

Marta CZARNOWSKA, Klaudiusz MIGAWA

**ANALIZA GOTOWOŚCI POJAZDÓW CIĘŻAROWYCH
EKSPLOATOWANYCH W SYSTEMIE
MIĘDZYNARODOWEGO TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO**

Streszczenie: W pracy przeanalizowano gotowość środków transportu eksploatowanych w wybranym rzeczywistym systemie transportu drogowego. Gotowość środków transportu w istotny sposób wpływa na możliwość realizacji zadań przewozowych i utrzymywana jest na odpowiednim poziomie w wyniku realizacji procesów w podsystemie logistycznym, wykonywanych na stanowiskach zajezdni (procesy obsługi, naprawy, diagnozowania i zaopatrzenia). Obiektem badań było przedsiębiorstwo transportowo-spedycyjne zajmujące się przewozem ładunków na terenie Unii Europejskiej, krajów skandynawskich i Rosji. Na podstawie literatury opracowano wzory opisujące gotowość badanych środków transportu oraz dla danych eksploatacyjnych wyznaczono jej wartości. Rezultaty badań stanowią podstawę do opracowania założeń do budowy i skonstruowania matematycznego modelu wyznaczania i oceny gotowości środków transportu drogowego.

Słowa kluczowe: system transportowy, proces eksploatacji, gotowość

1. WPROWADZENIE

Głównym celem eksploatacji maszyny jest użytkowanie jej z maksymalną efektywnością, tj. zapewnienie urządzeniom racjonalnej i ekonomicznej pracy, przedłużenie okresu ich używalności i utrzymanie w stanie zdatności technicznej [2]. Cele te możliwe są do osiągnięcia dzięki prawidłowemu sterowaniu procesami realizowanymi w systemie i uzyskiwaniu odpowiednich wartości wskaźników, takich jak: gotowość, niezawodność, wydajność, efektywność itd. W pracy przeanalizowano jedną z podstawowych cech opisujących prawidłowe funkcjonowanie systemu technicznego, jaką jest gotowość eksploatowanych w nim obiektów technicznych. Na podstawie literatury przyjęto następującą definicję [6]: gotowość obiektu technicznego określona jest jako jego zdolność do terminowego osiągnięcia lub utrzymania stanu zdatności, umożliwiającego prawidłową realizację przydzielonego zadania (zadań).

W rzeczywistych systemach eksploatacji obiektów technicznych proces eksploatacji zależy od specyfiki danego systemu oraz celów realizowanych

mgr inż. Marta CZARNOWSKA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Koło Naukowe Transportowców, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz,
e-mail: czarnowska.marta@gmail.com
dr inż. Klaudiusz MIGAWA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz,
e-mail: klaudiusz.migawa@utp.edu.pl

przez system. Przez proces eksploatacji rozumie się wszystkie działania organizacyjno-technologiczne oraz ekonomiczne związane z obiektem technicznym od momentu jego pierwszego uruchomienia aż do chwili jego wycofania z użytkowania i likwidacji [1, 7]. Proces eksploatacji obiektów technicznych składa się z procesów składowych, wśród których jako główne można wyróżnić [3, 5, 8]:

- użytkowanie,
- obsługiwane,
- odnowę,
- diagnozowanie,
- zaopatrywanie,
- przechowywanie.

W trakcie eksploatacji obiekty techniczne mogą prawidłowo realizować przydzielone zadania jedynie wówczas, gdy przebywają w pewnym, określonym ze względu na rozpatrywane zadanie, zbiorze stanów eksploatacyjnych, tzw. stanów gotowości do realizacji przydzielonego zadania. W tym celu stany analizowanego modelu procesu eksploatacji należy podzielić na dwa zbiory [4, 6, 7]:

- **zbiór stanów gotowości (S_G)**, w których obiekt techniczny jest zdalny i może przystąpić do realizacji zadania w danej chwili lub też przed upływem ustalonego czasu,
- **zbiór stanów niegotowości (S_{NG})**, w których obiekt techniczny jest niezdatny do działania, a w efekcie terminowe rozpoczęcie i zrealizowanie przydzielonego zadania jest niemożliwe.

