

**Adam DRYHUSZ\***  
**Kazimierz KOWALSKI**

## **SYSTEM UTRZYMANIA SZYBKOBIEŻNYCH WOJSKOWYCH POJAZDÓW GĄSIENICOWYCH – POTRZEBA MODYFIKACJI**

*W referacie scharakteryzowano system eksploatacji szybkobieżnych wojskowych pojazdów gąsienicowych i w sposób graficzny przedstawiono autorską interpretację przedsięwzięć systemu eksploatacji-głównie obsługa. Zapropozowano modyfikację systemu utrzymania wyżej wymienionych pojazdów w oparciu o metodę realizacji obsługi ukierunkowanych na niezawodność (Reliability Centered Maintenance - RCM), wykorzystanie analiz statystycznych zdarzeń eksploatacyjnych oraz wprowadzenie informatycznego systemu wspomagania zarządzania utrzymaniem ruchu klasy CMMS (Computerized Maintenance Management System).*

*Słowa kluczowe: eksploatacja, utrzymanie, wojskowe pojazdy gąsienicowe, RCM*

### **WSTĘP**

W Siłach Zbrojnych RP eksploatowane są pojazdy gąsienicowe pochodzące przede wszystkim ze „wschodniego” rynku technologicznego. Są to konstrukcje byłego ZSRR i innych państw Układu Warszawskiego. Jest też grupa sprzętu produkcji niemieckiej. Konstrukcje większości pojazdów gąsienicowych opracowano w latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Poważna część wojskowych pojazdów mechanicznych ma w znacznym stopniu wykorzystane docelowe normy eksploatacyjne liczone w latach, a część wykorzystane w 100%. Zgodnie z obowiązującymi przepisami pojazdy te powinny zakończyć już eksploatację.

W związku z wycofaniem się MON z modernizacji bojowego wozu piechoty BWP 1 i braku zamiennika, Szefostwo Służby Czołgowej Inspektoratu Wsparcia Sił Zbrojnych zdecydowało o przedłużeniu o kolejne 15 lat docelowej eksploatacji BWP 1. Podobne rozwiązanie wprowadzono w stosunku do czołgów. Podstawą tej decyzji było, iż wyżej wymienione pojazdy w przeważającej większości nie mają wypracowanych

---

\* kpt. mgr inż. Adam DRYHUSZ, płk dr inż. Kazimierz KOWALSKI – Instytut Dowodzenia Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych

norm przebiegu liczonych w kilometrach. Taka sytuacja wymusza poszukiwanie rozwiązań pozwalających na określenie aktualnego stanu technicznego oraz prognozowanie dalszych stanów, a przez to racjonalnego wydłużenia okresów eksploatacji pojazdów będących na wyposażeniu SZ RP.

## **1. CHARAKTERYSTYKA EKSPLOATACJI SZYBKOBIEŻNYCH WOJSKOWYCH POJAZDÓW GĄSIENICOWYCH**

W Siłach Zbrojnych RP do szybkobieżnych pojazdów gąsienicowych zalicza się przede wszystkim wozy bojowe i pojazdy je zabezpieczające takie jak: czołgi: T-72 (579 szt.), PT-91 (232 szt.), Leopard 2A4 (128 szt.)[6];

- bojowe wozy opancerzone: BWP-1 (1306 szt.), BWR-1 (38 szt.);
- artyleria samobieżna: haubica Goździk (534 szt.);
- samobieżny sprzęt inżynieryjny (m.in. TI, TRI, MID, SUM, PTS, BLG-67, AVLB BIBER);
- pojazdy specjalne zabezpieczenia logistycznego (WPT-MORS, WZT).

Wojskowy system eksploatacji pojazdów obejmuje dwie odmienne formy eksploatacji: w czasie wojny oraz w okresie pokoju.

