

*kpt. mgr inż. Agata Walczak*

*dr inż. Daniel Pieniak*

*mł. bryg. mgr inż. Wiktor Gawroński*

*kpt. mgr inż. Monika Blukacz*

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

*prof. dr hab. inż. Andrzej Niewczas*

Instytut Transportu Samochodowego

## **Analiza wybranych parametrów niezawodnościowych urządzeń podsystemu pożarniczego średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych**

### **Streszczenie**

W artykule przeanalizowano niezawodność specjalistycznych zabudów samochodów pożarniczych użytkowanych przez Państwową Straż Pożarną (PSP). Badania zostały przeprowadzone na próbie 22 średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych będących na wyposażeniu jednostek PSP na terenie m.st. Warszawa. Dane do analizy niezawodności zostały pozyskane z Systemu Wspomagania Decyzji – ST Komendy Miejskiej PSP m. st. Warszawa i obejmowały przedział czasu od stycznia 2012 r. do maja 2015 r.

Wyniki badań przedstawiają liczbę i czas odnowy niezdatności oraz wartości wskaźników niezawodności podsystemu pożarniczego samochodów ratowniczo-gaśniczych. Wykazano, że jedną z głównych przyczyn niezdatności zabudów specjalistycznych analizowanych samochodów pożarniczych jest uszkodzenie układu wodno-pianowego. Ponadto wykazano niską gotowość techniczną zabudów specjalistycznych średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych przeznaczonych do użytkowania podczas w działaniach ratowniczych.

**Słowa kluczowe:** średnie samochody ratowniczo-gaśnicze (GBA), niezawodność, gotowość

## **Analysis of the Selected Reliability Parameters of the Fire Subsystem in Medium Rescue and Firefighting Vehicles**

### **Abstract**

The aim of the study was to analyse the reliability of specialized vehicle bodies of firefighting vehicles used in fire and rescue operations. The study was conducted on a sample of 22 medium rescue and firefighting vehicles used by the State Fire Service in Warsaw. In the studies the data obtained from Decision Support System (DSS) of Warsaw State Fire Service were applied. Studies included time period from January 2012 to May 2015. The results show the number and time needed to restore the vehicles' unavailability as well as the values of reliability factors of the specialized subsystem of firefighting vehicles. The results indicate that one of the main causes of unavailability of specialized vehicle bodies is the unavailability of a foam-water system. In addition, it was demonstrated that specialized vehicle bodies of medium rescue and firefighting vehicles used in fire and rescue operations are characterized by a low technical availability.

**Keywords:** medium rescue and firefighting vehicles, reliability, availability

### **WSTĘP**

Współczesne środki techniki pożarniczej wykorzystywane w działaniach ratowniczych są złożone, charakteryzują się wielością współpracujących mechanizmów, urządzeń i przyrządów. Średnie samochody ratowniczo-gaśnicze (GBA), przeznaczone do pracy w warunkach prowadzonych działań ratowniczych, budowane są najczęściej w oparciu o podwozia produkowane seryjnie, często dwuosiove o podwyższonej mobilności.

Z punktu widzenia niezawodności, istotna jest struktura techniczna średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych, w której można wyodrębnić podsystem podwozia oraz podsystem pożarniczej zabudowy specjalistycznej. Podwozie jest specjalistyczną maszyną transportu interwencyjnego. Do zadań układów i zespołów podwozia można zaliczyć: transport sprzętu i/lub ludzi do miejsca akcji, zasilenie odbiorników energii mechanicznej (np. poprzez przystawki odbioru mocy) [3]. Układy, zespoły i podzespoły podwozia, tworzą

