

dr inż. **Zygmunt KRUK**^{1,2}dr inż. **Włodzimierz KUPICZ**¹

Przyjęty/Accepted/Принята: 17.04.2013;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 22.04.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2014;

PRZYKŁAD KWANTYFIKACJI GOTOWOŚCI OPERACYJNEJ ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH UŻYTKOWANYCH AKCYJNIE³

Quantification of Operational Readiness of Vehicles Utilized in Actions

Пример квантификации готовности транспортных средств, использованных для выполнения аварийно-спасательных работ

Abstrakt

Cel: Próba uwzględnienia ilościowego wpływu starzenia pojazdów w czasie eksploatacji na ich gotowość, niezawodność i dyspozycyjność.

Projekt i metody: W oparciu o literaturę i akty normatywne przyjęto modele gotowości i stosowane wskaźniki w praktyce sterowania eksploatacją pojazdów, w systemie transportu o specyfice akcyjnej. Tą właściwością charakteryzuje się proces eksploatacji pojazdów funkcjonujących w systemach likwidacji klęsk żywiołowych, wojskowych, itp. Potrzebę, ale i możliwość uwzględnienia wpływu starzenia w czasie eksploatacji na gotowość, niezawodność i dyspozycyjność pojazdów uzasadniono poprzez empiryczne charakterystyki „uszkodzalności” pojazdów. Charakterystyki te powstały na podstawie badań eksploatacyjnych w systemie transportowym o specyfice akcyjnej, w którym czas wyczekiwania pojazdu na pracę jest zmienną losową. Analizując dane z praktyki eksploatacyjnej o „uszkodzalności” samochodów ciężarowych użytkowanych ze zróżnicowaną intensywnością, stwierdzono, że dane o przebiegach między uszkodzeniami charakteryzuje bardzo duży przedział rozrzutu. Okazało się, że o tym stanie decydują dwa czynniki, tj. zróżnicowany wiek samochodów oraz zróżnicowana intensywność ich użytkowania w czasie eksploatacji. Zebrane z praktyki eksploatacyjnej informacje o przebiegu pojazdów między uszkodzeniami przyporządkowano do przedziałów intensywności użytkowania. Pozwoliło to na opracowanie charakterystyk „uszkodzalności” badanych pojazdów dla poszczególnych przedziałów intensywności.

Wyniki: W przedstawionym opracowaniu charakterystyka „uszkodzalności” wyrażona parametrem jako wartość oczekiwana przebiegu samochodu między uszkodzeniami w funkcji przebiegu od początku eksploatacji. Przedstawiono tu kilka charakterystyk dla eksploatowanych samochodów z różniącą się wartością oczekiwaną czasu wyczekiwania na użytkowanie. Kwantyfikacja gotowości operacyjnej samochodów jest wynikiem przetworzonej informacji z monitorowania procesów użytkowania z uwzględnieniem ich specyfiki oraz utrzymania w zdatności. Zbiór informacji wynika z przyjętych modeli procesów i wskaźników gotowości i niezawodności. Na przykładzie podjęto próbę wykorzystania wskaźnika do kwantyfikacji gotowości operacyjnej pojazdów z uwzględnieniem starzenia wyrażonego stopniem zużycia ресурсu.

Wnioski: Efektywna ocena gotowości operacyjnej samochodów w procesie zarządzania w praktyce tą specyficzną eksploatacją jest możliwa przez odpowiednio zorganizowane i zaimplementowane systemy informacyjne.

Słowa kluczowe: środki transportu wojskowego, gotowość operacyjna, niezawodność, dyspozycyjność, wskaźniki, intensywność użytkowania, resurs, zużywanie starzeniowe

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract

Purpose: An attempt to quantify the impact of the vehicles ageing on their: readiness, reliability and availability.

¹ Zakład Pojazdów Samochodowych, Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej, ul. Okuniewska 1, 05-070 Sulejówek / Military Institute of Armoured and Automotive Technology, Poland

² zkruk1@o2.pl

³ Wkład procentowy / percentage contribution: Z. Kruk – 80%, W. Kupicz – 20%

Design and Methods: Based on literature data and normative acts, the authors applied the models of preparedness and indicators used in the practice of the control over vehicles' exploitation within the emergency transportation systems. These accounts for the process of vehicles exploitation within the systems related to fighting natural disasters, military catastrophes, etc. Not only the need, but also the real possibility of considering the impact of vehicles' ageing on their readiness, reliability and availability was illustrated by empirical characteristics of the vehicles "damageability". These characteristics were created based on exploitation tests performed in emergency transport system, in which waiting time for tasks is a random variable.