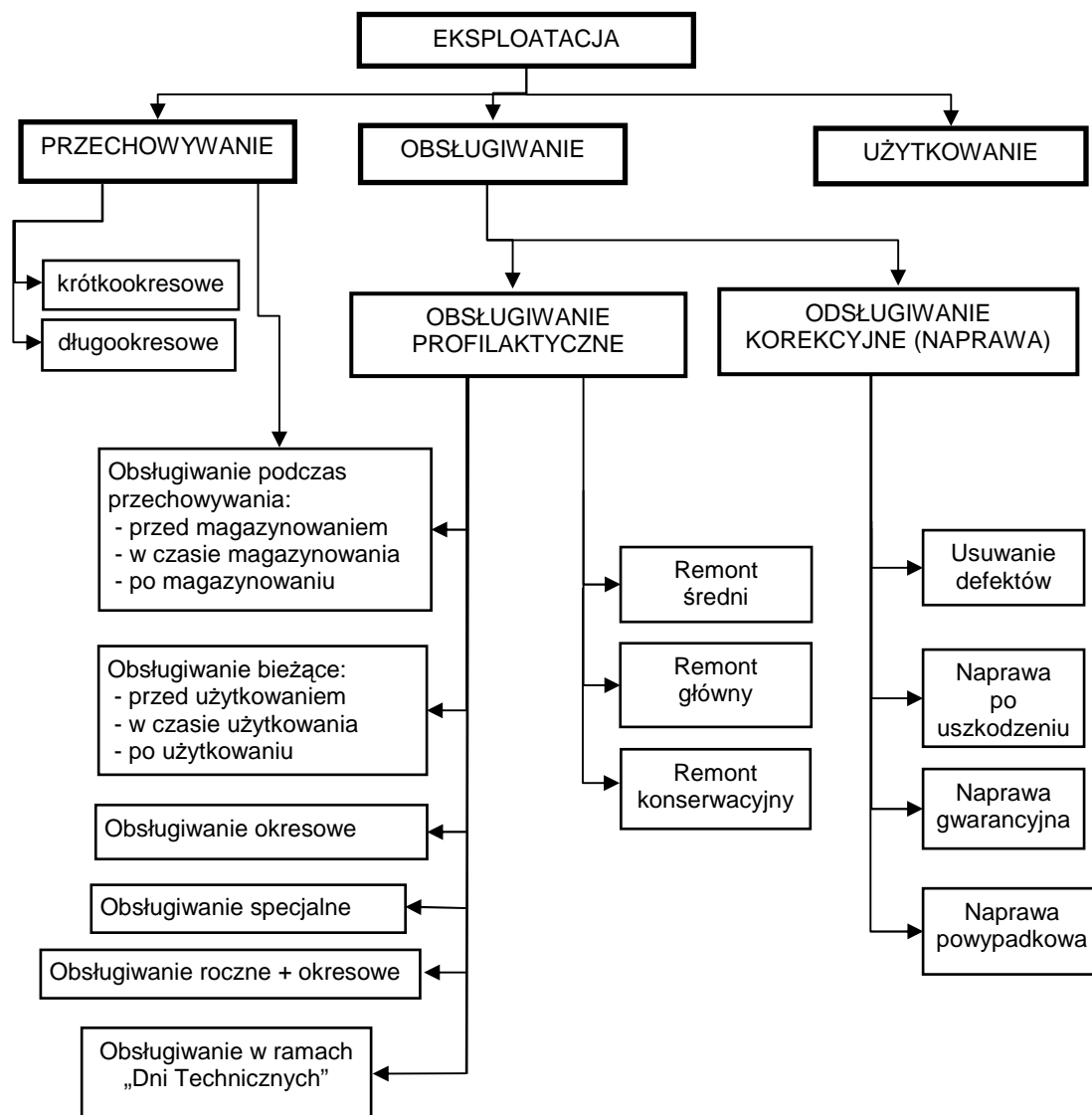
Obiekty wprowadzane do eksploatacji w okresie wojny są w krótkim czasie kierowane na stanowiska użytkownika i wymaga się od nich działania charakteryzującego się bezpieczeństwem użytkownika oraz wysoką efektywnością. Dopasowywanie się obiektu do warunków eksploatacji jest wówczas nad wyraz niewskazane, a osiągnięcie długiego okresu eksploatacji jest ograniczone rodzajem spełnianych zadań bojowych. Oczekuje się więc, że obiekty osiągną w krótkim czasie stan najniższej uszkodzalności przy wysokiej gotowości do użycia.

W okresie pokoju pojazdy są wykorzystywane głównie do szkolenia oraz stanowią tak zwaną rezerwę wojenną. Okres ten daje użytkownikom możliwość lepszego poznania pojazdu, jego potencjału oraz charakterystykę pracy. Załoga dzięki temu w czasie bardziej intensywnych działań jest w stanie zauważyć symptomy niewłaściwej pracy układów pojazdu, co może zapobiec większym uszkodzeniom. Najważniejszym kryterium eksploatacyjnym powinien być w tych warunkach koszt eksploatacji.

Eksploatacja pojazdów przebiega zgodnie z rocznym planem eksploatacji, który opracowują wszystkie jednostki wojskowe mające w ewidencji pojazdy niezależnie od ich liczby oraz intensywności użytkownika. Podstawą planowania eksploatacji są normy eksploatacji. Termin norma (całkowita-docelowa, międzyobsługowa, międzyremontowa) daje informację użytkownikom o obliczonym teoretycznie lub doświadczalnie przez producenta całkowitym (docelowym) potencjale eksploatacyjnym wyrażonym w jednostkach eksploatacji (km, mtg, cykle pracy, ilość strzałów, itp.).

Producent gwarantuje użytkownikowi wykonanie określonych norm pod warunkiem przeprowadzenia odpowiednich obsługiwania (profilaktycznych i korekcyjnych) zgodnie z wyznaczonymi przez producenta założeniami.

W celu utrzymania wymaganej gotowości technicznej w SZ RP stosuje się strategię eksploatacji pojazdów według ilości wykonanej pracy [3]. W ramach tej strategii obowiązuje system planowo zapobiegawczych obsług technicznych (rys. 1).



Rys. 1. Przedsięwzięcia systemu eksploatacji pojazdów w SZ RP

*Źródło: Opracowanie własne*

## 2. RCM W UTRZYMANIU SZYBKOBIEŻNYCH WOJSKOWYCH POJAZDÓW GĄSIENICOWYCH

System planowo-zapobiegawczych obsłużeń technicznych funkcjonuje w siłach zbrojnych od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Od tamtych czasów nastąpił znaczny wzrost kosztów systemu eksploatacji pojazdów wojskowych, podwyższono standardy bezpieczeństwa i higieny pracy oraz wprowadzono do eksploatacji kwestie ochrony środowiska naturalnego. Wypracowano inne poglądy na związki pomiędzy fizycznym starzeniem się sprzętu wojskowego, warunkami jego pracy a intensywnością uszkodzeń. Nastąpił duży postęp w określaniu stanu technicznego spowodowany między innymi rozwojem narzędzi diagnostyki technicznej oraz programów do analizy historii eksploatacji pojazdów. Uwzględniając powyższe tezy, należy opracować modyfikację dotychczasowego systemu utrzymania szybkobieżnych wojskowych pojazdów gąsienicowych.

System planowo zapobiegawczy wykonywania obsługi technicznych, obecnie stosowany w SZ RP, oparty jest głównie na zdeterminowanych przez producenta pojazdu obsługach profilaktycznych wynikających z wykonanych norm eksploatacyjnych (rzadziej w oparciu o stan obiektu) i naprawach wywołanych uszkodzeniami losowymi.

