

**POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING**

1(1)/2013, 17-26

Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Marta CZARNOWSKA, Klaudiusz MIGAWA

**IDENTYFIKACJA PROCESU EKSPLOATACJI ŚRODKÓW
TRANSPORTU W SYSTEMIE TRANSPORTU DROGOWEGO**

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki identyfikacji procesu eksploatacji, realizowanego w wybranym systemie transportu drogowego. Jako obiekt badań wybrano przedsiębiorstwo transportowo-spedycyjne zajmujące się przewozem ładunków na terenie Unii Europejskiej, krajów skandynawskich i Rosji. Na podstawie wyników badań eksploatacyjnych zdefiniowano istotne stany analizowanego procesu oraz możliwe przejścia między tymi stanami. Następnie opracowano graf skierowany odwzorowania procesu eksploatacji oraz wyznaczono wartości wybranych parametrów opisujących badany proces. Rezultaty badań stanowią podstawę do założeń służących opracowaniu matematycznego modelu procesu eksploatacji środków transportu drogowego.

Słowa kluczowe: proces eksploatacji, system transportowy, transport drogowy

1. WPROWADZENIE

Współczesna technika i jej ciągły rozwój generują nowe problemy związane z wymaganiami stawianymi obiektom technicznym i sposobom ich eksploatacji w złożonych systemach technicznych. W pracy [1] autor zdefiniował system jako „*pewną funkcjonalną całość składającą się z takiej liczby elementów pozostających ze sobą w ściśle ustalonych powiązaniach (relacjach), która jest niezbędna do tego, by całość pełniła przypisane funkcje*”. Każdy system techniczny charakteryzuje się odpowiednimi właściwościami, które wynikają głównie z celu, jaki realizuje. Podczas definiowania danego systemu należy określić jego cel działania, a przy ocenie jakości działania trzeba uwzględnić poziom realizacji celu. Uwzględniając powyższą definicję systemu i konieczność określenia jego celowości, systemy transportowe należy rozumieć jako układ środków technicznych, organizacyjnych i ludzkich będących ze sobą w odpowiednich relacjach, które umożliwiają realizację zadań transportowych (przemieszczanie osób i/lub ładunków) w czasie i przestrzeni.

Proces eksploatacji obiektów technicznych realizowany jest w każdym istniejącym i funkcjonującym systemie technicznym. Przez pojęcie procesu eksploatacji rozumie się wszelkiego rodzaju działania organizacyjno-technologiczne oraz ekonomiczne ludzi z obiektami technicznymi, trwające od chwili ich

inż. Marta CZARNOWSKA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Koło Naukowe Transportowców, al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: czarnowska.marta@gmail.com

dr inż. Klaudiusz MIGAWA, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: klaudiusz.migawa@utp.edu.pl

uruchomienia do chwili ich zużycia i likwidacji [7]. Eksploatacja obiektów technicznych jest złożona i uwzględnia takie procesy składowe, jak [3, 5, 6, 8]:

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

Głównymi celami stawianymi systemom eksploatacji obiektów technicznych są zapewnienie urządzeniom racjonalnej i ekonomicznej pracy, przedłużenie okresu ich używalności i utrzymanie w stanie zdatności technicznej. Osiągnięcie tych celów możliwe jest w wyniku prawidłowego sterowania procesami realizowanymi w badanych systemach, np. z wykorzystaniem matematycznych modeli tych procesów. Pierwszym etapem opracowania matematycznego modelu procesu eksploatacji jest szczegółowa identyfikacja oraz opracowanie zdarzeniowego modelu tego procesu.

2. OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań jest rzeczywisty system eksploatacji środków transportu drogowego – przedsiębiorstwo transportowo-spedycyjne, realizujące samochodowe przewozy międzynarodowe. Badany system eksploatacji środków transportu złożony jest z podsystemu wykonawczego (PW) oraz podsystemu zapewnienia zdatności (PZZ). Podsystem wykonawczy składa się z podsystemów elementarnych typu operator-pojazd (kierowca-samochód ciężarowy), które bezpośrednio realizują przydzielone zadania przewozowe. W podsystemie zapewnienia zdatności realizowane są usługi techniczne, naprawy oraz diagnozowania stanu eksploatowanych pojazdów.