Having analysed the data from the operational practice about "damageability" of a truck used with varying intensity, the authors found that the data on the mileage between particular failures is characterized by a very large range of scatter. It turned out that this condition is determined by two factors, namely: different age of cars and various intensity of their use during their operation. Collected in the course of operational exploitation practice data about the mileage of vehicles between their failures was assigned to the particular ranges of their intensity. This allowed for the development of the characteristics of "damageability" of the examined vehicles for each band intensity.

Results: In this case, the "damageability" parameter was expressed as the expected vehicle mileage between failures in a function of the mileage from the start of its exploitation. We presented several characteristics of "damageability" for operating vehicles with different times of awaiting for action. Quantification of operational readiness of the vehicles is the result of processed information from monitoring of their use and maintenance processes, accounting for their specificity and maintenance of their road worthiness. The collection of information is the result of applied models and indicators of readiness and reliability. The authors presented examples of utilization of the index quantifying operational readiness of the vehicles with reference to their ageing expressed with wear of the resource.

Conclusions: Effective evaluation of the operational readiness of vehicles during the exploitation management is feasible by means of appropriately organized and implemented information systems.

Keywords: transport army means, operational readiness, reliability, availability, markers, intensity of the use, service life, use up aging;

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Попытка учесть количественное влияние старения автомобилей во время их эксплуатации на их готовность, надёжность и доступность.

Проект и методы: На основе литературы и нормативных актов приняты модели готовности и показатели, которые используются при управлении эксплуатацией транспортных средств в транспортной системе, связанной с проведением оперативных действий. Этим качеством характеризуется процесс эксплуатации транспортных средств, использованных в системах ликвидации последствий стихийных бедствий, военных катастроф и т.д. Необходимость, а также способность учитывать эффекты старения машин во время службы на готовность, надёжность и доступность их использования в случаях потребности была обоснована при помощи эмпирических характеристик качеств „поврежденности" (частоты отказов, поломок) транспортных средств. Эти характеристики были разработаны на основе эксплуатационных исследований в транспортной системе связанной с проведением оперативных действий.

Эта система характеризуется неопределённым временем выезда транспортного средства на работу. Анализируя данные из эксплуатационной практики о „поврежденности" грузовиков, использованных с разной интенсивностью, было установлено, что данные о пробегах транспортных средств между их поломками характеризуются очень большой дисперсией интервала. Оказалось, что это условие определяется двумя факторами, а именно, разным возрастом автомобилей и разной интенсивностью их использования во время эксплуатации. Собранная из эксплуатационной практики информация о пробеге транспортных средств между их отказами была соотнесена к пределам интенсивности использования. Благодаря такому решению появилась возможность разработать характеристики, связанные с повреждением исследованных машин для соответствующих пределов интенсивности.

Результаты: В настоящей разработке характеристика „поврежденности" была представлена в качестве параметра, как величины ожидаемого пробега автомобиля между поломками от действительной величины пробега от начала его эксплуатации. Здесь представлено несколько характеристик для эксплуатируемых автомобилей с разной ожидаемой величиной времени ожидания использования. Квантификация готовности автомобилей является результатом обработанной информации из мониторинга процессов использования с учётом их специфических способностей и поддержания в состоянии надёжности. Сбор информации исходит из принятых моделей процессов и показателей готовности и надёжности. Например принята попытка использования показателя для квантификации оперативной готовности транспортных средств, принимая во внимание процесс старения, отражающий степень износа ресурса.

Выводы: Эффективная оценка оперативной готовности автомобилей в процессе управления на практике этой специальной эксплуатацией, является возможной только путем правильной организации и внедрением информационных систем.

Ключевые слова: военные транспортные средства, готовность, надёжность, доступность, показатели, интенсивность использования, ресурс, изнашивание, связанное со старением

Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Według procedur badawczych AVTP [8] gotowość operacyjna definiowana jest jako: „Pomiar stopnia, do którego element jest w stanie do działania oraz do wykonania określonego zadania, określane na początku tego zadania, w warunkach gdy zadanie to może być do wykonania w nieznaną (losowo wybranej) chwili czasu". Po-

dobne wyjaśnienia tego pojęcia zawierają też inne dokumenty normatywne [9,10].

Z przedstawionej definicji wynika, że gotowość operacyjna odnoszona jest do obiektów (pojazdów), dla których ustalona jest charakterystyka zadania, zaś wystąpienie potrzeby jego wykonania jest zdarzeniem losowym w czasie. Taką sytuację dla eksploatowanych pojazdów

stwarzają systemy o specyfice akcyjnej, tj. wojskowy, straży pożarnej, pogotowia ratunkowego, likwidacji klęsk żywiołowych itp.

O gotowości operacyjnej pojazdów eksploatowanych w takich systemach (*dependability*) decydować będą głównie dwa czynniki, tj.