System ten powinien w zdecydowanie większym zakresie wykorzystywać:

- narzędzia informatyczne do wspierania decyzji eksploatacyjnych, ocen ryzyka, do budowy modeli intensywności uszkodzeń i analizy ich efektów;
- nowe techniki kontroli eksploatacji;
- nowe techniki monitorowania stanu technicznego;
- systemy ekspertowe;
- pracę zespołową użytkowników i kierowników eksploatacji, prowadzącą do współuczestnictwa (partycypacji) w organizacji eksploatacji.

Wśród koncepcji, które należy wziąć pod uwagę jest RCM (Reliability Centered Maintenance) - utrzymanie ruchu skierowane na niezawodność (strategia wg niezawodności). Istotę podejścia RCM ilustruje siedem podstawowych pytań sformułowanych w 1999 roku przez International Society of Automotive Engineers [2]:

1. Jakie funkcje spełnia obiekt techniczny i jakie odpowiadają im standardy osiągnięć (np. wydajności, klasy jakości produktu, kosztu eksploatacji, bezpieczeństwa) w kontekście bieżących zadań eksploatacyjnych?
2. W jaki sposób obiekt może zawieść w spełnianiu funkcji (w jaki sposób powstają uszkodzenia)?
3. Co może być przyczyną każdego z uszkodzeń funkcjonalnych?
4. Jakie mogą być skutki każdego z tych uszkodzeń (co się dzieje, kiedy występuje uszkodzenie)?
5. Jakie znaczenie ma każdy ze skutków tych uszkodzeń?
6. Co można zrobić, aby przewidzieć lub zapobiec każdemu z uszkodzeń?
7. Co powinno być zrobione, gdy nie można znaleźć odpowiedniego działania „proaktywnego” - zapobiegawczego?

Kluczowe w omawianej koncepcji jest pojęcie uszkodzenia. Rozróżnia się tzw. *uszkodzenie funkcjonalne*, które wyklucza możliwość wykonywania funkcji, czyli spełniania określonych warunków bądź standardów działania pojazdu przez uszkodzenie jego zespołu lub elementu oraz *uszkodzenie potencjalne* - przez co rozumie się fizycznie dające się zidentyfikować oznaki, że nastąpi uszkodzenie funkcjonalne.

RCM w dużym stopniu wykorzystuje monitorowanie eksploatacji w celu przewidywania chwili wystąpienia potencjalnego uszkodzenia. Umożliwia to sytuację, w której każdy element może wykorzystać swój pełen potencjał eksploatacyjny.

Poprawne zrozumienie kroków wdrażania RCM przyczynia się w sposób zdecydowany do poprawy efektywności eksploatacji. Sukces jednakże można odnieść tylko w przypadku, gdy wiele uwagi poświęci się planowaniu, temu jak i kto wykonuje analizy, audytom i pracy zespołowej użytkownika i kierownika eksploatacji.

Szczególne znaczenie, podczas wdrażania RCM, przypisuje się pracy zespołowej. W praktyce specjaliści (kierownicy) z pionu funkcyjnego eksploatacji nie

są w stanie samodzielnie udzielić odpowiedzi na podstawowe siedem pytań RCM. Szczególnie dotyczy to pytań związanych z funkcjami, ich realizacją, efektami i konsekwencjami uszkodzenia. Z tego powodu przegląd wymagań dotyczących eksploatacji pojazdów powinien być wykonywany przez małe zespoły, których członkami są przede wszystkim użytkownicy pojazdów. Praca w zespole umożliwia nie tylko uzyskanie dostępu do wiedzy i opinii każdego z użytkowników, ale również umożliwia zdobycie rozległej wiedzy dotyczącej działania zespołów i układów pojazdów.

Początkowo wszelkie obserwacje funkcjonowania pojazdów dokonywane są przez kierowców-mechaników (operatorów) w trakcie wykonywania ich standardowych zadań, np. obserwacja oprzyrządowania kontrolnego lub sprawdzanie określonych elementów na bieżąco, z wykorzystaniem efektów fizycznych takich jak zapach, odgłosy, drgania, temperatura, obserwacja wzrokowa, nieszczelności układów, zmiany wyglądu, konieczność zastosowania większej siły. Następnie, po odbyciu szkolenia mogą wykonywać samodzielnie inspekcje i brać na siebie pełną odpowiedzialność za przeglądy, konserwację, czyszczenie, regulacje i drobne naprawy oraz dążyć stale do udoskonaleń. Przypomina to trochę ideę obsługiwanego bieżącego, gdzie kierowca dokonuje profilaktycznych przeglądów pojazdów przed, w trakcie i po wykonaniu zadania.

Praktyka ta w konwencjonalnym podejściu do eksploatacji sprowadza się do indywidualnego zaangażowania użytkownika w wykonywanie czynności i operacji narzuconych przez producenta pojazdu w procedurze technologicznej danego obsługiwanego. Dlatego w wojsku obowiązuje dyscyplinarna odpowiedzialność za stan techniczny pojazdu (regulamin ogólny). W okolicznościach, gdy użytkownikami pojazdów byli żołnierze służby zasadniczej (z poboru) o nieodpowiednim przygotowaniu technicznym, nie było pewności, że zostaną zauważone i zgłoszone istotne defekty lub symptomy zbliżającego się uszkodzenia.