podsystem podwozia. Zabudowę specjalistyczną można natomiast traktować jako oddzielny podsystem. Do głównych elementów tego podsystemu można zaliczyć maszyny energetyczne, np. pompy, agregaty pożarnicze napędzane od przystawek odbioru mocy, urządzenia, np. zbiornik na środki gaśnicze, wytwornica piany, urządzenia i narzędzia przenośne np. bosaki, tłumnice, inopur. Zabudowa specjalistyczna składa się zazwyczaj ze szkieletu wykonanego z kształtowników stalowych, poszycia wykonanego z blach aluminiowych oraz przedziałów zamykanych żaluzjami pyło – i wodoszczelnymi. Sprzęt wchodzący w skład zabudowy, umieszczony jest na wysuwanych paletach i w szufladach aluminiowych, mocowany jest za pomocą specjalnych dedykowanych uchwytów. Innym ważnym zespołem podsystemu pożarniczego jest układ wodno-pianowy. Składa się on ze zbiornika na wodę o pojemności ok. 2–3 tys. litrów, zbiornika pianotwórczego, autopompy o wydajności ok. 2 tys. l/min, dozownika/zasysacza środka pianotwórczego, linii szybkiego natarcia z węzłem i prądownicą. Często średnie samochody wyposażone są również w maszt oświetleniowy, agregat prądotwórczy, szperacz pogorzeliśkowy i inne urządzenia pożarnicze.

Rozpatrując strukturę średniego pojazdu ratowniczo-gaśniczego jako złożoną z podsystemów głównych – podwozia i zabudowy pożarniczej w sensie niezawodnościowym, obiekt złożony ma strukturę szeregową. Podsystem podwozia pełni rolę nadrzędną, obiekt znajduje się w stanie zdatności, gdy zdadne jest podwozie. Jednakże rozpatrując strukturę niezawodnościową wewnątrz podsystemów, wygląda ona inaczej, ma charakter mieszany.

W praktyce eksploatacja samochodów ratowniczo-gaśniczych w PSP związana jest z prowadzeniem dokumentacji dotyczącej awaryjności. Dane rejestrowane są w informatycznym Systemie Wspomagania Decyzji (SWD-ST) oraz w karcie awarii pojazdu [3]. Wycofanie pojazdu z SWD-ST – przejście w stan niedostępności, skutkuje niezdatnością operacyjną pojazdu. Stan ten powodowany jest uszkodzeniami rozumianymi jako zdarzenie losowe. W ocenie oddziaływania i istotności uszkodzenia stosuje się uproszczoną jakościową klasyfikację dwustanową. Przejście do stanu niezdatności operacyjnej może być również powodowane np. obsługami profilaktycznymi lub niezuzupełnieniem środków gaśniczych. Ponadto na zdatność pojazdu wpływa także wykorzystanie rezerwy sprzętowej. Rezerwowanie w podsystemie pożarniczym polega zazwyczaj na wykorzystaniu nieuszkodzonego sprzętu, znajdującego się na wyposażeniu jednostki lub innego pojazdu.

Do najważniejszych wskaźników niezawodnościowych średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych, które mają znaczenie praktyczne, zalicza się zaliczyć: średni czas pomiędzy uszkodzeniami (MTBF – mean time between failure), średni czas naprawy – odnowy (MTTR – mean time to repair), wskaźnik intensywności uszkodzeń ( $\lambda$ ) oraz wskaźnik gotowości (Kg). Ocena wskaźników niezawodności może mieć użytkowe znaczenie dla realizacji zapotrzebowania sprzętowego PSP i polityki eksploatacji. Przykładowo, analiza empirycznego rozkładu intensywności uszkodzeń w rozpatrywanym przedziale czasowym, może wykazać intensywność uszkodzeń, jest funkcją rosnącą. Może to oznaczać większy udział uszkodzeń starzeniowo-zużyciowych, co często powoduje zmianę strategii eksploatacji lub podjęcie decyzji o wycofaniu sprzętu z eksploatacji.

## 1. OBIEKT I METODA BADAŃ

Badania zostały przeprowadzone na próbie 22 średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych będących na wyposażeniu 18 jednostek ratowniczo-gaśniczych PSP na terenie m. st. Warszawa. Na rys. 1 przedstawiono jeden z analizowanych średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych. Do analizy parametrów niezawodnościowych wykorzystano dane pozyskane z SWD-ST Komendy Miejskiej PSP m. st. Warszawa. Dane dotyczące zabudów specjalistycznych obejmują przedział czasu od stycznia 2012 r. do maja 2015 r.



**Rys. 1.** Średni samochód ratowniczo-gaśniczy GBA 2,5/30/2,5 marki Renault Midlum użytkowany w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej Szkoły Głównej Służby Pożarnej w Warszawie

Źródło: Opracowanie własne

## 2. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki badań niezawodnościowych zestawiono w tabelach i na rysunkach. Wykonano obliczenia wybranych wskaźników niezawodności, które wydają się być odpowiednie w ocenie podsystemu zabudowy specjalistycznej pojazdów ratowniczo-gaśniczych.