- stan zdatności technicznej na dowolną chwilę, określany jako chwilowa lub przeciętna dostępność/gotowość techniczna (*availability*) wyrażana wskaźnikiem prawdopodobieństwa tego, że obiekt jest zdalny technicznie do podjęcia zadania,
- stan zdatności technicznej podczas podjętego zadania, określany jako niezawodność (*reliability*), a wyrażany wskaźnikiem niezawodności jako prawdopodobieństwo wykonania podjętego zadania.

Prawdopodobieństwo zdatności obiektu w czasie wyczekiwania na użycie jest zależne od parametrów identyfikujących aktualne własności pojazdu, systemu obsługi i systemu użytkownika, ale też zdolności systemu logistycznego do dostarczenia potrzebnych środków obsługi, bowiem ta własność systemu logistycznego kształtuje dyspozycyjność eksploatowanego obiektu.

Poszczególne własności identyfikowane są charakterystycznymi parametrami w odniesieniu do:

- pojazdu – w aspekcie jego stanu technicznego mającego wpływ na poziom jego „uszkodzalności” – najczęściej określany parametrem „intensywności uszkodzeń”,
- systemu obsługi – mającego wpływ na jakość usługi serwisowej i czas trwania stanu niezdatnego pojazdu po jego uszkodzeniu „obsługiwalność” – najczęściej określany parametrem „intensywności obsługi”, który zależny jest od czasu trwania obsługi, ale też opóźnienia logistycznego, organizacyjnego i technicznego,
- zdolności systemu logistycznego mającego wpływ na dostarczenie na czas potrzebnych środków obsługi,
- systemu użytkownika mającego wpływ (dla danych S_u) na czas trwania stanu zdatego, który zależy od intensywności użytkownika pojazdu, czyli intensywności zużywanego potencjału użytkowego w jednostce czasu.

Wpływ jakościowy i ilościowy poszczególnych czynników na gotowość operacyjną z uwzględnieniem starzenia pojazdów w czasie eksploatacji przedstawiony będzie w dalszej części opracowania.

Utrzymanie wymaganej gotowości operacyjnej jest celem odpowiednio zorganizowanych i zarządzanych działań eksploatacyjnych. W każdym działaniu podejmowanie racjonalnych decyzji jest możliwe wówczas, gdy znamy stan rzeczy podlegający zarządzaniu. To zaś oznacza, że podejmowanie racjonalnych decyzji jest możliwe, jeżeli posiadamy wiarygodną diagnozę aktualnego stanu. Pełna diagnoza obejmuje procesy, takie jak: ocena stanu obecnego, geneza stanu i prognoza. W dalszej części niniejszego opracowania podjęto próbę przeglądu zakresu monitorowania procesów eksploatacji pojazdów [5] ukierunkowanych na ocenę gotowości pojazdów i ich dyspozycyjności, a mających wpływ na wiarygodność oceny.

2. Próba kwantyfikacji gotowości operacyjnej – wskaźniki gotowości

Gotowość stacjonarna samochodu w ujęciu ilościowym określana jest najczęściej stacjonarnym współczynnikiem gotowości technicznej [1], którą można wyrazić wzorem (1) lub (2):

$$K_g = \frac{T_u}{T_u + T_o} \quad (1)$$

gdzie:

T_u – wartość oczekiwana czasu przebywania obiektu w stanie gotowości;

T_o – wartość oczekiwana czasu przebywania obiektu w stanie niegotowości.

$$K_g = \frac{\mu}{\mu + \lambda}; \text{ gdzie } \mu = \frac{1}{T_o}; \lambda = \frac{1}{T_u} \quad (2)$$

Poszczególne parametry oznaczają:

λ – intensywność zgłoszeń samochodów do systemu obsługi,

μ – intensywność procesu obsługowego

T_u – czas poprawnej między uszkodzeniami

T_o – czas trwania obsługi

Dla zbioru samochodów N , na dowolną chwilę, gotowość wynika z następującej zależności (3):

$$K_{gt} = \frac{N_z}{N_z + N_o}$$

gdzie:

N_o – liczność samochodów gotowych do pracy, $N_o \subset N$

N_z – liczność samochodów niegotowych w obsłudze $N_z \subset N$

Na gotowość chwilową, dla danych (S_u , T_o), ma wpływ intensywność użytkownika samochodu.

Intensywność użytkownika (q) w literaturze [1], definiowana jest jako stosunek wykonanego przebiegu pojazdu do przedziału czasowego, w którym ten przebieg został wykonany. Tak zdefiniowaną intensywność (q) można zapisać zależnościami (4).

$$q = \frac{1}{t_2 - t_1} \sum_{i=1}^n Q_i, \text{ lub } q = p_Q \cdot Q_s = \frac{1}{T_w} \cdot Q_s,$$

gdzie: n – liczba dni, w których samochód pracował,

$t_2 - t_1$ – przedział czasu, w którym prowadzone są obliczenia,

Q_i – potencjał eksploatacyjny rozchodowany w ciągu i – tego dnia pracy pojazdu,

T_w – przeciętny czas wyczekiwania, samochodu na pracę,

p_Q – częstość względną użytkownika,

Q_s – przeciętny potencjał eksploatacyjny rozchodowany w dniu pracy.