System samodzielnych przeglądów to tzw. *najlepsza praktyka* stosowana przez użytkowników, którzy podejmą odpowiedzialność za poprawne wykonanie podstawowych czynności obsługowych: utrzymanie w czystości, smarowanie, uzupełnianie płynów eksploatacyjnych oraz regularną kontrolę. Jeżeli w wyniku przeprowadzonej inspekcji pojazdu wykryty zostanie defekt, operator sam wykona drobne naprawy, a poważniejsze uszkodzenia zgłosi mechanikom. Korzyści z samodzielnych przeglądów:

- mniejsza uszkodzalność pojazdów;
- większa efektywność;
- dłuższy całkowity okres eksploatacji;
- większe poczucie własności i odpowiedzialności użytkownika;
- lepsze wykorzystanie potencjalnych umiejętności operatorów;
- większa swoboda działania kadry kierowniczej w celu utrzymania sprawności przez analizę przyczyn uszkodzeń;
- zarządzanie i podejmowanie decyzji zajmuje mniej czasu;
- koszty eksploatacji pojazdów są mniejsze.

### 3. ZASTOSOWANIE ROZKŁADU WEIBULLA W UŻYTKOWANIU WOJSKOWYCH SZYBKOBIEŻNYCH POJAZDÓW GĄSIENICOWYCH

Procesy badawcze eksploatacji pojazdów, ich podzespołów i elementów są wykorzystywane do budowy modeli poznawczych opisujących zjawiska i procesy występujące w eksploatacji. Uszkodzenia są traktowane jako zdarzenia powodujące przejście w stan niezdatności do pracy, wyłączenie pojazdu z użytkowania. Identyfikacja uszkodzeń daje możliwość przeprowadzenia analiz statystycznych i wyznaczenia charakterystyk niezawodnościowych. Teoretyczną bazą metod oceny niezawodności jest teoria prawdopodobieństwa. Funkcja gotowości określa prawdopodobieństwo, że w ustalonym przedziale czasu i określonych warunkach pojazd nie ulegnie uszkodzeniu. Stąd jako podstawowy wskaźnik niezawodności przyjmuje się gotowość – prawdopodobieństwo pracy bez uszkodzenia przez dany czas  $t$  w określonych warunkach, co zapisuje się jako [7]:

$$R(t) = P(T > t) \quad (1)$$

gdzie:

- $R(t)$  – funkcja gotowości (nieuszkodzalności),
- $P$  – prawdopodobieństwo,
- $T$  – czas poprawnej pracy – zmienna losowa.

Dystrybuanta tej funkcji to prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia do chwili  $t$ , stanowiąc jej dopełnienie do jedności:

$$F(t) = P(T < t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

Funkcja gęstości prawdopodobieństwa przedstawia rozkład w czasie częstości występowania uszkodzeń, tzw.  $\lambda(t)$ . Za pomocą funkcji intensywności uszkodzeń wyrażane jest prawdopodobieństwo wycofania pojazdu z eksploatacji. Wartość oczekiwana wyraża średnią wartość danej wielkości na przykład: średni czas pracy do uszkodzenia, średni czas pracy między uszkodzeniami (MTBF), średni czas trwania naprawy (MTTR).

Wyżej wymienione charakterystyki niezawodnościowe zostały podzielone na wskaźniki pojazdów badanych do pierwszego uszkodzenia i pojazdów badanych po pierwszym i kolejnych uszkodzeniach [5].

Szacowanie niezawodności dowolnych układów umożliwia model symulacyjny zdarzeń i rozkładów prawdopodobieństwa poprawnej pracy (wykładniczy, normalny, Weibulla, Gamma, potęgowy) oraz wykładniczy rozkład prawdopodobieństwa wykonania naprawy.

Jako przykład obliczeniowy wskaźników pojazdów badanych do pierwszego uszkodzenia wykonano analizę przebiegu nowo wprowadzanego do eksploatacji czołgu PT-91 Twardy. Analiza została przeprowadzona z wykorzystaniem programu Weibull++ (Reliasoft), dopasowując do zweryfikowanych danych eksploatacyjnych rozkład Weibulla z parametrami kształtu  $\alpha$  i skali  $\beta$ . Stopień dopasowania rozkładu ocenia współczynnik korelacji  $\rho$ , którego najniższa wartość wyniosła 0,93.

Informacje eksploatacyjne dla 144 czołgów użytkowanych do szkolenia żołnierzy zebrane zostały z okresu 3 lat i 2 miesięcy (1174 dni). Dla celów badawczych doko-

nano dekompozycji czołgu na grupy funkcjonalne, zespoły, układy (podzespoły) i elementy.

W badanym okresie czołgi uszkodziły się łącznie 510 razy, a średni czas napraw wynosił 27 dni. Zmienność uszkodzalności mieściła się między 1 a 14 uszkodzeniami, ze średnią liczbą uszkodzeń ponad 3 uszkodzenia przypadające na jeden obiekt.

W tabeli 1 zestawiono charakterystyki uszkodzalności (liczba uszkodzeń, średni przebieg między uszkodzeniami i średni czas naprawy) poszczególnych grup i zespołów funkcjonalnych.

Tabela 1. Charakterystyki uszkodzalności czołgów [3]

Kod układu	Nazwa układu	Liczba uszkodzeń	MTBF [km]	MTTR [godz.]	Parametry rozkładu $W(\alpha, \beta)$		Wsp. korelacji $\rho$
					$\alpha$	$\beta$	
10	Podwozie	25	84,4	24,0	0,82	151,76	0,98
11	Silnik	97	48,9	25,1	0,87	103,43	0,99
12	Układ przeniesienia mocy	27	25,0	29,7	1,06	60,45	0,97
13	Układ sterowania	21	113,5	20,9	1,20	232,11	0,99
14	Instalacja elektryczna	69	151,6	28,4	0,92	140,56	0,93
20	Uzbrojenie	69	161,1	26,9	0,63	117,21	0,98
21	System kierowania ogniem (SKO)	59	91,4	29,5	0,58	119,52	0,97
23	DRAWA	42	74,7	28,7	0,93	102,73	0,98
24	Sterowanie, instalacja elektryczna	31	156,9	24,1	0,64	108,38	0,95
30	Łączność	56	126,7	27,4	0,64	115,54	0,96
40	Układy specjalne	14	41,9	18,4	0,95	237,85	0,97