Jako wskaźnik związany z trwałością, obliczono średni czas pomiędzy uszkodzeniami (MTBF) wg równania (1) [4, 5]:

$$MTBF = \frac{T_z}{N} \quad (1)$$

gdzie:

$T_z$  – łączny czas poprawnej pracy,

$N$  – liczba uszkodzeń.

Gotowość techniczną ( $Kg$ ) określono z ilorazu czasu zdatności i sumy czasów zdatności i niezdatności (2) [1]:

$$Kg = \frac{T_z}{T_z + T_N} \quad (2)$$

gdzie:

$T_z$  – łączny czas poprawnej pracy,

$T_N$  – łączny czas niezdatności.

Jako wskaźnik związany z obsługuwalnością, obliczono czas odnowy (MTTR) z równania (3):

$$MTTR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_N \quad (3)$$

gdzie:

$N$  – liczba niezdatności zabudowy pożarniczej (uszkodzeń, awarii, itd.),

$t_N$  – czasy trwania kolejnych niezdatności (czas odnowy).

Jako wskaźnik związany z nieuszkodzalnością, obliczono intensywność strumienia uszkodzeń ( $z$ ) z równania (4) [4]:

$$z = \frac{N(\Delta t)}{N_o \cdot \Delta t} \quad (4)$$

gdzie:

$N(\Delta t)$  – liczba uszkodzeń w przedziale czasu  $\Delta t$ ,

$N_o$  – liczba obiektów (pojazdów) z zabudową pożarniczą,

$\Delta t$  – jednostkowy przedział czasu.

Ponadto obliczono średnią intensywność strumienia uszkodzeń ( $z^*$ ) w rozpatrywanym przedziale czasu  $t$  (5) [5]:

$$z^* = \frac{N(\Delta t)}{N_o \cdot t} \quad (5)$$

gdzie:

$N(\Delta t)$  – liczba uszkodzeń w rozpatrywanym przedziale czasu  $t$  (41 miesięcy),

$N_o$  – liczba obiektów (pojazdów) z zabudową pożarniczą,

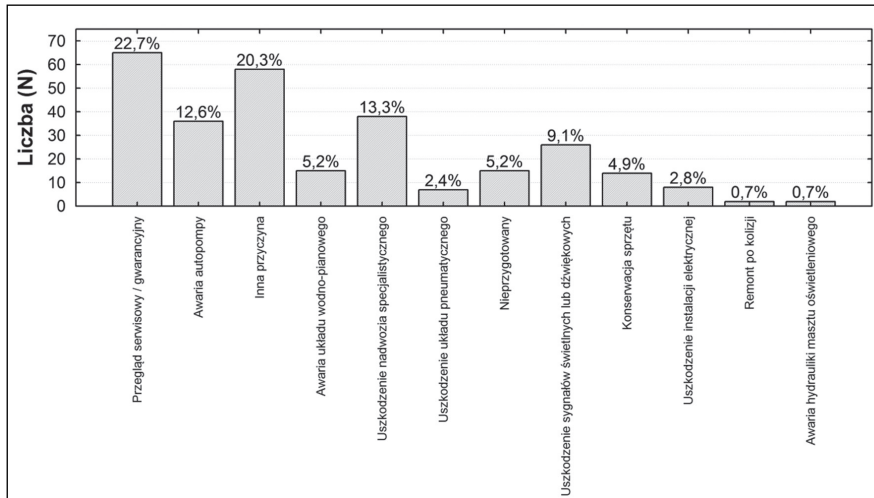
$t$  – rozpatrywany przedział czasu.

### *2.1. Uszkodzenia podsystemu pożarniczego średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych*

Na rys. 2 i 3 przedstawiono rodzaje niezdatności nadwozi specjalistycznych średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych. Uwzględniono liczbę oraz czas niezdatności.