Nadrzędnym celem badanego systemu jest przewóz ładunków w wyznaczonym czasie, na terenie krajów Unii Europejskiej, krajów skandynawskich i Rosji. Dodatkowo w analizowanym systemie realizowane są usługi dla klientów zewnętrznych, dotyczące:

- diagnozowania i naprawy pojazdów,
- holowania pojazdów,
- wynajmu środków transportu.

Badany system transportowy dysponuje 16 ciągnikami siodłowymi marki DAF typu 95 XF i 105 XF oraz taką samą liczbą specjalistycznych naczep (chłodnie, kontenery). W tabeli 1 przedstawiono wykaz pojazdów eksploatowanych w badanym systemie transportowym. Ograniczenie marek i typów pojazdów eksploatowanych w badanym systemie transportowym umożliwia realizację procesów zapewnienia zdatności w sposób racjonalny i efektywny.

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

Table 1. Code marking, type, production year and mileage [km] of vehicles operated in the considered 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. OPIS PROCESU EKSPLOATACJI REALIZOWANEGO W OBIEKCIE BADAŃ

Wśród składowych procesu eksploatacji, realizowanego w badanym systemie transportowym, najbardziej istotne dla realizacji celu systemu są procesy użytkowania i zapewniania zdatności. Użytkowanie środków transportu to proces, w którym pojazdy (ciągniki siodłowe z naczepami) wraz z operatorami (kierowcy) realizują przydzielone przez dział transportu i logistyki zadania transportowe (przewóz ładunków, naładunek, wyładunek). Kierowca przed wyjazdem w trasę z działu transportu i logistyki pobiera podstawowe dokumenty, tj. dokument CMR, list przewozowy, dokumenty pojazdu oraz kartę drogową. W karcie drogowej kierowca wpisuje godziny rozpoczęcia i zakończenia jazdy, przebyte odcinki oraz ilość zużytego paliwa. W zależności od potrzeby, pojazdy zaopatrywane są w paliwo w zajezdni lub w trakcie realizacji zadania w stacjach paliw.

W przypadku uszkodzenia pojazdu w trakcie realizacji zadania, pojazd jest naprawiany na trasie przez kierowcę, mechaników zatrudnionych w systemie lub mechaników serwisu zewnętrznego (w zależności od rodzaju i zakresu uszkodzenia oraz odległości od zajezdni). W przypadku, gdy naprawa na trasie nie może być zrealizowana, uszkodzony pojazd jest holowany do zajezdni lub do serwisu zewnętrznego. Następnie pojazd oczekuje na naprawę. Czas oczekiwania jest uzależniony od wykonywanych w danym dniu napraw oraz dostępności części zamiennych. Wszelkie naprawy pojazdów uszkodzonych, diagnozowanie stanu oraz planowane obsługi techniczne, realizowane są w zajezdni na stanowiskach podsystemu zapewniania zdatności. Mechanik realizujący naprawę danego pojazdu wpisuje do zeszytu napraw informacje dotyczące: daty rozpoczęcia i zakończenia naprawy, rodzaju uszkodzenia, opisu wykonanych czynności, wykazu wymienionych części i zużytych materiałów.

Po powrocie pojazdu zdatnego do zajezdni, kierowca przekazuje do działu transportu i logistyki: dokumenty pojazdu, kartę drogową, dane z tachografu

oraz faktury za paliwo, opłaty drogowe, promowe itp. Pojazdy zdane po powrocie do zajezdni oraz pojazdy naprawione oczekują na placu zajezdni na realizację kolejnych zadań przewozowych. Wszystkie zadania przewozowe, realizowane przez poszczególnych kierowców, rejestrowane są na bieżąco w bazie danych. Poniżej przedstawiono fragment dwutygodniowego rozkładu jazdy jednego z podsystemów elementarnych (tab. 2). Każda nowa trasa oznaczana jest innym kolorem, natomiast kolorem czarnym oznaczana jest przerwa w realizacji zadania, wynikająca z postoju organizacyjnego, uszkodzenia, oczekiwania na naprawę lub naprawy.