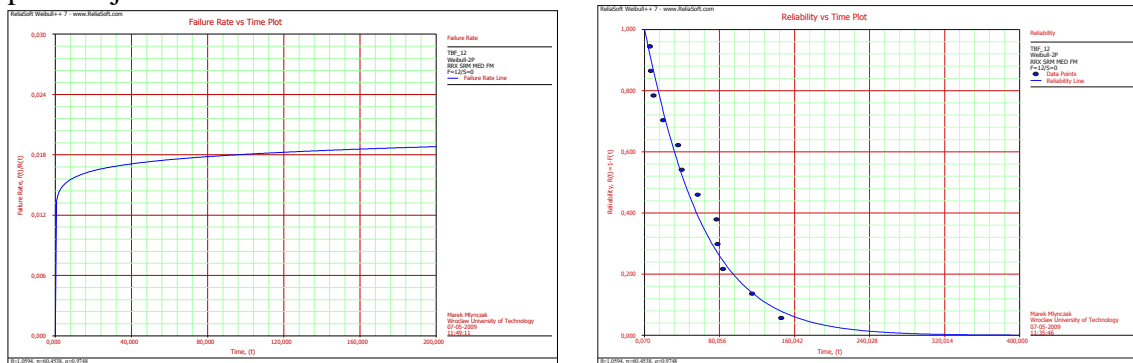
*Źródło: Opracowanie własne*

Analiza wyników obróbki danych statystycznych zestawionych w tabeli 1 pokazuje, że dla 6 spośród 11 układów (podsystemów funkcjonalnych) parametr kształtu  $\alpha < 0,92$  rozkładu Weibulla ma wartość zdecydowanie mniejszą niż 1. Oznacza to charakterystyczny dla okresu gwarancyjnego malejący przebieg funkcji intensywności uszkodzeń [1]. Uszkodzenia wynikające z produkcji są w początkowej fazie eksploatacji usuwane w miarę pojawiania się, dlatego ich występowanie w dalszym ciągu eksploatacji jest mało prawdopodobne. Malejąca intensywność uszkodzeń 6 podsystemów odpowiada rozkładowi Weibulla o parametrze kształtu zmiennym w zakresie  $\alpha = 0,58 - 0,87$ .

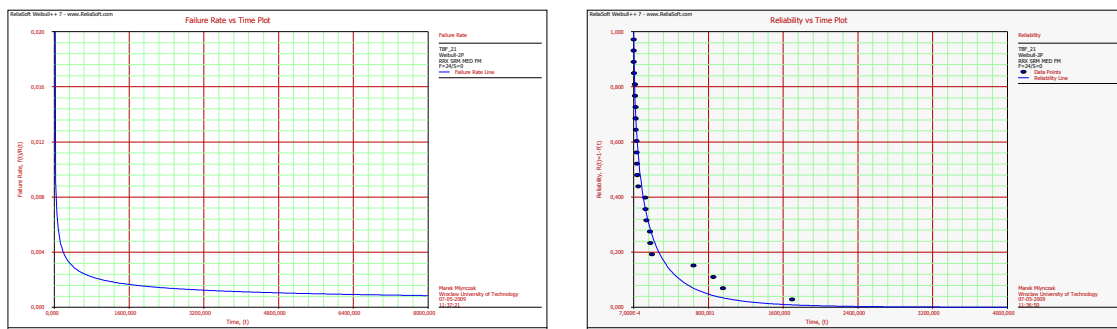
W przypadku 5 pozostałych podsystemów: instalacja elektryczna, system sterowania ogniem DRAWA, układy specjalne, przeniesienia mocy oraz sterowania, pojawiające się uszkodzenia mają charakter przypadkowy ( $\alpha = 0,92 - 1,20$ ). Ich 34% udział w całkowitej liczbie uszkodzeń (173) jest zbliżony z liczbą nieznanymi uszkodzeń zgłoszonych jako gwarancyjne, bo wynikają między innymi z błędów człowieka lub oddziaływania otoczenia.

Na rysunku 3 i 4 przedstawiono wybrane przykłady funkcji charakteryzujących niezawodność dla skrajnych wartości parametru kształtu rozkładu Weibulla. Rysunek 3 obejmuje krzywe funkcji intensywności uszkodzeń i niezawodności dla podsystemu 12 - przeniesienie napędu przy niemal stałej intensywności uszkodzeń. Na rysunku 4 pokazano analogiczne wykresy dla podsystemu 21 - system kierowania ogniem przy malejącej funkcji intensywności uszkodzeń świadczącej o tym, że głównymi

czynnikami powodującymi stan niezdatności są zjawiska występujące podczas produkcji obiektu.



Rys. 3. Funkcja intensywności uszkodzeń (blisko stała) i niezawodności dla podsystemu 12- przeniesienie napędu [3]



Rys. 4. Funkcja intensywności uszkodzeń (malejąca) i niezawodności dla podsystemu 21- system kierowania ogniem [3]

Analiza uszkodzeń czołgów w okresie pierwszych 3 lat pracy (10% zakładanej trwałości obiektu) pokazuje, że średnia gotowość czołgów jest wysoka i wynosi 0,98, a uszkodzenia tzw. gwarancyjne po uznaniu przez producenta są usuwane. Wykonane analizy potwierdzają, że teoretyczne modele niezawodności mogą mieć zastosowanie w modelowaniu eksploatacji czołgu.