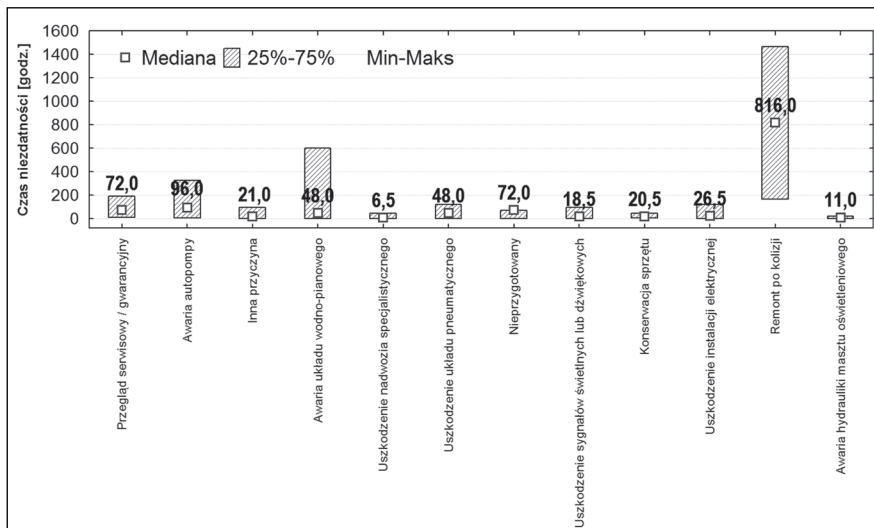
Główną przyczyną niezdatności zabudów był przegląd serwisowy/gwarancyjny. Wartość średnia czasu trwania tej niezdatności wynosiła 72 godz. (3 dni). Przyczyny inne stanowiły ok. 20% wszystkich niezdatności analizowanego podsystemu pożarniczego. Wartość średnia czasu ich trwania wynosiła 21 godz. Często dochodziło również do uszkodzenia nadwozi specjalistycznych. Dla tego typu uszkodzenia zanotowano jednak krótki czas odnowy (6,5 godz.). Na uwagę zasługują awarie autopomp, które występowały dość często w rozpatrywanym przedziale czasu (37 razy), a średni czas ich odnowy wynosił aż 96 godz. (4 dni). Ponadto 15 razy w rozpatrywanym czasie doszło do uszkodzenia układu wodno-pianowego (w SWD-ST autopompy rozpatrywane są oddzielnie) a średni czas odnowy tej niezdatności wynosił 48 godzin (2 dni). Wynika z tego, że jeden z najważniejszych układów w średnim samochodzie ratowniczo-gaśniczym, układ wodno-pianowy

wraz z autopompą, w 22 rozpatrywanych samochodach był niezdatny 52 razy w ciągu 41 miesięcy.



Rys. 2. Liczba poszczególnych niezdatności podsystemu pożarniczego średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych

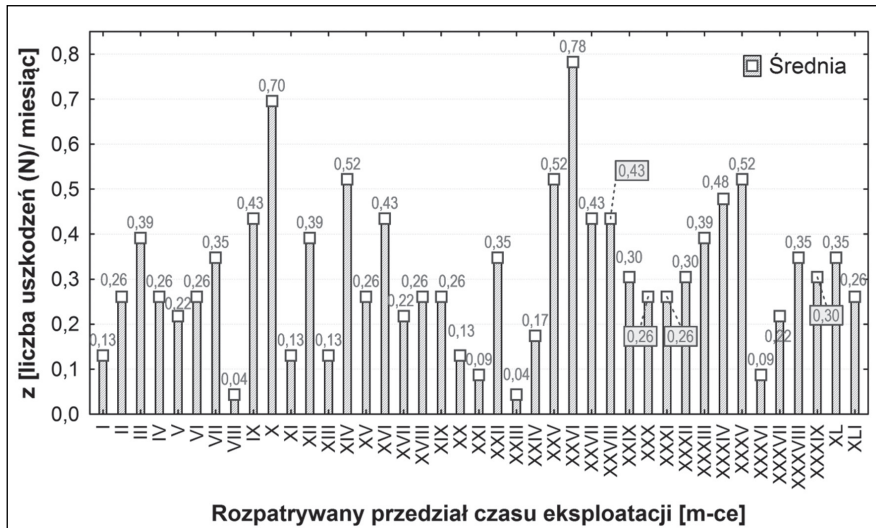
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Czas odnowy podsystemu pożarniczego średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych

Źródło: Opracowanie własne

Na rys. 4 przedstawiono wartość intensywności strumienia uszkodzeń przypadającą na każdy rozpatrywany miesiąc eksploatacji samochodów ratowniczo-gaśniczych.



