

**Stanisław KOZIOŁ, Andrzej ZBROWSKI, Eugeniusz MATRAS,
Tomasz SAMBORSKI**

Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom

APARATURA DO TESTOWANIA BEZPIECZEŃSTWA URZĄDZEŃ RATOWNICTWA WYSOKOŚCIOWEGO

Słowa kluczowe

Ratownictwo techniczne, drabiny obrotowe, podnośniki, aparatura badawcza.

Streszczenie

W artykule opisano konfigurację i zasadę działania systemu testowego do badania bezpieczeństwa urządzeń ratownictwa wysokościowego stosowanych przez służby ratownicze. System składa się z przenośnego komputera, bloku akwizycji danych i modułów pomiarowych wyposażonych we własne źródła zasilania i radiowe moduły transmisyjne. Jest przeznaczony przede wszystkim do badań dopuszczających urządzenia ratownictwa wysokościowego do użytkowania w jednostkach Straży Pożarnej.

1. Pojazdy z urządzeniami ratownictwa wysokościowego

Do prowadzenia akcji ratowniczych i gaśniczych w wysokich budynkach i innych obiektach o znacznej wysokości jednostki straży pożarnej są wyposażane w specjalne pojazdy z zainstalowanymi urządzeniami ratownictwa wysokościowego. Należą do nich przede wszystkim półautomatyczne i automatyczne drabiny oraz podnośniki hydrauliczne. Budowa takich pojazdów polega zazwyczaj na zainstalowaniu na podwoziu odpowiednio dobranego samochodu cięża-

rowego układów mechanicznych, hydraulicznych i elektronicznych tworzących urządzenie wysokościowe. Dzięki możliwości wielopoziomowego transportu ratowników wraz z odpowiednim sprzętem możliwe jest prowadzenie akcji gaśniczych i ewakuacja osób poszkodowanych z wysokich obiektów [1, 2, 3]. Na rysunkach nr 1 i 2 przedstawiono zdjęcia przykładowych samochodów z drabiną automatyczną i podnośnikiem hydraulicznym. Ze względu na konieczność zapewnienia odpowiedniej efektywności działań i bezpieczeństwa ratowników, osób ratowanych i otoczenia, pojazdy z urządzeniami ratownictwa wysokościowego muszą spełniać określone wymagania. Należą do nich przede wszystkim:

- możliwość szybkiego dojazdu do miejsca zdarzenia z uwzględnieniem poruszania się po drogach publicznych, terenie nieutwardzonym i powierzchniach o znacznym nachyleniu,
- krótki czas przygotowania do działania i odpowiednia szybkość realizacji ruchów roboczych,
- odpowiednia sztywność i wytrzymałość na obciążenia osobami biorącymi udział w akcji i sprzętem,
- niezawodne działanie automatycznych systemów zabezpieczających i monitorujących zapewniających stateczność pojazdów i urządzeń podczas działania,
- zdolność do nieprzerwanej pracy w określonym czasie w różnych warunkach klimatycznych.



Rys. 1. Drabina automatyczna MAGIRUS na podwoziu samochodu IVECO (www.flamis.pl)

Spełnienie tych wymagań jest weryfikowane w trakcie standardowych badań drabin lub podnośników, których wyniki stanowią podstawę dopuszczenia tych urządzeń do stosowania w systemie bezpieczeństwa powszechnego.