#### 4. SYSTEM INFORMATYCZNY WSPOMAGANIA UTRZYMANIA WOJSKOWYCH SZYBKOBIEŻNYCH POJAZDÓW GĄSIENICOWYCH W OPINII UŻYTKOWNIKÓW

Żeby poznać zdanie eksploatorów pojazdów wojskowych na temat potrzeby jednolitego systemu informatycznego, przeprowadzono ankietę wśród słuchaczy kursów specjalistycznych odbywających się w 2009 roku w Wyższej Szkole Oficerskiej Wojsk Lądowych we Wrocławiu. Autorzy na podstawie swojego doświadczenia zaproponowali zestaw pytań na temat propozycji informacji, które mogłyby znaleźć się w systemie informatycznym. Kwestionariusz ankiety zawierał następujące tezy pogrupowane w pięciu działach:

**Dział 1:** System informatyczny wspomaga rozliczanie przebiegów eksploatacyjnych i zużycia paliw w UiSW:

teza 1.1 - na podstawie stanów licznika spisywanych z zakończonych rozkazów wyjazdu (kart pracy sprzętu),



teza 1.2 - na podstawie ilości zatankowanego paliwa spisywanych z zakończonych rozkazów wyjazdu (kart pracy sprzętu),

teza 1.3 - na podstawie ilości zatankowanego paliwa spisywanych z protokołów zużycia paliwa na stacjach MPS.

**Dział 2:** System informatyczny wspomaga analizę eksploatacji pojazdów i sprzętu dla okresu, resursu pojazdów i pracy kierowców (operatorów) oraz ewidencjonuje:

teza 2.1 - przebieg pojazdu w miesiącu,

teza 2.2 - wykorzystanie resursu międzyobsługowego,

teza 2.3 - wykorzystanie resursu międzyremontowego,

teza 2.4 - zużycie paliwa wg normy,

teza 2.5 - ponadnormatywne zużycie paliwa,

teza 2.6 - oszczędne zużycie paliwa,

teza 2.7 - średnie zużycie paliwa,

teza 2.8 - rzeczywisty czas pracy (przejechane kilometry) kierowcy.

**Dział 3:** System informatyczny wspomaga eksploatację techniki poprzez analizę danych dotyczących planowania i sprawozdawczości eksploatacji w postaci:

teza 3.1 - wyciągów z rocznego „Planu eksploatacji i ewidencji pracy UiSW w JW na dany rok”,

teza 3.2 - analiz użytkowania poszczególnych jednostek sprzętowych,

teza 3.3 - analiz użytkowania poszczególnych poddziałów,

teza 3.4 - planowania obsługiwań okresowych,

teza 3.5 - rejestracji wykrytych uszkodzeń.

teza 3.6 - planowania prac naprawczych,

teza 3.7 - wniosków o remonty zakładowe,

teza 3.8 - obliczania okresów postoju w oczekiwaniu na naprawę,

teza 3.9 - informacji ze zleceń (KUT) dla pododdziału remontowego (roboczo-godzin specjalistów, zużytych technicznych środków materiałowych).

**Dział 4:** W systemie informatycznym są ujęte dane dotyczące sprzętu z książki pojazdu (dowodu urzędzenia) w postaci:

teza 4.1 - marki i typu pojazdu,

teza 4.2 - indeksu materiałowego,

teza 4.3 - numeru rejestracyjnego,

teza 4.4 - pododdziału,

teza 4.5 - kierowcy/mechanika/operatora,

teza 4.6 - daty produkcji,

teza 4.7 - numeru nadwozia,

teza 4.8 - numeru silnika,

teza 4.9 - stanu licznika km/mtg na 1 stycznia danego roku,

teza 4.10 - przebiegu od początku eksploatacji km/mtg,

teza 4.11 - zapasu przebiegu pojazdu,

- teza 4.12 - zapasu przebiegu silnika,
- teza 4.13 - ewidencji wykonanych napraw zakładowych,
- teza 4.14 - ewidencji ogumienia/gąsienic,
- teza 4.15 - ewidencji akumulatorów,
- teza 4.16 - ewidencji urządzeń będących wyposażeniem pojazdu na podstawie ich dowodów,
- teza 4.17 - ewidencji materiałów i sprzętu MPS będących na wyposażeniu pojazdu,
- teza 4.18 - ewidencji będących na wyposażeniu pojazdów narzędzi i sprzętu.

**Dział 5:** W systemie informatycznym są dane dotyczące sprzętu pochodzące z dokumentacji technicznej sprzętu:

- teza 5.1 - dane techniczne potrzebne w eksploatacji,
- teza 5.2 - tablice (rysunki) przedstawiające budowę sprzętu,
- teza 5.3 - indeksy części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych,
- teza 5.4 - karty technologiczne czynności obsługowych oraz remontowych.

Badania objęły w sumie 150 słuchaczy oraz pracowników dydaktycznych Zakładu Logistyki. Odpowiedzi na pytania zawarte w ankietach udzieliło 47 kandydatów na stanowiska porucznikowskie, 90 kandydatów na stanowiska kapitańskie oraz 13 oficerów zakładu logistyki.