Tabela 2. Przykładowy dwutygodniowy rozkład jazdy wybranego pojazdu eksploatowanego w badanym systemie transportowym

Table 2. Exemplary two-week ride schedule of a selected vehicle operated in the considered transportation system

		poniedziałek	wtorek	środa	czwartek	piątek	sobota	niedziela
		25-04-2011	26-04-2011	27-04-2011	28-04-2011	29-04-2011	30-04-2011	01-05-2011
D11	naładunek			Wustermark			Wustermark	
	wyładunek		Lębork		Berlin	Gardermoen		Świnoujście
		poniedziałek	wtorek	środa	czwartek	piątek	sobota	niedziela
		02-05-2011	03-05-2011	04-05-2011	05-05-2011	06-05-2011	07-05-2011	08-05-2011
D11	naładunek	Slupsk				Mannheim		Molnycke
	wyładunek			Gryfino		Alsheim		

4. ZDARZENIOWY MODEL PROCESU EKSPLOATACJI REALIZOWANEGO W OBIEKCIE BADAŃ

Obiekty techniczne (pojazdy) użytkowane w systemie transportowym wraz z operatorami (kierowcy), w trakcie realizacji procesu eksploatacji, przebywają w różnych stanach eksploatacyjnych tego procesu. W danej chwili t każdy obiekt techniczny może znajdować się tylko w jednym ze stanów eksploatacyjnych procesu [2]. Na podstawie identyfikacji analizowanego systemu transportowego i realizowanego w nim wielostanowego procesu eksploatacji środków transportu, wyznaczono i zdefiniowano istotne stany tego procesu:

S₁ – stan jazdy – stan, gdy obiekt techniczny wraz z operatorem realizują przydzielone zadanie transportowe, w szczególności dotyczy to przewozu ładunku (przejazdu wraz z ładunkiem) z punktu początkowego do punktu końcowego po wyznaczonej trasie, w wyznaczonym przedziale czasu;

S₂ – stan naładunku – stan, gdy obiekt techniczny wraz z operatorem realizują przydzielone zadanie transportowe, w szczególności dotyczy to przemieszczania ładunku z miejsca magazynowania na naczepę pojazdu;

S₃ – stan wyładunku – stan, gdy obiekt techniczny wraz z operatorem realizują przydzielone zadanie transportowe, w szczególności dotyczy to przemieszczania ładunku z naczepy pojazdu do miejsca magazynowania;

S₄ – stan postoju organizacyjnego – stan przerwy w realizacji zadania transportowego pomiędzy stanami jazdy. Wynika on bezpośrednio z rozporząd-

dzenia 561/2006, określającego wymogi dotyczące czasów jazdy i przerw w pracy kierowcy zawodowego oraz zasad rejestrowania tych czasów za pomocą tachografu;

S₅ – stan uszkodzenia na trasie – stan, gdy uszkodzony pojazd oczekuje na trasie na przybycie mechaników lub holownika;

S₆ – stan naprawy na trasie – stan, gdy uszkodzony pojazd naprawiany jest na trasie przez mechaników zajezdni lub serwisu zewnętrznego (w zależności od odległości do zajezdni);

S₇ – stan holowania – stan, gdy uszkodzony pojazd nie może być naprawiony na trasie; wówczas jest holowany do zajezdni lub do serwisu zewnętrznego (w zależności od odległości do zajezdni);

S₈ – stan oczekiwania na naprawę w zajezdni – stan, gdy uszkodzony pojazd oczekuje na placu zajezdni na rozpoczęcie procesów uzdatniania realizowanych na stanowiskach podsystemu zapewniania zdatności PZZ;