W celu wyznaczenia i analizy gotowości środków transportu opracowano model zdarzeniowy procesu eksploatacji realizowanego w badanym systemie transportu drogowego oraz dokonano podziału stanów eksploatacyjnych tego modelu na stany gotowości i niegotowości do realizacji przydzielonego zadania. Następnie dla danych eksploatacyjnych uzyskanych z badań wybranego rzeczywistego systemu eksploatacji wyznaczono wartości wskaźników gotowości środków transportu.

2. OBIEKT BADAŃ

Jako obiekt badań wybrano przedsiębiorstwo transportowo-spedycyjne, będące rzeczywistym systemem eksploatacji środków transportu drogowego (samochodów ciężarowych). Nadrzędnym celem badanego systemu eksploatacji środków transportu jest bezpieczny oraz terminowy przewóz ładunków na terenie krajów Unii Europejskiej, państw skandynawskich oraz Rosji. Dodatkowo realizowane są następujące usługi:

- diagnostyka i naprawa pojazdów,
- holowanie pojazdów,
- wynajem środków transportu.

Badany system eksploatacji środków transportu składa się z podsystemu wykonawczego (PW) oraz logistycznego (PL). Podsystem wykonawczy dzieli się na podsystemy elementarne typu operator – środek transportu (kierowca – pojazd ciężarowy) i bezpośrednio realizuje zadania przewozowe. W podsystemie tym znajdują się w obiekty techniczne, które są zdadne i mogą być użytkowane zgodnie z przeznaczeniem lub też z powodu braku zapotrzebowania oczekują na użytkowanie. Podsystem logistyczny składa się z podsystemu obsługi technicznych, podsystemu napraw oraz współpracującego z nimi podsystemu diagnostycznego. W podsystemie tym znajdują się niezdatne obiekty techniczne, które podlegają procesom obsługi, naprawy lub diagnozowania.

W tabeli 1 przedstawiono wykaz pojazdów eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego wraz z oznaczeniem kodowym, rokiem produkcji i przebiegiem poszczególnych środków transportu.

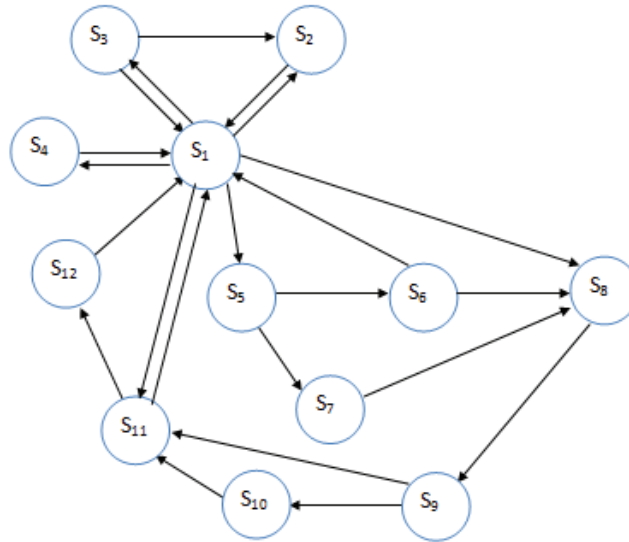
Tabela 1. Oznaczenia kodowe, typ, rok produkcji i przebieg pojazdów eksploatowanych w analizowanym systemie transportowym

Table 1. Code marking, type, production year and mileage of vehicles operated in the analyzed transportation system

Kod pojazdu	Typ pojazdu	Rok produkcji	Przebieg (tys. km)	Kod pojazdu	Typ pojazdu	Rok produkcji	Przebieg (tys. km)
D01	DAF 95 XF	2002	1312	D09	DAF 105 XF 410	2006	815
D02	DAF 95 XF	2003	1015	D10	DAF 105 XF 410	2007	340
D03	DAF 95 XF	2004	1030	D11	DAF 105 XF 460	2008	415
D04	DAF 95 XF	2004	1020	D12	DAF 105 XF 460	2010	200
D05	DAF 95 XF	2005	480	D13	DAF 105 XF 460	2010	180
D06	DAF 95 XF	2005	900	D14	DAF 105 XF 460	2011	60
D07	DAF 95 XF	2005	920	D15	DAF 105 XF 460	2011	60
D08	DAF 95 XF	2006	780	D16	DAF 105 XF 460	2011	60