Jeżeli do wzoru na gotowość stacjonarną wprowadzimy parametr intensywności pracy samochodu, a czas pra-

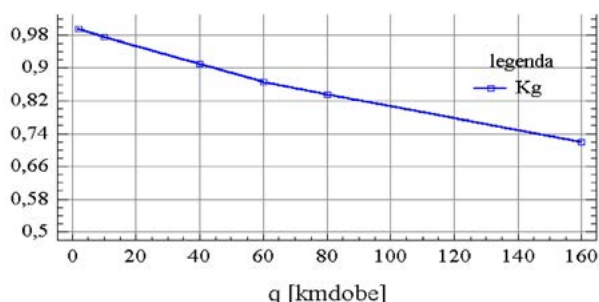
cy wyrazimy przebiegiem pomiędzy uszkodzeniami [5] to gotowość K_g będzie mogła być wyrażona zależnością (5),

$$K_g = \frac{S_{ui}}{S_{ui} + T_O q_i} \quad (5)$$

gdzie: S_{ui} – przeciętny przebieg między uszkodzeniami, i – tego samochodu, $n_i \in N_e, i = 1, 2, \dots, N_e$, T_O – przeciętny czas trwania obsługi korekcyjnej/naprawy samochodu, q_i – intensywność użytkowania i – tego samochodu,

Wskaźnik ten pozwala wyznaczyć gotowość stacjonarną dla każdego $n_i \in N_e$, analizować wpływ tych parametrów na zmiany gotowości w czasie eksploatacji. Biorąc gotowość samochodu $n_i \in N_e$ w dowolnej chwili czasu będzie zależała od jego aktualnej uszkodzalności i obsługiwalności oraz intensywności użytkowania.

Przykład charakterystyki gotowości stacjonarnej samochodu, dla przyjętych danych (T_O, S_u) w funkcji intensywności użytkowania (q), przedstawia rycina 1. Charakterystyka ta pozwala dostrzec, że wysoki stopień gotowości stacjonarnej dla niskich intensywności użytkowania wykazują również samochody o dużej uszkodzalności (małe wartości S_u).



Ryc. 1. Gotowość stacjonarna w funkcji intensywności użytkowania dla danych (T_O, S_u)

Fig. 1. Stationary readiness in the function of the used intensity for the data (T_O, S_u)

Dlatego też samodzielnie wskaźnik ten niewystarczająco informuje o rzeczywistym stanie gotowości technicznej do zadań. Należy wiedzę tę dodatkowo uzupełnić informacją o niezawodności każdego eksploatowanego pojazdu w odniesieniu do planowanego zadania transportowego.

Posiadanie w praktyce sterowania utrzymaniem samochodów charakterystyki $\lambda u = f(s, q)$ dla rozkładu wykładniczego może pozwolić na wyznaczenie dla każdego samochodu $n_i \in N_e$ funkcji niezawodności (6).

$$F(Q) = e^{-\lambda u(s, q)Q}; \quad (6)$$

Znajomość gotowości stacjonarnej i niezawodności samochodu pozwala wyznaczyć jego gotowość operacyjną [11], według zależności (7),

$$K_g^o = K_g \times F(Q) \quad (7)$$

Przykłady sformułowanych wymagań [12,13] w odniesieniu do samochodów taktycznych średniej ładowności [2] obejmujących gotowość operacyjną, przeciętny przebieg między uszkodzeniami oraz wskaźnik obsługiwalności MR, zawiera tabela 1.

Tabela 1.

Wymagania w odniesieniu do samochodów taktycznych

Table 1.

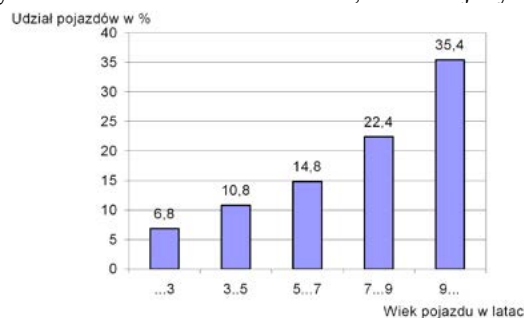
The requirement in the reference to tactical vehicles