Rys. 2. Podnośnik hydrauliczny BUMAR na podwoziu samochodu VOLVO (www.bumar.pl)

2. Badania pojazdów z urządzeniami ratownictwa wysokościowego

Pojazdy przystosowane do działań ratownictwa wysokościowego ze względu na swą konstrukcję charakteryzują się wysoko umieszczonym środkiem masy, co stwarza zagrożenie utraty stateczności podczas jazdy na łukach drogi i po powierzchniach pochyłych [4, 5]. Powoduje to ograniczenie prędkości, z jaką mogą się poruszać i zdolności pokonywania wzniesień. Dążenie do osiągnięcia jak największych nośności, zasięgu w kierunku pionowym oraz wysięgów bocznych przy jednoczesnym zapewnieniu możliwie dużej dynamiki ruchów roboczych powoduje, że na pojazd podczas pracy działają bardzo duże momenty sił ciężkości i bezwładności zagrażające jego przewróceniem. W związku z tym celem standardowych badań, którym podlegają, jest sprawdzenie, czy konstrukcja oraz zastosowane układy zabezpieczające i sterowania zapewniają w wymaganym stopniu ich bezpieczeństwo.

Badania powinny być przeprowadzane zgodnie z następującymi normami: PN-ISO 10392:1997 [6], PN-EN 1846-2:2009 [7], PN-EN 14044+A1:2010 [8], PN-EN 1777:2010 [9]. Wymienione normy przewidują przeprowadzenie ponad 40 różnych testów dotyczących wszystkich rozwiązań technicznych i parametrów mających wpływ na bezpieczeństwo. Testy obejmują między innymi następujące badania:

- wyznaczanie współrzędnych środka masy i granicznego kąta przechyłu bocznego pojazdu oraz kąta przechyłu nadwozia w funkcji kąta przechyłu bocznego,
- badania stateczności podnośnika lub drabiny rozłożonych z zastosowaniem podpór bocznych i obciążonych w warunkach statycznych i dynamicznych (wykonywanie ruchów roboczych z maksymalnymi prędkościami) oraz skuteczności działania urządzeń monitorujących stateczność i parametry pracy,
- badanie wytrzymałości i sztywności drabin, podnośników, platform i koszy ratunkowych oraz uruchamiających je układów hydraulicznych przy różnych sposobach obciążenia i intensywności pracy,
- sprawdzenie możliwości bezpiecznego ustawienia pojazdu z wykorzystaniem podpór na podłożach nierównych, pochyłych i o różnej nośności oraz skuteczności automatycznego poziomowania lub pionowania urządzeń wysokościowych, a w szczególności platform i koszy ratowniczych,
- badanie poprawności działania awaryjnych układów sterowania wykorzystywanych w razie uszkodzenia sterowania zasadniczego,
- sprawdzanie parametrów geometrycznych takich jak wysokość ratownicza, wysięgi boczne, wymiary przęsła, szczelby, pomostów itp.

Wymienionym badaniom powinny podlegać typy pojazdów i ratowniczych urządzeń wysokościowych wprowadzane do wyposażenia jednostek Ochotniczej i Państwowej Straży Pożarnej. Niektóre z badań dotyczą nie tylko pojazdów ratownictwa wysokościowego, ale również samochodów gaśniczych, ratownictwa technicznego lub innych z wysoko umieszczonym środkiem masy, np. cystern, „gruszek” do przewozu betonu, dźwigów samochodowych itp. Testowaniem pojazdów przeznaczonych dla straży pożarnej w Polsce zajmuje się Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej w Józefowie. Instytut Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu wspólnie z CNBOP podjął realizację projektu, którego celem jest opracowanie zestawu aparatury do badania stateczności i bezpieczeństwa samochodów z urządzeniami ratownictwa wysokościowego.

Standardowe procedury badawcze wymagają wykorzystania specjalistycznej aparatury przystosowanej do zdalnych pomiarów dynamicznych. Przykładem może tu być pomiar kąta pochylenia podłogi kosza ratowniczego podczas wykonywania ruchów roboczych drabiny lub podnośnika w przestrzeni o wymiarach kilkudziesięciu metrów w każdym z kierunków prostokątnego układu współrzędnych. Planowanym efektem realizacji projektu jest modułowy zestaw aparatury umożliwiający szybkie i bezpieczne wykonanie wszystkich wymaganych pomiarów i rejestrację przebiegów określonych wielkości.