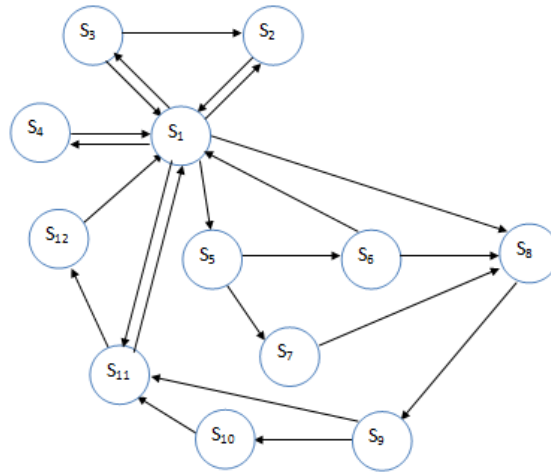
S₉ – stan naprawy lub realizacji okresowej obsługi technicznej w PZZ – stan, gdy na stanowiskach PZZ realizowane są czynności dotyczące przywracania zdatności pojazdom uszkodzonym oraz czynności obsługowo-kontrolne, zgodnie z instrukcjami i wymaganiami określonymi przez producenta pojazdów;

S₁₀ – stan diagnozowania w PZZ – stan, gdy obiekt techniczny (pojazd), przebywając na stanowiskach PZZ, podlega procesowi diagnozowania, którego celem jest kontrola zrealizowanych napraw i obsług technicznych;

S₁₁ – stan uzupełniania paliwa – stan, gdy realizowane są czynności dotyczące zaopatrywania obiektu technicznego (pojazdu) w paliwo (napędzanie zbiorników paliwa), na stanowiskach stacji paliw;

S₁₂ – stan oczekiwania na realizację zadania transportowego – stan, gdy zdatny obiekt techniczny (pojazd) wraz z operatorem (kierowca) oczekuje na przystąpienie do realizacji zadania transportowego, zgodnie z harmonogramem realizowanych przez system zadań transportowych.

Następnie wyznaczono możliwe przejścia między stanami analizowanego procesu eksploatacji środków transportu i zbudowano model zdarzeniowy tego procesu, przedstawiony w sposób graficzny na rysunku 1.



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

Fig. 1. Directed graph of the transport means operation process mapping in the considered transportation system

5. WYNIKI BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH

Dane eksploatacyjne dotyczące analizowanego procesu eksploatacji środków transportu pozyskano na podstawie informacji zawartej w dokumentacji eksploatacyjnej prowadzonej w badanym rzeczywistym systemie transportowym. Zebrane i opracowane dane dotyczą 16 obiektów technicznych eksploatowanych w badanym systemie od 24.04.2011 do 17.07.2011. W tabelach 3 i 4 oraz na rysunkach od 2 do 5 przedstawiono wyznaczone wartości wybranych charakterystyk liczbowych opisujących analizowany proces eksploatacji:

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

Tabela 3. Wartości charakterystyk liczbowych stanów procesu eksploatacji, wyznaczone dla wybranych środków transportu użytkowanych w badanym systemie transportowym

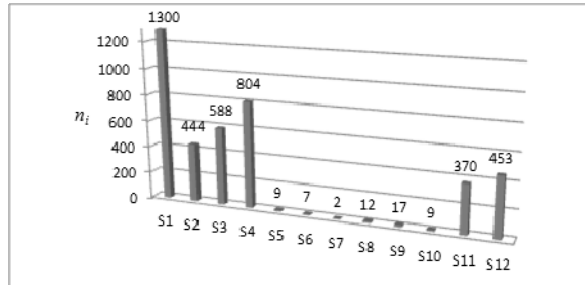
Table 3. Values of numerical characteristics of the operation process states determined for particular transport means operated in the considered transportation system

D04												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	106	48	48	63	1	1		4	4	2	32	18
v_i	0,324	0,147	0,147	0,193	0,003	0,003		0,012	0,012	0,006	0,098	0,055
t_i [h]	337,35	12,50	6,67	235,42	0,67	1,00		6,00	20,00	2,00	10,83	1359,54
T_i [h]	3,18	0,26	0,14	3,74	0,67	1,00		1,50	5,00	1,00	0,34	75,53
D05												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	81	48	72	47				1	1	1	15	29
v_i	0,275	0,163	0,244	0,159				0,003	0,003	0,003	0,051	0,098
t_i [h]	217,05	21,67	65,00	133,33				3,00	15,00	2,00	5,83	1529,17
T_i [h]	2,68	0,45	0,90	2,84				3,00	15,00	2,00	0,39	52,73
D06												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	105	12	12	68							20	25
v_i	0,434	0,050	0,050	0,281							0,083	0,103
t_i [h]	366,85	10,00	18,33	287,25							7,17	1302,50
T_i [h]	3,49	0,83	1,53	4,22							0,36	52,10
D07												
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	95	36	36	59	1	1					26	16
v_i	0,352	0,133	0,133	0,219	0,004	0,004					0,096	0,059
t_i [h]	316,55	12,50	15,00	249,37	0,75	0,50					9,50	1387,84
T_i [h]	3,33	0,35	0,42	4,23	0,75	0,50					0,37	86,74

