

Paweł DROŹDZIEL

WYBRANE PARAMETRY PRACY I ROZRUCHU SILNIKA SPALINOWEGO JAKO ELEMENTY KRYTERIUM OCENY SYSTEMU TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO

THE CHOSEN PARAMETERS OF THE IC ENGINE WORK AND START-UP AS THE ELEMENTS OF THE VEHICLE TRANSPORT SYSTEM EVALUATION CRITERION

Porównywanie samochodowych systemów transportu towarowego można dokonywać w oparciu o różnorodne kryteria i stosować w tym celu różne miary efektywności. W przypadku dysponowania podobnymi pojazdami oraz przy istnieniu porównywalnych warunków ekonomicznych o przewadze danego systemu transportu decydują czynniki zależne od warunków eksploatacji. W artykule przedstawiono propozycję kryterium oceny systemu transportu samochodowego, którego podstawą są wybrane parametry pracy silnika spalinowego i jego rozruchu. Kryterium to opracowano na podstawie analizy statystycznej wyników długotrwałych badań eksploatacyjnych pojazdów dostawczych.

Słowa kluczowe: system transportowy, kryterium oceny, rozruchy silnika

The comparison of vehicle transport systems could be done basing on variable criteria and using different measures of effectiveness. The factors dependent on the maintenance conditions are crucial for the chosen transport system when the transport companies have similar vehicles at their disposal and comparable economic situation.

This article describes a transport system evaluation criterion. It is based on the statistic analysis of the random variables, which describes the vehicle operation, its engine work and the start-up. These variables are gathered during the trucks long lasting maintenance investigation.

Keywords: transportation system, evaluation criterion, start-up engine

1. Wstęp

Przy porównywaniu samochodowych systemów transportu stosuje się różnorodne kryteria ocen i związane z nimi miary efektywności. Jedne z kryteriów wynikają z uwarunkowań ekonomiczno-prawnych (np.: zysk z działalności, koszty paliwa, itd.). Inne zależą od czynników technicznych uwarunkowanych zastosowanymi środkami transportu (ładowność pojazdu, częstotliwość obsługi i napraw itd.). Kolejne kryteria ocen mają źródło w normach emisji składników toksycznych i hałasu. Ponadto stosowane są miary i kryteria związane z czynnikami zależnymi od warunków eksploatacji pojazdów (długość tras przejazdu, warunki przejazdów itd.) [3,6,7].

W przypadku dysponowania podobnymi pojazdami oraz przy istnieniu porównywalnych warunków ekonomicznych o przewadze danego systemu transportu decydują czynniki zależne od warunków eksploatacji. Istnieje więc praktyczna potrzeba rozwijania i udoskonalania kryteriów, które są bezpośrednio związane z warunkami eksploatacji pojazdu. Umożliwi to porównanie oraz ocenę różnorodnych samochodowych systemów transportowych [4,5].

1. Introduction

We can use different criteria of estimation and connected with them measures of effectiveness to compare the vehicle transport systems. Some of them are the results of the economic and legal conditions, for example the profits from an activity, the fuel costs etc. Others are the results of the technical factors of used means of transport (the capacity of the vehicle, the frequency of services and repairs). Other criteria are connected with the norms of the noise and the emission of the toxic compounds. The additional measures and criteria are relevant to the factors dependent on the maintenance conditions of the vehicles (the distance covered by the vehicle, the travel conditions) [3,6,7]. The factors dependent on the maintenance conditions are crucial for the chosen transport system when the transport companies have similar vehicles at their disposal and comparable economic situation [4,5].

A proposal of the new elements of the transport system evaluation criterion is presented in the article. It is based on the statistic analysis of the trucks long lasting maintenance investigation.

W artykule przedstawiono propozycję nowych elementów w kryterium oceny systemu transportu samochodowego, którego podstawą są wybrane parametry pracy silnika spalinowego i jego rozruchu. Kryterium to opracowano na podstawie analizy statystycznej wyników długotrwałych badań eksploatacyjnych pojazdów dostawczych.

2. Nowe elementy przy ocenie systemu transportu

Oczywiste jest, że warunki eksploatacji samochodu wpływają bezpośrednio na jego funkcjonowanie oraz na pracę i rozruchy zamontowanego w nim silnika spalinowego. Analiza parametrów określających pracę pojazdu i silnika spalinowego oraz parametrów związanych z rozruchami silnika umożliwia porównanie warunków eksploatacji, a tym samym ocenę samochodowych systemów transportu.