3. Konfiguracja i funkcje zestawu aparatury do badania bezpieczeństwa

Opracowano techniczny system badań pojazdów i urządzeń ratownictwa wysokościowego. Składa się on z procedur testowania oraz urządzeń i modułów pomiarowych, które służą do ich realizacji. W strukturze systemu uwzględniono istniejące wyposażenie badawcze wykorzystywane w badaniach pojazdów:

- wychylna platforma (rys. 3) pozwalająca na ustawienie na niej badanego pojazdu i przechylenie go na bok o kąt od 0 do 45°. Platforma może w sposób płynny wykonywać ruch z możliwością zatrzymania w dowolnej pozycji, może być wykorzystywana do pomiaru granicznego kąta przechyłu bocznego i pomiaru kąta przechyłu nadwozia w funkcji kąta przechyłu bocznego,
- stacjonarna najazdowa waga samochodowa przeznaczona do pomiaru ciężaru pojazdu lub nacisku na podłoże jednej lub kilku osi, która może być wykorzystywana do wyznaczania masy pojazdu oraz współrzędnych położenia środka masy,
- samochodowy podnośnik obsługowy pozwalający na uniesienie kół jednej osi na zadaną wysokość, co w połączeniu z wagą samochodową pozwala na wyznaczanie wysokości położenia środka masy.



Rys. 3. Badanie granicznego kąta przechyłu bocznego samochodu pożarniczego z wykorzystaniem wychylnej platformy (materiały CNBOP Józefów)

W ramach budowy systemu opracowano, wykonano i przetestowano następujące moduły pomiarowe i pomocnicze:

Poziomice elektroniczne do realizacji następujących pomiarów:

- kąta wychylenia nadwozia samochodu podczas badania na wychylnej platformie,
- kąta pochylenia szczebla drabiny lub podłogi kosza podczas wykonywania ruchów roboczych wsięgnięciem,

- kąta pochylenia ramy pojazdu podczas wyznaczania wysokości położenia środka masy pojazdu,
- kąta nachylenia przęsła drabiny w stosunku do poziomu,
- kąta wychylenia platformy względem poziomu,
- kąta pochylenia terenu, na którym wykonywane jest badanie lub uzyskanego kąta pochylenia pojazdu w wyniku zastosowania dodatkowych podpór, najeżdżów itp.

Poziomice mają możliwość zerowania przed badaniem oraz zakres pomiarowy o 0 do 90°. Mocowanie do nadwozia samochodu lub innego elementu jest realizowane za pomocą specjalnych uchwytów, przyssawek itp. W systemie przewidziano cztery takie poziomicę, które w zależności od realizowanej procedury testowej są umieszczane na tyle, przedzie lub ramie pojazdu, konstrukcji przęsła lub szczebla drabiny, na platformie kosza ratowniczego albo instalowane na odpowiednio długim uchwycie do pomiaru pochylenia terenu. Poziomicę zostały zbudowane z wykorzystaniem precyzyjnych inklinometrów. Są zasilane z własnego źródła energii i mają możliwość transmisji wyników pomiarów drogą radiową.

Kątomierz elektroniczny do pomiaru kąta obrotu wysięgnika wokół pionowej osi o zakresie pomiarowym 360°. Kątomierz może być w łatwy sposób mocowany na mechanizmie obrotowym wysięgnika i wskazuje jego rzeczywisty kąt obrotu względem podwozia pojazdu lub platformy. Konstrukcja wysięgnika utrudnia zastosowanie typowych rozwiązań przeznaczonych do pomiarów kąta obrotu z powodu braku dostępu do mechanizmów. Kątomierz jest zasilany z własnego źródła energii i ma możliwość zdalnej transmisji wyników pomiarów drogą radiową.