Tabela 4. Wartości charakterystyk liczbowych stanów procesu eksploatacji, wyznaczone dla wszystkich środków transportu użytkowanych w badanym systemie transportowym

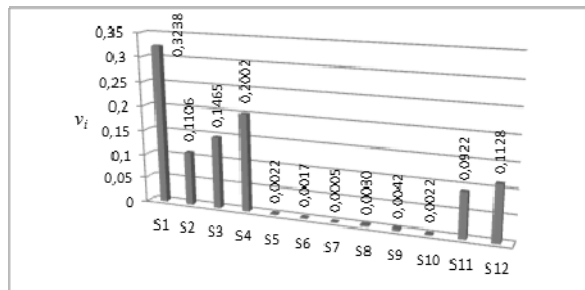
Table 4. Values of numerical characteristics of the operation process states determined for all transport means operated in the considered transportation system

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
n_i	1300	444	588	804	9	7	2	12	17	9	370	453
v_i	0,3238	0,1106	0,1465	0,2002	0,0022	0,0017	0,0005	0,0030	0,0042	0,0022	0,0922	0,1128
t_i [h]	4436,93	242,50	330,83	3924,70	5,83	19,50	1,33	17,25	121,00	11,00	134,08	22591,85
T_i [h]	3,41	0,55	0,56	4,88	0,65	2,79	0,67	1,44	7,12	1,22	0,36	49,87



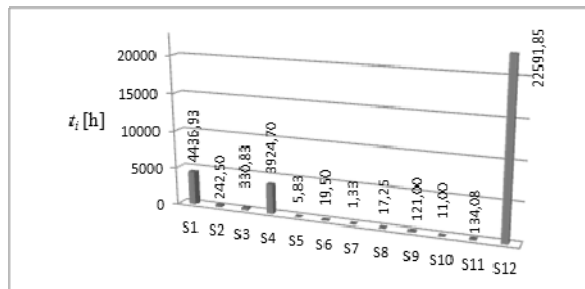
Rys. 2. Sumaryczne liczby wejść podsystemów elementarnych do stanów procesu eksploatacji realizowanego w badanym systemie transportowym

Fig. 2. Summary numbers of elementary subsystems entries into the operation process in the considered transportation system



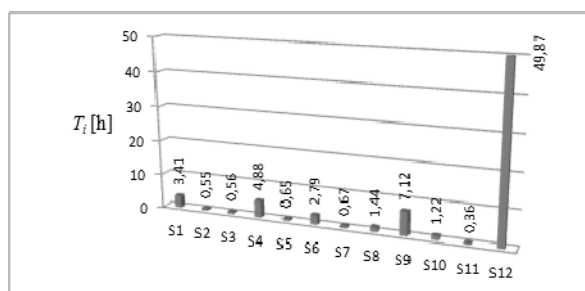
Rys. 3. Częstości występowania stanów procesu eksploatacji realizowanego w badanym systemie transportowym

Fig. 3. Frequency of the operation process states in the considered transportation system



Rys. 4. Sumaryczne czasy przebywania podsystemów elementarnych w stanach procesu eksploatacji realizowanego w badanym systemie transportowym

Fig. 4. Summary times of elementary subsystems presence in the operation process states in the considered transportation system



Rys. 5. Średnie czasy przebywania podsystemów elementarnych w stanach procesu eksploatacji realizowanego w badanym systemie transportowym

Fig. 5. Mean times of elementary subsystems presence in the operation process states in the considered transportation system