Rys. 4. Intensywność strumienia uszkodzeń przypadającej na każdy miesiąc rozpatrywanego przedziału czasu eksploatacji

Źródło: Opracowanie własne

Nie zauważono żadnej prawidłowości dotyczącej występowania określonej wartości intensywności strumienia uszkodzeń w danym miesiącu. Zauważono jednak, że wartość średnia oraz dominanty wyniosła 0,26, co odpowiada 6 uszkodzeniom w miesiącu. Na podstawie wykresu można stwierdzić, że funkcja intensywności uszkodzeń przyjmuje wartości zbliżone. Świadczy to o okresie normalnej eksploatacji, niezdatności występujące w zabudowach specjalistycznych związane są z różnymi czynnikami losowymi.

## 2.2. Wskaźniki niezawodności podsystemu pożarniczego średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych

W tabeli 1 przedstawiono wartości obliczonych wskaźników niezawodności zabudów specjalistycznych średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych. Uwzględniono: MTBF – średni czas pomiędzy uszkodzeniami, MTTR – średni czas odnowy,  $\sigma_{MTTR}^2$  – wariancję czasu odnowy,  $\sigma_{MTTR}$  – odchylenie standar-



dowe czasu odnowy,  $K_g$  – gotowość techniczną,  $z^*$  – średnią intensywność strumienia uszkodzeń.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że czas pomiędzy uszkodzeniami zabudów wynosił niecałe 94 dni. Natomiast średni czas odnowy zabudowy specjalistycznej prawie 5 dni. Należy jednak zauważyć, że wynik ten został znacznie zawyżony przez czas trwania remontu po kolizji, która zdarzyła się dwukrotnie w rozpatrywanym przedziale czasu. Wartość odchylenia standardowego oraz wariancji czasu odnowy potwierdzają występowanie rozrzutu wartości czasu odnowy. Wartość gotowości technicznej na poziomie 0,95 wskazuje na niską gotowość zabudów specjalistycznych. Przykładowo gotowość techniczna rozdrabniarki MJS-2,5 DTG wynosi 0,9755 [4].

**Tab. 1.** Zestawienie wskaźników niezawodności

Wskaźnik niezawodności	Jednostka	Wartość
MTBF	dni	93,85
MTTR	dni	4,68
$\sigma_{MTTR}^2$	godz.	33792,84
$\sigma_{MTTR}$	godz.	183,83
$K_g$	–	0,95
$z^*$	[Liczba uszkodzeń/miesiąc]	0,31

Źródło: Opracowanie własne

### 3. WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że uszkodzenie układu wodno-pianowego jest jedną z głównych przyczyn niezdatności zabudów specjalistycznych średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych. W ciągu roku prawie 70% analizowanej populacji samochodów była w stanie niezdatności w związku z uszkodzeniem układu wodno-pianowego.

Przebieg funkcji intensywności uszkodzeń nie wskazuje na występowanie uszkodzeń starzeniowo-zmęczeniowych.

Wykazano niską gotowość techniczną zabudów specjalistycznych. Oznacza to, że gotowość techniczna średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych, będąca jednym z najważniejszych wskaźników niezawodności pojazdów użytkowanych akcyjnie, jest na jeszcze niższym poziomie.

#### LITERATURA

- [1] Adamkiewicz W., Hempel L., Podsiadło A., Śliwiński R., Badania i ocena niezawodności maszyny w systemie transportowym. Wyd. WKiŁ, Warszawa, 1983.
- [2] Kruk Z., Kupicz W., Przykład kwantyfikacji gotowości operacyjnej środków transportowych używanych akcyjnie. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza* 2014, nr 34, s. 85–91.
- [3] Pieniak D., Walczak A., Gawroński W., Blukacz M., Analiza porównawcza niesprawności podwozi średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych. *Logistyka* 2015, nr 5, s. 1229–1236.
- [4] Różański H., Jabłoński K., Ocena niezawodności złożonego obiektu technicznego na przykładzie rozdrabniarki MSJ-2,5 DTG. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2014, nr 2, s. 24–27.
- [5] Szkoda M., Wskaźniki niezawodności środków transportu. *Logistyka* 2012, nr 3, s. 2195–2202.