Dlatego też proponowane w niniejszej pracy elementy kryterium oceny systemu transportowego opierają się na analizie porównawczej parametrów statystycznych zmiennych losowych opisujących wybrane wielkości charakteryzujące pracę pojazdu i silnika, w szczególności jego rozruchy, względem przyjętych a priori wartości progowych. Do parametrów takich zaliczyć możemy: czas pracy pojazdu, czas działania silnika, czas postoju pojazdu z wyłączonym silnikiem podczas dnia pracy, przebieg kilometrowy samochodu pomiędzy dwoma rozruchami silnika, czas trwania rozruchu, wartość prądu rozruchu, temperaturę silnika w chwili rozruchu i inne [1,2].

Analizowane parametry określa się na podstawie badań eksploatacyjnych pojazdów. Wartości progowe można założyć z góry uwzględniając doświadczenia badacza lub przyjęc na podstawie opublikowanych wyników badań innych ekspertów. Schemat oceny systemu transportowego z wykorzystaniem parametrów pracy pojazdu oraz działania i rozruchu silnika przedstawiono na rysunku 1.

Należy w tym miejscu zaznaczyć, dlaczego w szczególności sposób zwrócono uwagę na parametry rozruchu silnika spalinowego. Podczas rozruchu zachodzi bowiem kilka negatywnych zjawisk. Po pierwsze, obserwuje się zwiększoną intensywność zużycia się par tribologicznych silnika, będącą wynikiem bezwładności układu olejenia, dużej lepkości oleju smarującego oraz zbyt małej prędkości względnej przemieszczających się powierzchni. Po drugie, ze względu na niekorzystne warunki spalania mieszanki paliwowo-powietrznej w cylindrach silnika, podczas rozruchu występuje znaczna emisja składników toksycznych spalin. Po trzecie przeciążenia obserwowane w układzie elektrycznym mogą powodować nieprawidłowości w działaniu układów elektronicznych pojazdu.

3. Zastosowanie proponowanych parametrów w ocenie systemu transportu

Pierwszym krokiem przy zastosowaniu proponowanych parametrów jest ustalenie ich wartości progowych. Na podstawie analizy literatury zagadnienia zaproponowano pięć różnych parametrów [6,7]. Przedstawiono je w tabeli 1 wraz z wartościami progowymi i odpowiadającymi im słownymi określeniami.

W dalszej kolejności przeprowadzono badania eksploatacyjne pojazdów użytkowanych przez Poczta Polską w Lublinie. Były to samochody ciężarowe STAR 1142 oraz samochody dostawcze LUBLIN. Samochody dostawcze LUBLIN dostarczały przesyłki pocztowe do lokalnych centrów logistycznych. Samochody

2. The new elements in the transport system evaluation

It's widely recognized that the vehicle maintenance conditions influence directly its operation parameters and its engine work and the start-up parameters. The analysis of these parameters enables the comparison of the maintenance conditions. It allows to estimate the vehicle transport system. That is why this article proposes a criterion of the transport system evaluation based on a comparative analysis of the statistic parameters of random variables, which describes the vehicle operation, its engine work and the start-up. This comparative analysis uses liminal values of the chosen parameters such as: the vehicle work time, the engine work time, the engine standstill time, the distance covered by the vehicle between the consecutive start-ups of the engine, the time of the engine start-up, the value of the current consumed by a starter during the engine start-up, the engine temperature during the start-up etc [1,2].

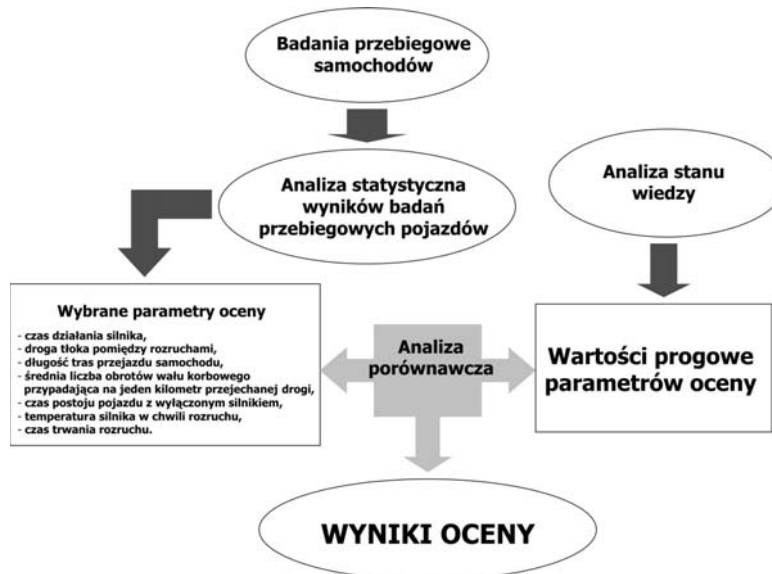
The description of the analyzed parameters is based on the vehicle maintenance researches. The liminal values can be accepted when based on the investigator's experience or the published results of other researchers. The fig. 1 shows the schema of the vehicle maintenance system evaluation using the vehicle operation, its engine work and start-up parameters.

