementów inercyjnych w postaci brył sztywnych, punktów materialnych oraz elementów nieinercyjnych o własnościach restytucyjnych i dyssypatywnych [13-18]. Przyjęty do analizy model fizyczny może odbiegać od zaprezentowanej koncepcji.

Ostatecznie sformułowany model układu wymaga przeprowadzenia identyfikacji parametrów, np. zastosowanie istniejącej konstrukcji specjalistycznego pojazdu oraz istniejącego działka wodno-pianowego lub przyjęcia wartości wzorcowych, np. oszacowanie parametrów platformy działka. Zmiana wartości wzorcowych umożliwi sformułowanie modelu zbliżonego do zestawu rzeczywistego, który podlega weryfikacji lub znajduje się na etapie projektowania. Własności zestawu otrzymane na podstawie analizy opracowanego modelu z wartościami wzorcowymi jego parametrów wskażą na problemy, jakie mogą wystąpić w trakcie pracy urządzenia. Niekiedy wyeliminowanie niekorzystnych zjawisk można uzyskać poprzez zmianę wartości niektórych parametrów. Informacje uzyskane z badań doświadczalnych pozwolą na określenie kierunków dalszych rozważań zmierzających do poprawienia skuteczności działania zestawu.



Rys. 3. Przykładowy model fizyczny pojazdu samochodowego do posadowienia na nim działka wodno-pianowego

Fig. 3. An example of a physical model of the motor vehicle to the foundation on the water and foam cannon

Następnie na podstawie przyjętego do analizy modelu fizycznego wyprowadzane będą równania ruchu, równania równowagi statycznej, równania więzów, zależności kinematyczne, człony sterujące, funkcje reprezentujące zmianę w czasie niektórych parametrów oraz funkcje reprezentujące obszar przeznaczony do gaszenia. Do opracowania modelu matematycznego ruchu układu można wykorzystać zasady mechaniki analitycznej.

Tak opracowany model można zaliczyć do układów:

- zdeterminowanych,
- zmiennych w czasie,
- dyssypatywnych,
- nieswobodnych,
- nieliniowych.

Model matematyczny sprzyja zwiększeniu wszechstronności w przeprowadzanych badaniach rzeczywistego obiektu. Model teoretyczny może być źródłem inspiracji dla konstruktorów nowych przeciwpożarowych, samobieźnych zestawów gaśniczych, a jego wykorzystanie ułatwić ma proces projektowania, zwiększyć wszechstronność analizy drogą symulacji komputerowych i zmniejszyć czasochłonność badań empirycznych prototypu. Wszechstronne poznanie zjawisk fizycznych towarzyszących działaniu zestawu może prowadzić do obniżenia kosztów uzyskania wyrobu finalnego i poprawienia jego skuteczności w gaszeniu pożarów.

Dynamika samobieźnego zestawu gaśniczego może mieć znaczący wpływ na przebieg sterowania działkiem wodno-pianowym w trakcie realizacji zadania przeciwpożarowego [14-21]. Można uwzględnić dwie opcje realizacji procesu gaśniczego:

- a) pojazd znajduje się w spoczynku i działko pracuje, podając strumień płynu gaśniczego; działko nie jest sterowane;
- b) pojazd znajduje się w spoczynku i działko pracuje, podając strumień płynu gaśniczego; działko jest sterowane;
- c) pojazd realizuje ruch wynikający z procesu sterowania lub samonaprowadzania zestawu w rejon pożaru i działko pracuje, podając strumień płynu gaśniczego; działko nie jest sterowane;
- d) pojazd realizuje ruch wynikający z procesu sterowania lub samonaprowadzania zestawu w rejon pożaru i działko pracuje, podając strumień płynu gaśniczego; działko jest sterowane.

2.6. Badania układu wodno-pianowego na stanowisku [22]

Przy założonym zasięgu pojazdu (odległości od operatora) należy wykonać badania charakterystyki układu wodno-pianowego:

- a) pomiary intensywności przepływu i ciśnienia na kolektorach tłocznych zasilającego pojazdu gaśniczego;
- b) charakterystyki dozowników środka pianotwórczego pojazdu zasilającego;
- c) pomiary intensywności przepływu i ciśnienia na łączniku działka pojazdu przy różnym rozwinięciu linii zasilających i różnych rodzajach zastosowanych węży tłocznych;
- d) opracowanie metody rozwijania i zwijania węża zasilającego w trakcie wykonywania manewrów pojazdu.

2.7. Badania funkcjonalne modelu

Badania prototypu gotowego pojazdu zostaną przeprowadzone w warunkach poligonowych (symulowany pożar).

Wykonane zostaną badania potwierdzające założenia funkcjonalne kompletnego pojazdu oraz wpływ jego zabudowy na własności trakcyjne i mobilność. Badania dotyczyć będą:

- a) masy rzeczywistej całkowitej i jej rozkładu na koła, osie i strony;
- b) określenia położenia środka masy;
- c) nacisków jednostkowych na podłoże odkształcalne przy masie rzeczywistej całkowitej;
- d) prędkości maksymalnej podczas rozwijania linii gaśniczych;
- e) zdolności rozwijania linii gaśniczej w różnorodnych warunkach terenowych: przeszkody terenowe, grząski piach, zabudowania;
- f) kierowności przy rozwijaniu linii gaśniczych;
- g) jakości stabilizacji działka wodnego określonej jako odchyłka kątowa od zadanego celu;
- h) badań funkcjonalnych pojazdu i zabudowy w warunkach symulowanego pożaru;
- i) badań odporności na drgania i udary charakterystyczne dla warunków terenowych systemów sterowania pojazdu na określonym dystansie – czasie pracy w poligonie;
- j) sprawdzeń funkcjonalnych poprawności działania systemu.