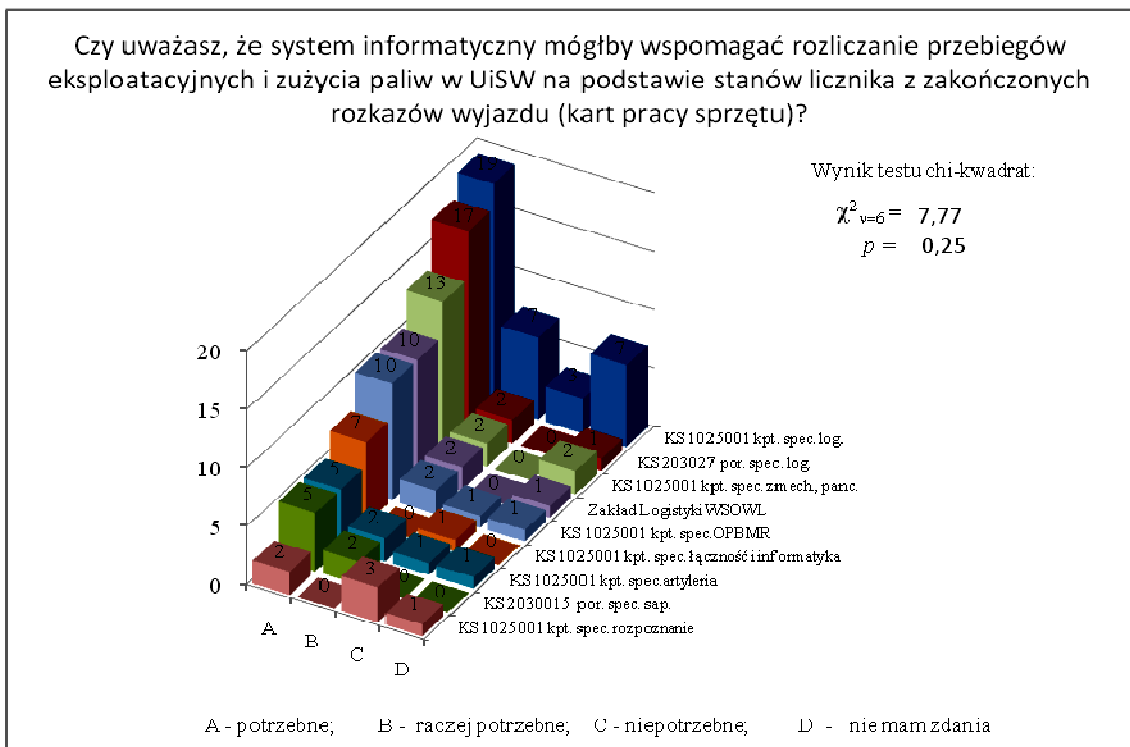
Respondenci mieli do wyboru cztery odpowiedzi: A – potrzebne, B – raczej potrzebne, C – niepotrzebne oraz D – nie mam zdania.

W analizie danych nominalnych wykorzystano tabele wielodzielcze oraz test niezależności  $\chi^2$  Pearsona. Przyjęto hipotezę zerową - odpowiedzi na ankietę nie zależą od grupy, są jednakowe. Jako poziom istotności przyjęto  $\alpha \leq 0,05$ . Wynik testu  $p \leq 0,05$  oznacza, że odpowiedzi na pytania zależą od grup, a jeżeli  $p > 0,05$ , to znaczy, że grupy odpowiadają w podobny sposób.

Na rysunku 5 i 6 przedstawiono opracowanie odpowiedzi na jedno ze zbioru 40 pytań: „Czy uważasz, że system informatyczny mógłby wspomagać rozliczanie przebiegów eksploatacyjnych i zużycia paliw w UiSW na podstawie stanów licznika z zakończonych rozkazów wyjazdu (kart pracy sprzętu)?”

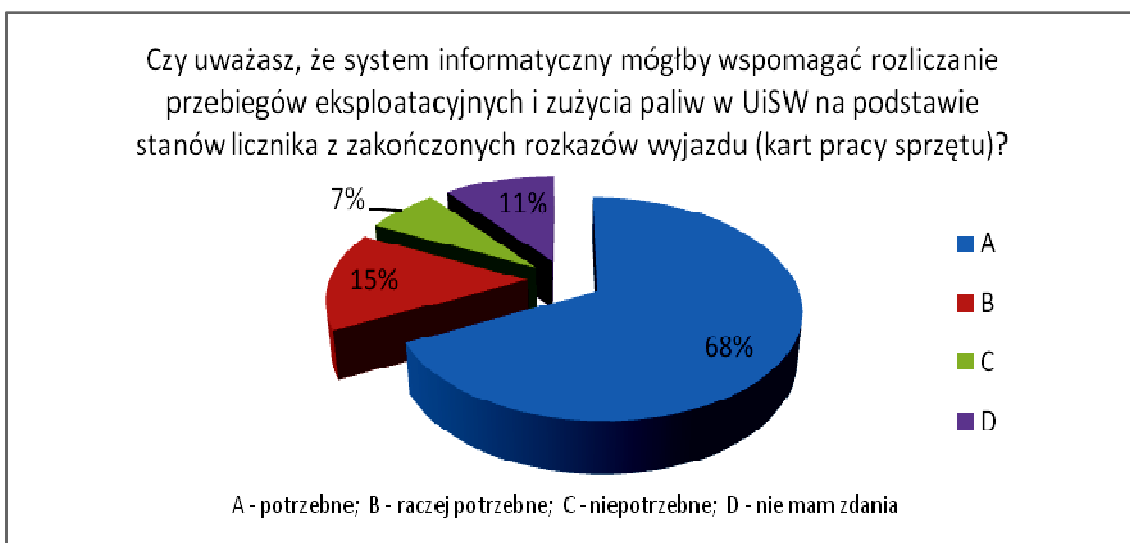
Na to pytanie 70% wszystkich badanych, 82% z kursów na poruczników i 62% z kursów kapitańskich udzielało odpowiedzi, że jest „potrzebne”. Struktura odpowiedzi jest podobna i statystycznie dla różnicy ( $p = 0,102 > \alpha$ ), grupy odpowiadają w podobny sposób.