3. ZDARZENIOWY MODEL PROCESU EKSPLOATACJI REALIZOWANEGO W OBIEKCIE BADAŃ

Środki transportu (samochody ciężarowe), użytkowane w badanym systemie transportu drogowego wraz z operatorami (kierowcy), w trakcie realizacji procesu eksploatacji przebywają w różnych stanach eksploatacyjnych tego procesu. W danej chwili każdy obiekt techniczny może znajdować się tylko w jednym z wyróżnionych stanów procesu eksploatacji [7]. Na podstawie identyfikacji badanego systemu transportowego i realizowanego w nim wielostanowego procesu eksploatacji środków transportu wyróżniono istotne stany analizowanego procesu i możliwe przejścia między nimi. Na tej podstawie zbudowano zdarzeniowy model procesu eksploatacji (rys.1), gdzie: S₁ – stan realizacji zadania przewozowego, S₂ – stan naładunku, S₃ – stan wyładunku, S₄ – stan postoju organizacyjnego, S₅ – stan uszkodzenia na trasie, S₆ – stan naprawy na trasie, S₇ – stan holowania, S₈ – stan oczekiwania na naprawę lub obsługę w zajezdni, S₉ – stan naprawy lub obsługi w zajezdni, S₁₀ – stan diagnozowania w zajezdni, S₁₁ – stan uzupełniania paliwa, S₁₂ – stan oczekiwania w zajezdni na realizację zadania przewozowego.



Rys. 1. Graf skierowany odwzorowania procesu eksploatacji środków transportu realizowanego w analizowanym systemie transportowym

Fig. 1. Directed graph of the transport means operation and maintenance process mapping in the analyzed transportation system

4. WYZNACZENIE GOTOWOŚCI ŚRODKÓW TRANSPORTU EKSPLOATOWANYCH W OBIEKCIE BADAŃ

W celu wyznaczenia wartości wskaźnika gotowości środków transportu, należy dokonać podziału stanów eksploatacyjnych analizowanego procesu eksploatacji na dwa zbiory stanów:

- zbiór stanów gotowości obiektu technicznego – S_G ,
- zbiór stanów niegotowości obiektu technicznego – S_{NG} , do realizacji przydzielonego zadania transportowego.

Gotowość środków transportu eksploatowanych w systemie transportowym wyznaczana jest jako iloraz czasów przebywania w stanach gotowości oraz sumy czasów przebywania w stanach gotowości i niegotowości do realizacji przydzielonego zadania – zgodnie ze wzorem:

$$G_{OT} = \frac{\sum_{j=1}^{n_G} t_{Gj}}{\sum_{j=1}^{n_G} t_{Gj} + \sum_{j=1}^{n_{NG}} t_{NGj}} \quad (1)$$

gdzie:

G_{OT} – współczynnik gotowości pojedynczego obiektu technicznego (środka transportu),

t_{Gj} – j -ta realizacja czasu przebywania w stanach gotowości w badanym przedziale czasu,

- t_{NGj} – j -ta realizacja czasu przebywania w stanach niegotowości w badanym przedziale czasu,
 n_G – liczba wejść do stanów gotowości w badanym przedziale czasu,
 n_{NG} – liczba wejść do stanów niegotowości w badanym przedziale czasu.

lub w przypadku wyznaczenia wartości średnich czasów T_i przebywania w poszczególnych stanach eksploatacyjnych oraz częstości v_i wystąpienia poszczególnych stanów eksploatacyjnych, dla $i = 1, 2, \dots, 12$, na podstawie wzoru:

$$G_{OT} = \frac{\sum_{i=S_G} v_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^{12} v_i \cdot T_i} \quad (2)$$

Ze względu na specyfikę prowadzonej działalności w badanym systemie transportowym rozpatruje się gotowość środków transportu w przypadku, gdy dany środek transportu jest zdalny i zaopatrzony, a operator (kierowca) może przystąpić do realizacji zadania w dowolnej chwili. W rozpatrywanym modelu procesu eksploatacji, przedstawionym na rysunku 1, wyróżniono następujące stany gotowości obiektu technicznego (środka transportu):

- stan S_1 – stan realizacji zadania przewozowego,
- stan S_2 – stan naładunku,
- stan S_3 – stan wyładunku,
- stan S_{12} – stan oczekiwania w zajezdni na realizację zadania przewozowego.