Czujniki do pomiaru siły nacisku koła jezdnego lub stopy podpory na podłoże o zakresie pomiarowym do 100 kN. W systemie wykorzystywane są cztery takie czujniki (badania z 4 podporami i badania samochodów 4-osioowych). Zapewniają one możliwość pomiaru nacisku kół pojedynczych i podwójnych „bliźniak” oraz stóp podpór o stosowanych w praktyce kształtach i rozmiarach. Przy badaniu nacisków stóp podpór o sztywnej konstrukcji dodatkowo stosowane są elastyczne przekładki dla uniknięcia koncentracji obciążeń na niewielkich powierzchniach styku podpór z czujnikiem. Czujniki są zasilane z własnego źródła energii i mają możliwość zdalnej transmisji wyników pomiarów drogą radiową.

Dalmierz laserowy do pomiaru wysokości rozłożonej drabiny lub podnośnika, długości drabiny oraz wysięgu bocznego. Pomiaru są wykonane za pomocą precyzyjnego dalmierza wykorzystywanego w budownictwie wyposażonego w odpowiednie funkcje lokalizacji obserwowanego obiektu i przeliczania uwzględniające wykonywanie pomiarów pod kątem w stosunku do poziomu. W zestawie z innymi narzędziami do pomiarów liniowych jest wykorzystywany

do pomiaru rozstawu kół, rozstawu osi, promienia statycznego koła jezdnego itp. Do niektórych pomiarów używane są dodatkowe pomoce i narzędzia tworzące bazy i powierzchnie pomiarowe pozwalające na dokonanie pomiarów w prostej linii z pominięciem elementów konstrukcyjnych uniemożliwiających dokładny pomiar bezpośredni.

Programowalny układ obciążający ostatni szczebel drabiny lub podłogę kosza siłą skierowaną pionowo w dół. Konstrukcja układu umożliwia nastawianie i pomiar wartości zadawanej siły, kontrolę kierunku działania (pionowego) oraz utrzymywanie jej wartości niezależnie od podatności obciążanego elementu. Zakres wywieranej siły wynosi od 900 do 6 000 N. Układ ma możliwość korekcji położenia w celu „pionowania” obciążenia. Dostępna jest bezprzewodowa komunikacja modułu z komputerem sterującym w celu zadawania wartości i czasu działania obciążenia.

Czujnik temperatury oleju w układzie hydraulicznym podczas jego pracy o zakresie pomiarowym do 200°C. Konstrukcja czujnika umożliwia umieszczenie końcówki pomiarowej w zbiorniku oleju układu hydraulicznego. Jest zasilany z własnego źródła energii i ma możliwość zdalnej transmisji wyników pomiarów drogą radiową.

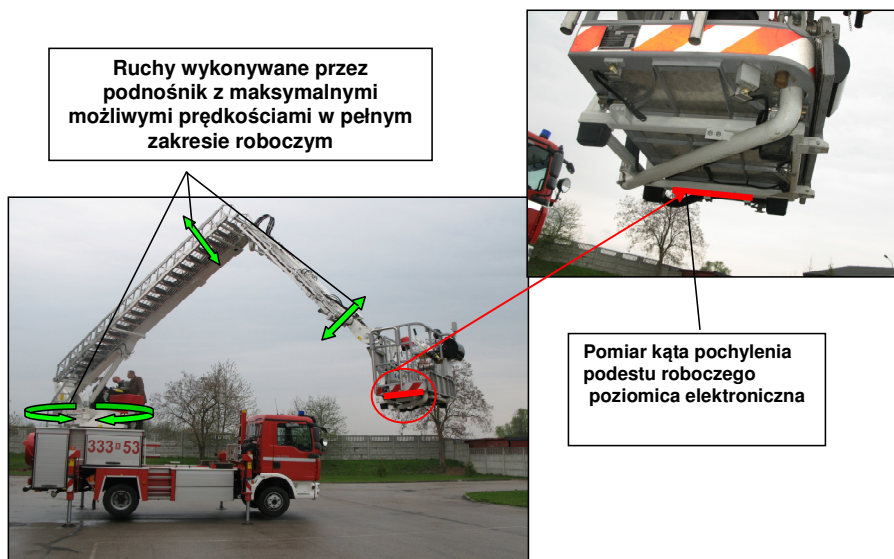
Zestaw przyrządów pomiarowych do kontroli warunków atmosferycznych – temperatury powietrza, wilgotności względnej i prędkości wiatru. Czujnik prędkości wiatru jest instalowany w najwyższym punkcie badanej drabiny lub podnośnika oraz podobnie jak poprzednie zasilany z własnego akumulatora i ma możliwość zdalnej transmisji wyników pomiarów.