Rodzaj samochodu (vehicle type)	Gotowość operacyjna (operational readiness) (%)	Średni przebieg między uszkodzeniami (average course between damages) (mil)	Wskaźnik obsługiwalności (maintainability marker) (MR)
Skrzyniowy (Dropside car)	91	2200	0,010
Furgon (Body truck)	91	2000	0,014
Cysterna (Tanker car)	90	2000	0,015
Ciągnik (Tractor)	88	2500	0,012
Przyczepa (Trailer)	88	1900	0,003
Pojazd ewakuacyjny (Evacuation vehicle)	90	1900	0,015
Ambulans (Ambulance)	88	2000	0,011

W dalszej części niniejszego opracowania autor przedstawił na przykładach charakterystyki empiryczne [3,4,5] zawierające potrzebne informacje do wykorzystania wskazanych wskaźników do wyznaczania w praktyce gotowości operacyjnej pojazdu (pojazdów) ich niezawodności oraz dyspozycyjności.

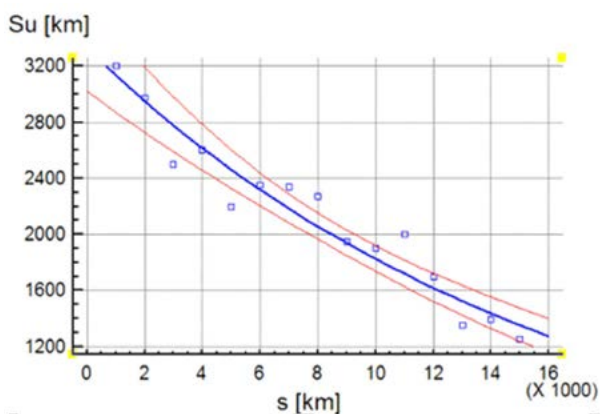
3. Przykłady charakterystyk empirycznych z praktyki eksploatacyjnej oraz wykorzystania ich do wyznaczenia gotowości

Prowadzone badania usterek samochodów w funkcji czasu ich eksploatacji [7], na bardzo dużej próbie samochodów osobowych użytkowanych intensywnie, wykazały narastanie usterek z ich wiekiem, co ilustruje rycina 2.



Ryc. 2. Charakterystyka ilościowa wykrywanych usterek w samochodach w zależności od wieku ich eksploatacji [7]
Fig. 2. The quantitative profile of detected car faults in relation to the cars' age [7]

Z parametrów uszkodzalności na rycinie 2 wynika, iż samochody w wieku powyżej dziewięciu lat wykazują pięciokrotnie więcej usterek od samochodów trzyletnich. Podobny przebieg charakterystyki, jak również parametry uszkodzalności uzyskano, badając przebieg między uszkodzeniami (będącymi przyczyną potrzeby odnowy zdatności na stanowisku naprawczym) samochodów osobowo-ciężarowych użytkowanych intensywnie w systemie wojskowym [4], co ilustruje ryc.3.

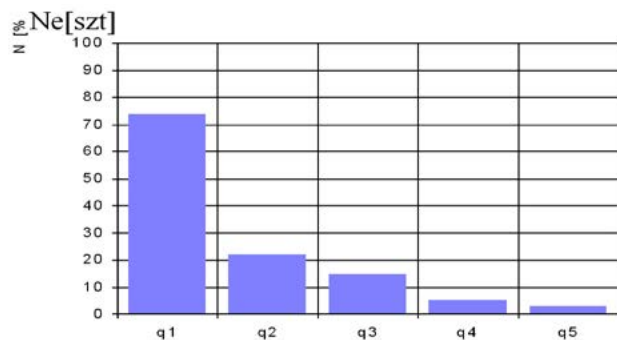


Rys. 3. Charakterystyka zmian degresywnych przebiegu samochodu między uszkodzeniami w funkcji ilości przejechanej drogi od początku eksploatacji [4]

Fig. 3. The profile of the degressive cars cours changes between damages in the function of the quantity traveled dear from the beginning of exploitation

Na podstawie analizy danych z praktyki eksploatacyjnej samochodów ciężarowych użytkowanych w systemie wojskowym ze zróżnicowaną intensywnością stwierdzono, że dane o przebiegach między uszkodzeniami charakteryzuje bardzo duży przedział rozrzutu [3]. Okazało się, że o tym stanie decydują dwa czynniki, tj. zróżnicowany wiek samochodów oraz zróżnicowana intensywność ich użytkowania w czasie eksploatacji.

Przykład [3] rozkładu pojazdów wybranej grupy, eksploatowanych w systemie wojskowym, ze względu na intensywność ich pracy w stanie wyczekiwania „p”, przedstawia ryc. 4. Do grupy q1 – należą pojazdy, które pracowały przeciętnie 16 dni w ciągu roku (co daje przeciętny czas wyczekiwania na pracę 23 [doby]), w grupie q2 – 45 dni/rok, w grupie q3 – 60 dni/rok, w grupie q4 – ponad 70 dni/rok i w grupie q5 ponad 85 dni w ciągu roku.