Wzór (2) przyjmuje wówczas następującą postać:

$$G_{OT} = \frac{v_1 \cdot T_1 + v_2 \cdot T_2 + v_3 \cdot T_3 + v_{12} \cdot T_{12}}{\sum_{i=1}^{12} v_i \cdot T_i} \quad (3)$$

W celu wyznaczenia wartości wskaźnika gotowości badanych środków transportu na podstawie dokumentacji eksploatacyjnej prowadzonej w badanym systemie zebrano i przetworzono dane eksploatacyjne opisujące stany analizowanego procesu eksploatacji. Opracowane dane dotyczą 16 obiektów technicznych eksploatowanych w badanym systemie od 24.04.2011 do 17.07.2011. W tabeli 2 przedstawiono przykładowe dane eksploatacyjne dotyczące badanych środków transportu, gdzie:

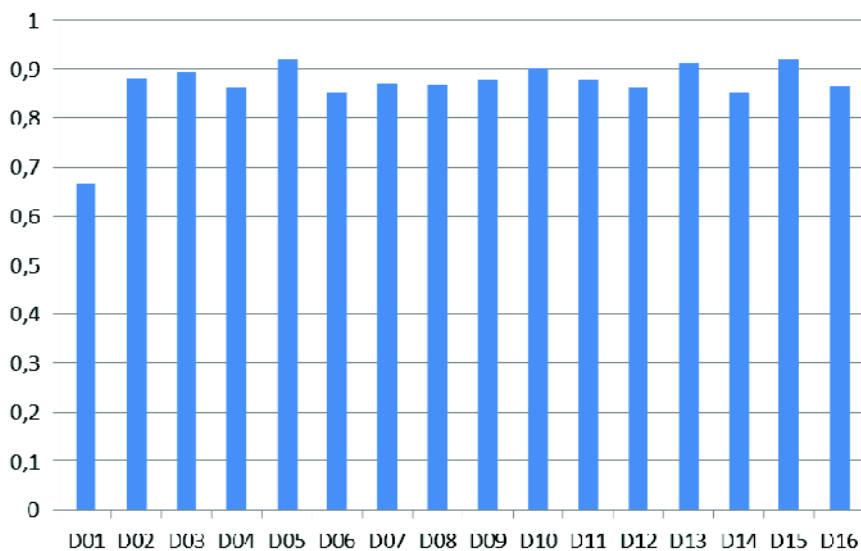
- n_i – liczba wejść do i -tego stanu procesu eksploatacji,
 v_i – częstość wystąpienia i -tego stanu procesu eksploatacji,
 t_i – sumaryczny czas przebywania w i -tym stanie procesu eksploatacji,
 T_i – średni czas przebywania w i -tym stanie procesu eksploatacyjnego.

Tabela 2. Wartości charakterystyk liczbowych stanów procesu eksploatacji, wyznaczone dla wybranych środków transportu użytkowanych w analizowanym systemie transportowym
 Table 2. Values of numerical characteristics of the operation and maintenance process states determined for particular transport means operated in the analysed transportation system

D01												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	73	12	12	48	1		1		2	2	8	24
v_i	0,399	0,066	0,066	0,262	0,005		0,005		0,011	0,011	0,044	0,131
t_i [h]	234,57	5,00	11,67	618,15	0,83		1,00		43,00	2,00	1,92	1073,76
T_i [h]	3,21	0,42	0,97	12,88	0,83		1,00		21,50	1,00	0,24	44,74
D02												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	98	24	24	51							25	12
v_i	0,419	0,103	0,103	0,218							0,107	0,051
t_i [h]	314,82	13,33	5,00	227,57							10,00	1421,28
T_i [h]	3,21	0,56	0,21	4,46							0,40	118,44

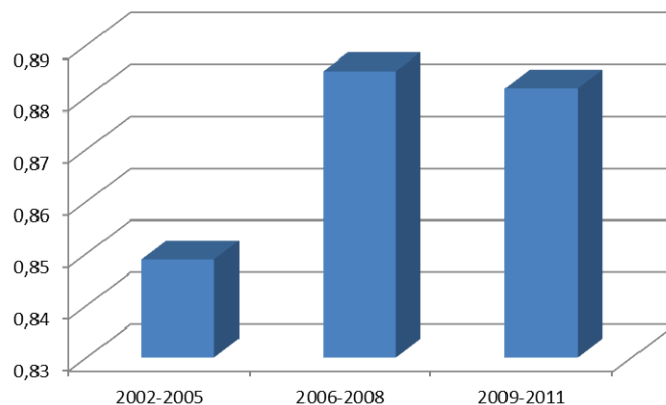
Dla danych eksploatacyjnych zebranych na podstawie informacji zawartych w dokumentacji prowadzonej w badanym systemie transportowym wyznaczono wartości wskaźnika gotowości obiektów technicznych (środków transportu) G_{OT} – określonego wzorem (3) – dla poszczególnych środków transportu eksploatowanych w badanym systemie oraz z podziałem na grupy wiekowe, przebieg kilometrowy i typ badanych środków transportu. Otrzymane wyniki przedstawiono na rysunkach 2-5.