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione zamierzenia w przypadku przyznania odpowiednich środków zostaną zrealizowane przez konsorcjum, w którego skład wejdą Politechnika Świętokrzyska, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wojskowa Akademia Techniczna, Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej oraz przedsiębiorstwa prywatne WB Electronics i Hydromega. Teoretyczne rozwiązanie problemu zostanie dokonane przez uczelnie wyższe i WITPiS, natomiast wykonawstwo prototypu urządzenia spoczywać będzie na wymienionych wcześniej firmach prywatnych oraz WITPiS.

Pomyślnie zrealizowanie zaplanowanych działań umożliwi produkcję oryginalnego samobieżnego działka wodno-pianowego, którego zastosowanie do gaszenia szczególnie niebezpiecznych pożarów przyczyni się do podniesienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych i zwiększenia efektywności działań.

LITERATURA

- [1] Pofit-Szczepańska M., *Wybrane zagadnienia z fizykochemii wybuchu*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa, 2005.
- [2] Pofit-Szczepańska M., Piórczyński W., *Obliczanie parametrów wybuchu i pożarów w czasie katastrof i awarii*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa, 2005.
- [3] <http://www.steo.com.pl/public/files/flees/424.pdf>
- [4] http://www.flamis.pl/video/Robot_ga%C5%9Bniczy
- [5] http://www.prodgaz.com.pl/product/184,545,pojazd_samojezdny_.html
- [6] Mitkowski W., *Stabilizacja systemów dynamicznych*, Skrypt nr 909, Wydawnictwo AGH, Kraków, 1984.
- [7] Dziopa Z., Osiecki J., Stabilizacja poziomego położenia platformy przy dużych zakłóceniach kątowych, *II Szkoła: Metody Aktywne Redukcji Drgań i Hałasu*, Kraków – Zakopane, 1995, s. 117-121.
- [8] Dziopa Z., Vibration Reduction of a Close Range Missile Launcher, *Mechanika, Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej, Zeszyt 3, tom 22*, Kraków, s. 255-262, 2003.
- [9] Dziopa Z., Układ stabilizujący wieżę wyrzutni samobieżnego przeciwlotniczego zestawu raketowego, *Czasopismo Techniczne, Mechanika, z. 1, (ROK 105)*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, s. 67-76, 2008.
- [10] Dziopa Z., The Application of the Hybrid System of Vibroisolation in Turret Vibrations Control of the Self-Propelled Missile Assembly. *Polish Journal of Environmental Studies*, s. 21-26, vol. 17, No. 3C, HARD, Olsztyn, 2008.
- [11] Dziopa Z., Małecki J., Wpływ hybrydowego układu wibroizolacji wieży wyrzutni na ruch rakiet wzdłuż prowadnic mobilnego systemu obrony nadbrzeżnej, *Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej*, (182), Gdynia, s. 65-73, 3, 2010.
- [12] Niepublikowane opracowanie WBE, 2012.
- [13] Chodkowski A.W., *Badania modelowe pojazdów gąsienicowych i kołowych*, WKŁ, Warszawa, 1982.
- [14] Dziopa Z., Modelowanie ruchu pojazdu samochodowego z zainstalowaną wyrzutnią rakiet przeciwlotniczych, *Problemy Bezpieczeństwa w Pojazdach Samochodowych, Zeszyt Naukowy Politechnika Świętokrzyska, Mechanika, z. 84*, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, s. 179-186, 2006.
- [15] Genta G., *Motor Vehicle Dynamics, Modeling and Simulation*, World Scientific Publishing, Singapore, 1997.
- [16] Gillespie T.D., *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, 1992.

- [17] Kortüm W., Lugener P., *Systemdynamik und Regelung von Fahrzeugen, Einführung und Beispiele*, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 1994.
- [18] Mitschke M., Wallentowitz H., *Dynamik der Kraftfahrzeuge*, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 2004.
- [19] Inman D.J., *Vibration with Control*, John Wiley & Sons, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2006.
- [20] Kaczorek T., *Teoria sterowania. Tom 1 – Układy liniowe ciągłe i dyskretne, Tom 2 – Układy nieliniowe, procesy stochastyczne oraz optymalizacja statyczna i dynamiczna*, PWN, Warszawa, 1977, 1981, 2006.
- [21] Kowal J., *Sterowanie drganiami*, Gutenberg, Kraków, 1996, s. 180.
- [22] Niepublikowane opracowanie WITPiS, 2012.

Some Problems of Dynamics, Control and Construction of Water and Foam Cannon Designed for use in the Conditions of the Rescue and Firefighting

Janusz TUŚNIO, Zbigniew DZIOPA, Norbert TUŚNIO

Abstract. This paper presents the preliminary preparation to work on the project applied for funding under the program NCBiR Applied Research. The project will build a mobile firefighting kit consisting of guided remotely water-foam cannon installed on the self-propelled chassis and connected to a car equipped with auto-pump extinguisher. Will be ensured the possibility of automatic adjustment of the length of the hose to the distance between the car and gun fire fighting in at least 100 m system will have the possibility of two-way communication with the position of command, which allows the adjustment in the event of malfunction. Built kit will be used in case of fire extinguishing facilities where service life is threatened by the explosion or discharge of combustible material.

Keywords: mechanics, robotics, firefighting kit, fire