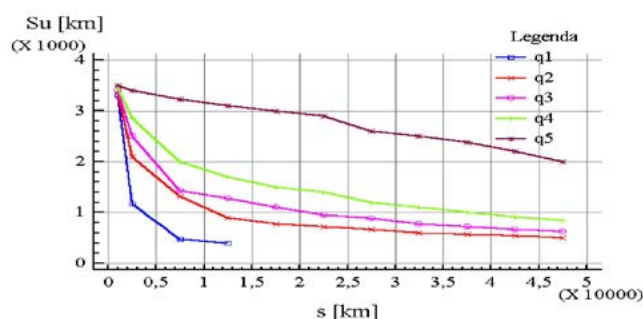
Ryc. 4. Przykład rozkładu intensywności użytkowania badanej próby pojazdów

Fig. 4. The example of exploitation intensity schedule of the vehicles included in the analysis

Dane te wskazują, że dla poszczególnych przedziałów istnieje wyraźne zróżnicowanie czynników mających wpływ na przebieg procesu starzenia samochodów należących do różnych przedziałów intensywności użytkowania. Samochody z przedziału A poddane są głównie procesom starzenia pod wpływem czynników otoczenia, zaś pojazdy z przedziału D będą zużywane pod wpływem bodźców zmęczeniowo-tarciowych podczas pracy.

Zebrałe z praktyki eksploatacyjnej informacje o przebiegu pojazdów między uszkodzeniami przyporządkowano do przedziałów intensywności użytkowania. Pozwoliło to na opracowanie charakterystyk „uszkodzalności” badanych pojazdów dla poszczególnych przedziałów intensywności (ryc 5.).

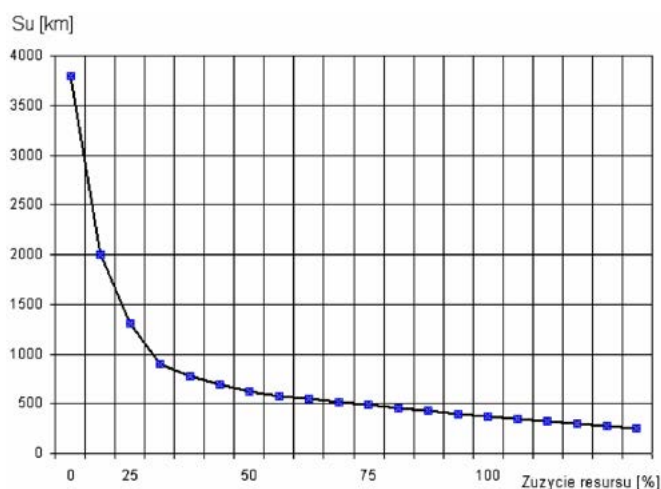
Na ryc. 5. przedstawione są charakterystyki empiryczne „uszkodzalności” w funkcji przebiegu od początku eksploatacji, samochodów ciężarowych (jako specjalne i ogólnego przeznaczenia) użytkowanych z różniącą się intensywnością (q - gdzie: $q_1 < q_2 < q_3 < q_4 < q_5$).



Ryc. 5. Przykład charakterystyk $Su = f(s)$ [km] dla różnych q [km/dzień]

Fig. 5. The characteristics example $Su = f(s)$ [km] for different q [km/day]

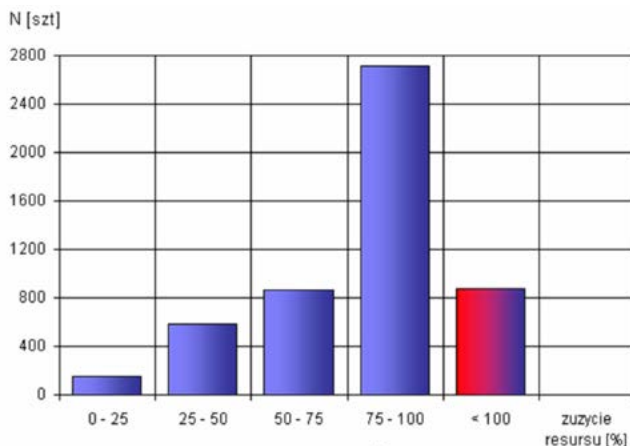
Na ryc. 6. przedstawiona została charakterystyka „uszkodzalności” w funkcji stopnia zesterzenia (100% to 20 lat eksploatacji) odniesionego do czasu eksploatacji, dla wybranej marki i typu eksploatowanych pojazdów o znanym rozkładzie ich intensywności użytkowania (np.: jak na ryc. 4.).