Na rysunku 2 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla poszczególnych środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego.



Rys. 2. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu użytkowanych w analizowanym systemie transportowym
 Fig. 2. Values of availability GOT determined for transport means operated in the analysed transportation system

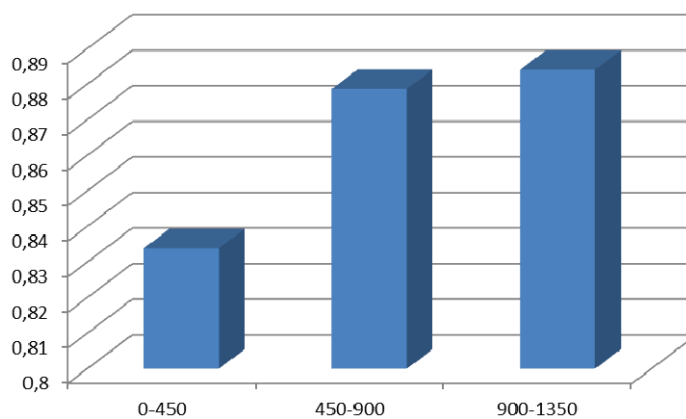
Na rysunku 3 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego – ze względu na rok produkcji.



Rys. 3. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu ze względu na rok produkcji

Fig. 3. Values of availability GOT determined for transport means in terms of manufacture year

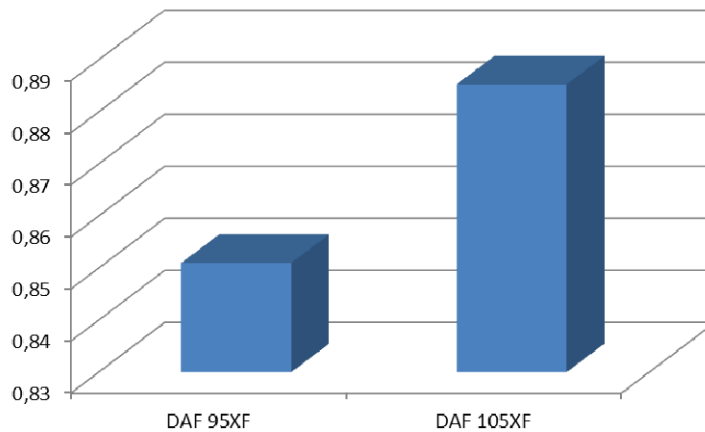
Na rysunku 4 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego – ze względu na przebieg kilometrowy (w tys. km).



Rys. 4. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu ze względu na przebieg kilometrowy (tys. km)

Fig. 4. Values of availability GOT determined for transport means in terms of kilometre course (thousand km)

Na rysunku 5 przedstawiono wartości wskaźnika gotowości wyznaczone dla środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego – ze względu na typ pojazdu.



Rys. 5. Wartości wskaźnika gotowości GOT wyznaczone dla środków transportu ze względu na typ pojazdu

Fig. 5. Values of availability GOT determined for transport means in terms of vehicle type

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie danych eksploatacyjnych oraz wyników badań wyznaczono wartości wskaźnika gotowości środków transportu eksploatowanych w badanym systemie transportu drogowego.

Wskaźnik G_{OT} jest podstawowym wskaźnikiem (podawanym w literaturze) wykorzystywanym do oceny gotowości obiektów technicznych (np. środków transportu) i uwzględnia typowe stany gotowości, tj. stan realizacji zadania przewozowego, stan naładunku, stan wyładunku, stan oczekiwania w zajezdni na realizację zadania przewozowego, czyli wyraża możliwość przystąpienia do realizacji zadania w dowolnej chwili t zarówno ze względu na gotowość obiektu technicznego (środka transportu), jak i gotowość operatora (kierowcy).