Oprócz zaawansowanej aparatury pomiarowej w testach są wykorzystywane następujące proste przyrządy i pomoce do symulowania rzeczywistych warunków pracy i wykonywania prostych pomiarów:

- wysokościomierz do pomiaru odległości między dolną powierzchnią koła samochodu, a podłożem, kiedy samochód jest ustawiony na podporach (sprawdzenie polega na stwierdzeniu, czy nie jest przekroczony minimalny wymiar graniczny 160 mm),
- obciążenie zastępcze symulujące obciążenie użytkowe podczas badań dynamicznych, kiedy niemożliwe jest wykorzystanie układu programowalnego; obciążniki imitujące masę załogi lub ratowników (90÷550 kg) są mocowane na czas testów do siedzeń, drabin, koszy itp.,
- podparcie wolnego końca drabiny w postaci stojaka opartego na gruncie o regulowanej wysokości do około 2 m i zdolności przenoszenia obciążeń pionowych do 5000 N.

Na rys. 4 przedstawiono schematycznie badanie skuteczności poziomowania podestu roboczego podnośnika hydraulicznego w warunkach dynamicznych z wykorzystaniem poziomicy elektronicznej. Badanie polega na tym, że obciążona platforma wykonuje ruchy robocze (obrót wysięgnika i pochylanie obu

jego segmentów) z maksymalnymi możliwymi prędkościami w maksymalnym zakresie ruchów roboczych. Kontrolowany jest kąt pochylenia podestu roboczego, który powinien być automatycznie poziomowany z założoną dokładnością.



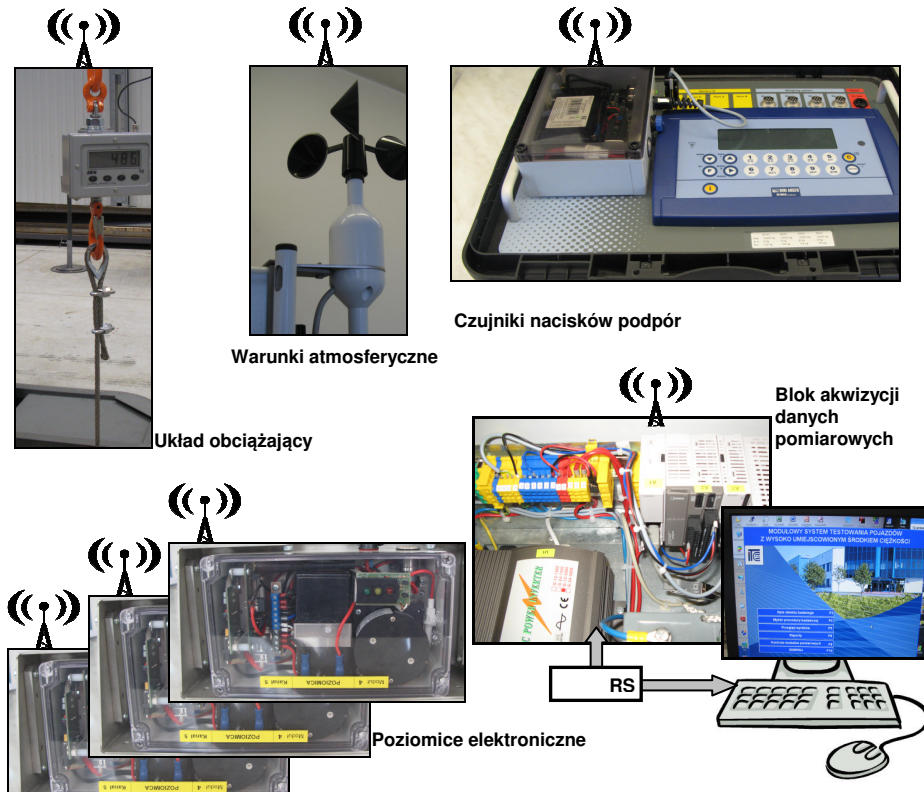
Rys. 4. Badanie skuteczności poziomowania podestu roboczego w warunkach dynamicznych z wykorzystaniem modułów systemu badań