6. PODSUMOWANIE

Na podstawie wyników badań wybranego systemu transportu drogowego, opracowano model zdarzeniowy procesu eksploatacji środków transportu oraz wyznaczono wartości wybranych charakterystyk liczbowych opisujących stany tego procesu. Ze względu na możliwość realizacji zadania transportowego, stany badanego procesu eksploatacji, można podzielić na trzy grupy:

- stany dotyczące bezpośrednio realizacji zadań transportowych – stany S_1, S_2, S_3 ,
- stany dotyczące przerw w realizacji zadań transportowych, spowodowanych wymaganiami określonymi w przepisach dotyczących pracy kierowców oraz harmonogramem realizowanych zadań transportowych – stany S_4, S_{12} ,
- stany dotyczące realizacji procesów uzdatniania i zaopatrywania obiektów technicznych – stany od S_5 do S_{11} .

Duża liczba wejść do stanów grupy pierwszej oraz znaczny sumaryczny czas przebywania w stanie jazdy S_1 , a także niewielkie wartości sumarycznych liczb i czasów przebywania w stanach dotyczących niezdatności obiektów technicznych (stany od S_5 do S_{10}) mogą świadczyć o małej awaryjności i wysokiej gotowości użytkowanych pojazdów do realizacji przydzielonych zadań transportowych. Wysokie wartości liczb i czasów przebywania w stanach S_4 i S_{12} świadczą natomiast o potencjalnych możliwościach systemu transportowego do realizacji większej liczby zadań transportowych (w przypadku zatrudnienia dodatkowych kierowców). Należy jednak pamiętać o konieczności przeprowadzenia analizy ekonomicznej tego typu działań. Znaczne wartości czasów przebywania w stanie S_{12} (zarówno czasów sumarycznych t_i oraz czasów średnich T_i), spowodowane są przerwami w realizacji zadań transportowych zgodnie z harmonogramem przydzielonych zadań, ze względu na przepisy dotyczące pracy kierowców oraz okres urlopowy.

Przedstawione w artykule wyniki stanowią podstawę przygotowania i realizacji dalszych badań wybranego systemu transportu drogowego. W kolejnych etapach realizowanych prac wyniki te zostaną wykorzystane do opracowania matematycznego modelu procesu eksploatacji. Zastosowanie modelu matematycznego ułatwi analizę realizowanego procesu eksploatacji oraz umożliwi ocenę działania systemu transportowego.

LITERATURA

- [1] JACYNA M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [2] HORECKI S.: Efektywność ekonomiczna eksploatacji pojazdów samochodowych w przedsiębiorstwie transportowym. WKŁ, Warszawa 1984.
- [3] Praca zbiorowa pod redakcją M. WOROPAYA: Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Bydgoszcz-Radom 1996.
- [4] WOROPAY M., JAZDON A.: Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych. Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1984.
- [5] WOROPAY M., SZUBARTOWSKI M., MIGAWA K.: Model oceny i kształtowanie gotowości operacyjnej podsystemu wykonawczego w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2003.
- [6] WOROPAY M., ŻUREK J., MIGAWA K.: Model oceny i kształtowanie gotowości operacyjnej podsystemu utrzymanie ruchu w systemie transportowym. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2003.
- [7] ŻÓLTOWSKI B.: Podstawy diagnostyki technicznej. Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1996.
- [8] ŻÓLTOWSKI B., NIZIŃSKI S.: Modelowanie procesów eksploatacji maszyn. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2010.

IDENTIFICATION OF THE PROCESS OF TRANSPORT MEANS OPERATING IN ROAD TRANSPORT SYSTEM

Summary: In this article there are presented results of the process of operation and maintenance identification on the basis of a selected system of road transportation. The research object is a transportation-shipping company carrying loads on the territory of the European Union, Scandinavian countries and Russia. Significant states of the analyzed process and possible transitions from state to state have been identified on the basis of the experimental tests results. Also a directed graph of the operation process mapping has been developed as well as values of selected parameters, describing the considered process, has been determined. The results of tests provide basis for elaboration of assumptions to build a mathematical model of road transport means operation process.

Key words: operation process, transport system, road transport