Największa wartość wskaźnika gotowości wyniosła $G_{OT} = 0,9206$ i dotyczy obiektu technicznego (środka transportu) oznaczonego kodem D15, natomiast najmniejsza wartość dotyczy obiektu oznaczonego kodem D01 i wynosi $G_{OT} = 0,6652$. Znaczna rozbieżność wyznaczonych wartości wynika z faktu, że pojazd D15 należy do grupy pojazdów najmłodszych, o niewielkim przebiegu, natomiast pojazd D01 jest pojazdem najstarszym spośród eksploatowanych w badanym systemie, z największym przebiegiem.

Następnie dokonano analizy wyznaczonych wartości wskaźnika gotowości badanych obiektów technicznych G_{OT} ze względu na rok produkcji, przebieg kilometrowy oraz typ pojazdu. W grupie pojazdów analizowanych ze względu na rok produkcji największym wskaźnikiem gotowości ($G_{OT} = 0,8850$) charakteryzowały się obiekty wyprodukowane w latach 2006-2008. W przypadku analizy gotowości obiektów technicznych ze względu na przebieg największym wskaźnikiem gotowości ($G_{OT} = 0,8840$) charakteryzowały się pojazdy z przebiegiem 900-1350 tys. kilometrów. Większa wartość wskaźnika gotowości pojazdów ty-

pu DAF 105 XF wynika z faktu, że pojazdy tego typu są nowsze, o mniejszych przebiegach w porównaniu z pojazdami typu DAF 95 XF.

Podsumowując, wskaźniki gotowości środków transportu eksploatowanych w badanym systemie przyjmują duże wartości (w przedziale $G_{OT} = 0,8339 \div 0,8852$). Oznacza to, że w badanym systemie zadania transportowe oraz procesy obsługowo-naprawcze są realizowane w sposób prawidłowy.

Analiza wartości wskaźnika gotowości środków transportu jest istotnym elementem umożliwiającym i ułatwiającym sterowanie złożonym procesem eksploatacji w sposób racjonalny i efektywny, ponieważ w przypadku spadku wartości wskaźnika gotowości poniżej przyjętej wartości dopuszczalnej można szybko i w łatwy sposób zauważyć nieprawidłowości w funkcjonowaniu obiektu (systemu) technicznego i zastosować odpowiednie działania naprawcze (podjąć odpowiednie decyzje sterowania procesem eksploatacji).

LITERATURA

- [1] BORGON J., JAŻWIŃSKI J., SIKORSKI M., WAŻYŃSKA-FIOK K.: Niezawodność statków powietrznych. ZETOM, Warszawa 1992.
- [2] HORECKI S.: Efektywność ekonomiczna eksploatacji pojazdów samochodowych w przedsiębiorstwie transportowym. WKŁ, Warszawa 1984.
- [3] JACYNA M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [4] JAŻWIŃSKI J., WAŻYŃSKA-FIOK K.: Bezpieczeństwo systemów. PWN, Warszawa 1993.
- [5] WAŻYŃSKA-FIOK K.: Podstawy teorii eksploatacji i niezawodności systemów transportowych. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
- [6] WOROPAY M., SZUBARTOWSKI M., MIGAWA K.: Model oceny i kształtowanie gotowości operacyjnej podsystemu wykonawczego w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2003.
- [7] WOROPAY M., ŻUREK J., MIGAWA K.: Model oceny i kształtowanie gotowości operacyjnej podsystemu utrzymania ruchu w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2003.
- [8] ŻUREK J.: Problemy gotowości techniki lotniczej. Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej. Tom 2, Rozdział 13, Wydawnictwo ITWL, Warszawa 1993.

ANALYSIS OF THE AVAILABILITY OF TRUCKS OPERATED IN THE SYSTEM OF INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT

Summary: In this article there is presented the availability of transport means in the selected system of road transportation. Availability of transport means has a significant influence on the capability of the transport task accomplishment and is maintained at a proper level due to realization of processes carried out within the logistic system on stands of a depot (servicing, repairing, diagnosing and supplying processes). The research object is a transportation-shipping company carrying loads on the territory of the European Union, Scandinavian countries and Russia. Based on the literature developed models which describing the availability of respondents means of transport for operational data and determined its value. The results of tests provide basis for elaboration of assumptions to build a mathematical model of availability of road transport means.

Key words: transport system, operation and maintenance process, availability