Ryc. 6. Przykład charakterystyki $Su = f(s)$ [km] dla analizowanego zbioru pojazdów

Fig. 6. The characteristics example $Su = f(s)$ [km] for the analysed group of vehicles

Zaś ryc. 7. przedstawia przykład z praktyki eksploatacyjnej, rozkładu pojazdów analizowanego zbioru w aspekcie stopnia zużycia ресурсu na chwilę prowadzenia analizy.

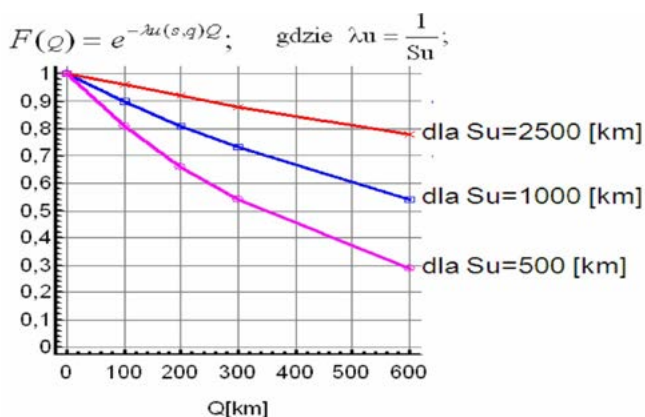


Ryc. 7. Rozkład zbioru pojazdów w aspekcie stopnia zużycia ресурсu

Fig. 7. The vehicles gathering schedule in the aspect of the waste service life degree

Wykorzystując dane zawarte w charakterystykach empirycznych, można wyznaczyć (wg wzoru. 6) prawdopodobieństwo realizacji zadania transportowego, bez przerwy z powodu uszkodzeń, przez każdy pojazd należący do grupy o danym stopniu zużycia ресурсu.

Przykład charakterystyki skuteczności realizacji zadania transportowego o zadanej wielkości (misji Q[km]) dla samochodu o różnym poziomie „uszkodzalności” (wyrażonej dla rozkładu wykładniczego wg. zależności {6}, przeciętnym przebiegiem między uszkodzeniami Su [km]), przedstawia ryc. 8.



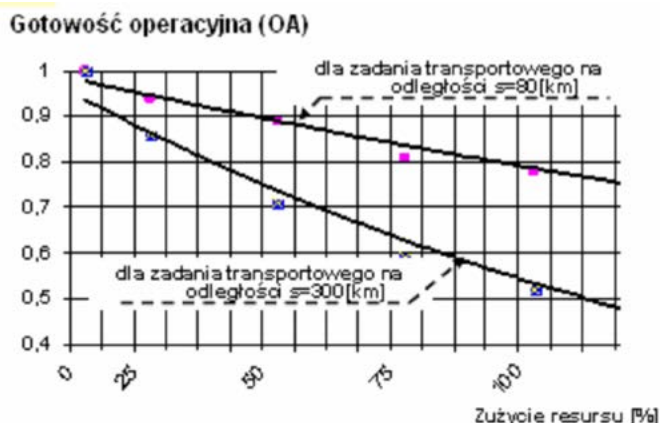
Ryc. 8. Prawdopodobieństwo F(Q) zrealizowania podjętego zadania transportowego na odcinku Q[km] dla różnych Su [km]

Fig. 8. Probability F (Q) of successful realisation of the undertaken transport task on the section Q [km] for various Su [km]

Zaś przykład analizy gotowości operacyjnej, dla zadań transportowych o różnych zakresach, wyznaczonej wg {7}, dla danego poziomu „uszkodzalności” analizowanych pojazdów i danej ich gotowości chwilowej wg {5}, przedstawia ryc. 9.

Ocena dyspozycyjności całego zbioru pojazdów wymaga prognozy liczby uszkodzeń dla sytuacji wystąpie-

nia potrzeby jednoczesnego użycia wszystkich pojazdów. Stąd wynika potrzeba wymaganych środków obsługowych do odnowy zdatności na danym/planowanym odcinku zadania transportowego Q[km].



Ryc. 9. Gotowość operacyjna dla samochodów o różnym stopniu zużycia ресурсu

Fig. 9. Operating readiness for cars with the various waste service life degree

Porównanie otrzymanych danych o strumieniu potrzeb z liczbą dostępnych w czasie i danych warunkach działania, środków obsługowych (stacjonarnych, ruchomych/mobilnych), daje możliwość ilościowego ustalenia ich nadmiaru lub niedomiaru.

W przypadku wystąpienia niedomiaru będzie to oznaczać, że dla danego zbioru pojazdów o aktualnym stopniu zużycia i danym rozmiarze realizowanych zadań transportowych nie jest spełniony warunek dyspozycyjności. Natomiast w sytuacji nadmiaru środków obsługowych będzie oznaczać, że ponoszone są straty ekonomiczne z powodu utrzymywania w gotowości środków obsługi, dla których brak zadań usługowych.