4. System sterowania przebiegiem badań, transmisji, akwizycji i przetwarzania danych pomiarowych

Badania urządzeń ratownictwa wysokościowego zamontowanych na podwoziach samochodowych realizowane z wykorzystaniem opisanych modułów pomiarowych i pomocniczych wymagają rozmieszczenia aparatury w kilkunastu charakterystycznych punktach badanej konstrukcji. Ponadto charakter pracy urządzeń ratowniczych – zmienne wymiary wynikające z ruchów roboczych oraz przyjęte procedury badawcze sprawiają, że podczas badań występują utrudnienia wymagające zastosowania szczególnych rozwiązań technicznych w zakresie konstrukcji poszczególnych modułów, łączności między nimi i sposobu sterowania pracą systemu pomiarowego polegające na tym, że:

- poszczególne moduły pomiarowe mogą znajdować się w odległościach do kilkudziesięciu metrów od siebie i od stanowiska zarządzającego przebiegiem badań,
- odległości pomiędzy modułami są zmienne podczas badań, a niektóre pomiary muszą być wykonywane w ruchu (pracujący moduł przemieszcza się w przestrzeni wraz z elementem konstrukcji, np. koszem ratowniczym),

- rozmieszczenie i mocowanie modułów nie jest powtarzalne i zależy od konstrukcji i wymiarów badanego urządzenia oraz wymagań przeprowadzanego testu.



Rys. 5. Schemat funkcjonalny systemu sterowania, transmisji, akwizycji i przetwarzania danych pomiarowych

Sprawa to, że większość modułów, tak jak to przedstawiono w poprzednim rozdziale, posiada własne zasilanie w postaci baterii lub akumulatorów oraz zdalne połączenie z jednostką sterującą zapewniające efektywną transmisję otrzymywanych wyników pomiarów. System, którego schemat przedstawiono na rys. 5, składa się z następujących bloków:

- przenośny komputer klasy PC z odpowiednim oprogramowaniem przystosowany do pracy w warunkach poligonowych, umieszczony na przenośnym stanowisku operatorskim zaopatrzonym we własne źródło energii elektrycznej,

- blok akwizycji danych pomiarowych połączony z komputerem łączem RS 232, znajdujący się również na stanowisku operatorskim, wyposażony w radiowy moduł transmisyjny,
- moduły pomiarowe wyposażone we własne źródła zasilania i radiowe moduły transmisyjne.

Komputer PC zarządzający przebiegiem wszystkich czynności i pomiarów realizowanych podczas badań, pracujący w środowisku Windows zawiera oprogramowanie umożliwiające:

- wprowadzanie i archiwizację niezbędnych danych charakteryzujących badany obiekt,
- wybór procedury badawczej,
- przeprowadzenie procedury badawczej,
- przetwarzanie danych pomiarowych w celu określenia wyników badania w postaci wymaganej przez daną procedurę,
- generowanie i archiwizację odpowiednich dokumentów końcowych (protokoły z badań, wyniki badań, świadectwa dopuszczenia itp.).