W większości badani udzielając stosunkowo więcej odpowiedzi („potrzebne” lub „raczej potrzebne”) na zadane pytania, potwierdzili potrzebę opracowania takiego systemu lub zaadoptowanie już istniejącego do potrzeb Sił Zbrojnych RP. Wśród eksploatorów istnieje zapotrzebowanie na system informatyczny wspomagający kierowanie eksploatacją pojazdów w Siłach Zbrojnych RP poprzez wspomaganie planowania szeroko rozumianej ewidencji danych eksploatacyjnych, analizą zużycia jednostek i materiałów eksploatacyjnych oraz generowanie wykazów danych i podstawowych dokumentów. Powyższymi cechami charakteryzują się systemy wspomaganie zarządzania utrzymaniem ruchu – CMMS.



Rys. 5. Rozkład wyników odpowiedzi na pytanie w grupach respondentów

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 6. Udział procentowy wyników odpowiedzi na pytanie

Źródło: Opracowanie własne

Ponadto respondenci w uwagach zgłaszali problem dostępu do systemu. Od jakiego szczebla dowodzenia (kierowania eksploatacją) i z jakimi uprawnieniami do modyfikacji informacji w nim zawartych miano by zbierać i zapisywać te wszystkie informacje w systemie.

## WNIOSKI

Przedstawione w artykule zagadnienia są pozornie zróżnicowane tematycznie. Łączą je zdarzenia eksploatacyjne, którymi są uszkodzenia. Identyfikacja uszkodzeń potencjalnych i funkcjonalnych, w warunkach eksploatacyjnych, możliwa jest głównie przez obserwację. Do ich scharakteryzowania niezawodnościowego można wykorzystać badania i analizy statystyczno-probabilistyczne. Na ich podstawie można podejmować racjonalne decyzje w niżej wymienionych obszarach decyzyjnych:

- jak wyznaczyć normę docelową pracy pojazdu?;
- czy powinny być przeprowadzone planowane obsługi oraz jak wyznaczyć normy do ich realizacji?;
- jak planować zapotrzebowanie na części wymienne w celu zapewnienia gotowości do użycia pojazdów?;
- w jaki sposób oceniać stan techniczny pojazdu i jego przydatność po uszkodzeniu i wykonaniu naprawy?;
- w jaki sposób zapewnić bezpieczną eksploatację pojazdów?

Zarządzanie eksploatacją powinno integrować uczestników organizacji wokół osiągania celów eksploatacyjnych, zarówno w sferze użytkowania, jak i utrzymywania pojazdów, z jednoczesnym wskazywaniem odpowiedzialności za osiągnięcie tych celów.

Przykładem mógłby być niemiecki system eksploatacji wprowadzony do naszych wojsk razem z zakupem czołgu Leopard 2A4. W systemie tym dowódca pododdziału (użytkownik) jest zobowiązany do prowadzenia „Zeszytu terminów kontrolnych”, który służy do planowania obsługi technicznych F oraz do ewidencji ich wykonania. Prowadzi również „Zeszyt urządzenia” który służy do ewidencji czynności wykonanych w czasie spoczynku oraz przeprowadzonych kontroli bezpieczeństwa technicznego. Dowódca przez swój podpis potwierdza przeprowadzenie kontroli (czynności obsługowych danego rodzaju).

Aby można było zrealizować powyższe działania należy przede wszystkim dokonać modyfikacji systemu wykonywania obsługi technicznych już eksploatowanych szybkobieżnych wojskowych pojazdów gąsienicowych w oparciu o przedstawione przez autorów założenia (wprowadzenie zasad RCM, wykorzystanie analiz statystycznych zdarzeń eksploatacyjnych, wprowadzenie informatycznego systemu wspomagania zarządzaniem utrzymaniem ruchu klasy CMMS).

Należy również, w stosunku do nowo wprowadzanych pojazdów, wymóc na producentach (dostawcach) i zagwarantować w kontraktach, zastosowanie systemów utrzymania zapewniających wysoką gotowość, oczywiście za rozsądną cenę.

## LITERATURA

- [1] Bentley J. P., *Introduction to Reliability and Quality Engineering*, Addison-Wesley Longman Ltd., Edinburgh Gate, Harlow 1999.
- [2] Jasiulewicz-Kaczmarek M., *Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi współczesne koncepcje utrzymania ruchu infrastruktury technologicznej przedsiębiorstwa*, Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej, Poznań 2005, s. 127-134.

- [3] Kowalski K., Młyńczak M., *Problematyka gotowości systemów uzbrojenia we wczesnej fazie eksploatacji*, MOTROL, Lublin 2009, 11c, s. 105–112.
- [4] *Eksploatacja wojskowych pojazdów mechanicznych*, część 1, pod red., Kowalski K, WSOWL, Wrocław 2005.
- [5] Lenkiewicz W., Szybka J. F., *Problemy badawcze w eksploatacji wybranych obiektów technicznych*, Monografie ZSE PAN nr 3, PNTTE, Warszawa 2010.
- [6] *Polish Defence Yearbook 2008*, Magnum X, Warszawa 2008.
- [7] Polska Norma PN-93/N-050191, *Słownik terminologiczny elektryki. niezawodność, jakość usługi*.

## **THE HIGH-SPEED MILITARY TRACKED VEHICLE MAINTENANCE SYSTEM - MODIFICATION IS NEEDED**

### **Summary**

*The maintenance system of high-speed military tracked vehicles and the graphic original interpretation of maintenance activity (mainly maintenance) are described. A modification of the maintenance system of the above-mentioned vehicles based on dependability-oriented maintenance (Reliability Centered Maintenance – RCM) is proposed. Additionally, the use of the statistical analysis of maintenance cases and the development of Computerised Maintenance Management System – CMMC are proposed as well.*

**Key words:** *operation, maintenance, military tracked vehicles, RCM*

*Artykuł recenzował: dr inż. Przemysław SIMIŃSKI*