W systemie wojskowym „warsztaty ruchome”, jako środki mobilne, przewożone są na innych środkach transportu. Samochody te podlegają starzeniu tak jak i pozostałe. Dlatego też wyższy stopień zużycia ресурсu oznacza zwiększanie się ich zawodności.

Dlatego też samochody te powinny podlegać ocenie niezawodnościowej, aby ustalić, ile tych środków w stanie pełnego funkcjonowania systemu transportowego ulegnie uszkodzeniu.

Bowiem uszkodzenie to powoduje eliminację tego środka wraz z załogą w niesieniu pomocy technicznej w odniesieniu do uszkodzonych środków transportujących i holujących inne ładunki.

Istnieje tu zatem potrzeba ciągłego monitorowania i analizowania wpływu stopnia zużycia ресурсu przez środki transportujące warsztaty na ich dostępność przez organizację dostarczającą środki obsługi do odnowy uszkodzonych innych pojazdów.

4. Wnioski i podsumowanie

W ocenie gotowości operacyjnej pojazdów i ich dyspozycyjności jak i prognozie – istnieje potrzeba kwantyfikacji ich: gotowości chwilowej/stacjonarnej i niezawodności oraz zdolności systemu logistycznego dostarczającego potrzebne środki do obsługi i napraw.

- Realizacja tego celu wymaga wiedzy o własnościach;
- pojazdu, tj. jego aktualnej „nieuszkodzalności” oraz dla danych warunków obsługiwanego „obsługiwalności”;
 - systemu użytkownika w aspekcie aktualnej i przewidywanej intensywności użytkownika pojazdów,
 - systemu logistycznego w odniesieniu do jego zdolności do dostarczenia wymaganych środków obsługi.

Wiedza w tym zakresie powinna powstawać permanentnie w czasie, na podstawie informacji z monitorowania parametrów odpowiednich procesów.

Efektywna realizacja tego zadania jest możliwa przez odpowiednio zorganizowane systemy informacyjne i zaimplementowane jako zintegrowane systemy informatyczne wspomagające zarządzanie eksploatacją w ujęciu biznesowym.

Literatura

1. Hebda M., Mazur T., *Podstawy eksploatacji pojazdów samochodowych*, WKiŁ, Warszawa 1980.
2. Kowalski K., *Organizacja utrzymania wojskowych środków transportu. Autobusy*, „Technika Eksploatacja Systemy Transportowe”, Issue 6, 2010.
3. Kruk Z., *Badania efektywności systemu eksploatacji pojazdów kołowych na podstawie oceny gotowości technicznej wytypowanych marek pojazdów użytkowanych w wojsku*, „Archiwum WITPiS”, Vol. 91, 1990.
4. Kruk Z. i inni, *Modelowanie gotowości środków transportu kołowego w aspekcie czasu oczekiwania na użytkownika*, Praca wykonana w ramach pracy badawczej finansowanej z KBN/T00B02424, Archiwum WITPiS/2005.
5. Kruk Z., *System monitorowania gotowości operacyjnej wojskowych środków transportu na szczeblu oddziału*, Sprawozdanie WITPiS Nr 110/ZPS/2008 z realizacji projektu badawczo – rozwojowego nr R 00 032 022.
6. Niziński St., *Eksploatacja obiektów technicznych*, Warszawa – Sulejówek – Olsztyn – Radom 2002.
7. Stricker L. *Diagnostyka pojazdów – bezpieczeństwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1996.
8. AVTP (11 -20). Procedura badawcza NATO.1993.
9. Norma NO-06-A102:2005; Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badan. Wymagania niezawodnościowe.
10. Norma MIL-STD-721C. Departament Obrony USA 1981.
11. Norma NO-06-A102:2005; Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badan. Wymagania niezawodnościowe.
12. Wymagania operacyjne na rodzinę samochodów taktycznych średniej ładowności (FMTV), department of the army, office of the deputy chief of staff for operations and Plans DC 20310-04, Washington 1994.
13. MIL-T-740G C, Specyfikacja na samochody ciężarowe konstrukcji wojskowej, Waszyngton 1989.

dr inż. Zygmunt Kruk w 1978 roku obronił doktorat na Wojskowej Akademii Technicznej. Obecnie pracuje w Wojskowym Instytucie Techniki Pancernej i Samochodowej na stanowisku adiunkta.

dr inż. Włodzimierz Kupicz w 2009 obronił doktorat na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego. Obecnie pełni funkcję kierownika Zakładu Pojazdów Kołowych Wojskowego Instytutu Techniki Pancernej i Samochodowej.