Blok akwizycji danych pomiarowych zawiera sterownik PLC, który zapewnia odczyt danych z modułów pomiarowych w cyklu wymaganym w danej procedurze i przekazanie ich do komputera PC. Jest on zbudowany z następujących modułów:

- sterownik PLC MicroSmart FC4A-D20RK1 wyposażony w dwa porty szeregowo RS232,
- moduł transmisji radiowej RC1189-RC232,
- blok zasilania sieciowego.

Zastosowano odpowiedni system łączności bezprzewodowej bloku akwizycji danych i układów pomiarowych wchodzących w skład systemu. Blok akwizycji danych oraz każdy moduł pomiarowy jest wyposażony w radiowy moduł transmisyjny. Aby uniknąć błędów przetwarzania danych, przyjęto zasadę, że przekazywanie danych z układu pomiarowego do modułu transmisyjnego odbywa się za pośrednictwem transmisji szeregowo.

Podsumowanie

Pojazdy specjalne wyposażone w urządzenia techniczne ratownictwa wysokościowego ze względu na swoją konstrukcję i przeznaczenie muszą podlegać specjalistycznym badaniom mającym na celu weryfikację rozwiązań odpowiedzialnych za bezpieczeństwo ich użytkowania. Badania muszą dotyczyć bezpieczeństwa przemieszczania się tych pojazdów po drogach publicznych i w warunkach terenowych oraz bezpieczeństwa wykorzystania zamontowanych na nich drabin automatycznych i podnośników hydraulicznych.

Opisany zestaw modułowej aparatury do badania stateczności i bezpieczeństwa samochodów z urządzeniami ratownictwa wysokościowego pozwala na realizację standardowych badań pojazdów pożarniczych, drabin strażackich, podnośników, dźwigów oraz innych pojazdów specjalnych z wysoko umiejscowionym środkiem ciężkości. Jest on przeznaczony głównie do testowania pojazdów pożarniczych, automatycznych drabin obrotowych i podnośników hydraulicznych wykorzystywanych podczas akcji ratowniczo-gaśniczych prowadzonych na wysokościach. Dzięki modułowej budowie, elastycznemu oprogramowaniu i wykorzystaniu łączności radiowej do transmisji danych pomiarowych możliwa jest również realizacja różnych testów innych pojazdów i urządzeń specjalnych, charakteryzujących się wysoko umiejscowionym środkiem ciężkości i działaniem wymagającym szczególnej uwagi z punktu widzenia zachowania stateczności.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę latach 2009–2011 jako projekt rozwojowy O R00 0041 09 „Modułowy system testowania stabilności pojazdów specjalnych z wysoko umiejscowionym środkiem ciężkości”.

Bibliografia

1. <http://www.iveco-magirus.de/>.
2. <http://www.bumar.pl/>.
3. <http://www.brnto.fi/sivu.aspx?tas0=1&id=102>.
4. Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKiŁ, Warszawa 2004.
5. Prochowski L., Żuchowski A.: Pojazdy Samochodowe. Samochody ciężarowe i autobusy. WKiŁ, Warszawa 2006.
6. PN-ISO 10392:1997 Pojazdy drogowe dwuosiove – Określenie położenia środka masy.
7. PN-EN 1846-2:2009 Samochody pożarnicze – Część 2: Wymagania ogólne – Bezpieczeństwo i parametry.
8. PN-EN 14044+A1:2010 Samochody pożarnicze specjalne – Drabiny obrotowe z ruchami sekwencyjnymi – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa, cech użytkowych oraz metody badań.
9. PN-EN 1777:2010 Podnośniki hydrauliczne dla straży pożarnej – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i badania.

Recenzent:
Sławczo DENCZEW

Apparatus for testing the safety of the devices for height rescue

Key words

Technical rescue, turntable ladder, lifts, testing apparatus.

Summary

The article presents the configuration and the operation principles of the test systems for testing the safety of the devices of the high rescue used by rescue services. The system consists of a portable computer, a data acquisition block, and measurement modules equipped with their own power supplies and radio wave transmission modules. It is intended for certification testing of the devices of the high rescue for use in fire department units.