We must state why the attention is paid to the vehicle start-up. A lot of negative processes take place during the vehicle engine start-up. We can observe the increased insensitivity of the tribological engine units' wear, which is caused by the inertia of the engine lubrication system, the viscosity of the engine oil and too low relative velocity of the moving surfaces. Besides, there is higher emission of toxic exhausts because of the unfavourable combustion conditions of the air-fuel mixture in the engine cylinders. Additionally the overloads in the vehicle electric system connected with the start-up can cause the faultiness in the engine electronic system. That is why the information about the start-ups is crucial during the estimation of the vehicle transport systems effectiveness.

3. The use of the proposal parameters into transport system evaluation

The first step in using the proposed criterion was to chose the characteristic the choice parameters and to estimate their liminal values. Basing on the analysis of the literature, five parameters were proposed [6,7]. They are shown in table 1 with the liminal values and the respond verbal definitions.

The author carried on some operational researches of STAR 1142 and LUBLIN vehicles used by Polish Post Branch in Lublin. The LUBLIN delivery trucks carry the postal matters from the local posts to the regional logistic centers. On the other hand the STAR trucks of the lager load capacity are responsible for the transport among these centers [1].



Rys. 1. Proponowany schemat oceny systemu transportowego
 Fig 1. The schema of the vehicle maintenance system evaluation

ciężarowe STAR, charakteryzujące się większą ładownością przewożyły przesyłki pomiędzy tymi centami.

Samochody ciężarowe STAR były produkowane do roku 1999 przez Fabrykę Samochodów Ciężarowych w Starachowicach. Samochód ten charakteryzuje się ładownością 8,5 tony. Jednostką napędową tego pojazdu jest silnik 359M. Jest to 6-cylindrowy silnik o ZS z wtryskiem bezpośrednim, o pojemności 6.842 dm³, skoku tłoka 120 mm oraz średnicy cylindra 110 mm. Maksymalny moment obrotowy wynosi 440 Nm przy 1900 obr/min, zaś maksymalna moc to 110 kW przy 3100 obr/min

Samochód dostawczy LUBLIN produkowany był przez Daewoo Motor Polska (obecnie INTRALL Polska). Ładowność tego pojazdu to 1.1 tony. W samochodzie tym zamontowano silnik 4CT90. Jest to 4-cylindrowy silnik o ZS i wtrysku pośrednim, produkowany przez WSK „Andoria” w Andrychowie. Pojemność tego silnika wynosi 2.417 dm³, skok tłoka to 95 mm, średnica cylindra 90mm, maksymalna moc 63.5 kW przy 4100 obr/min, zaś maksymalny moment to 195 Nm przy 2500 obr/min.

W celu zarejestrowania podczas eksploatacji wybranych parametrów pracy pojazdów oraz ich silników zamontowano własne układy pomiarowe. Mierzone sygnały były rejestrowane w specjalnie zaprojektowanym i zbudowanym urządzeniu elektronicznym. Uzyskane dane były przetwarzane w trybie off-line przy użyciu komputera klasy PC. Wyniki badań eksploatacyjnych zostały poddane analizie statystycznej, która pozwoliła na opracowanie związków pomiędzy ocenianym systemem transportu a warunkami pracy pojazdów i silników.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej opracowano parametry statystyczne wybranych wielkości charakteryzujących pracę pojazdu i silnika oraz jego rozruchów. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

Uzyskane wartości analizowanych parametrów porównano z ich wartościami progowymi. Na podstawie tego można stwierdzić, że

1. Samochody LUBLIN 1 oraz LUBLIN 2 wykonują krótkie trasy przejazdu. Czasy nieprzerwanego działania ich silników są niedługie, zaś postoje samochodów z wyłączonym silnikiem przeciętne. Występują natychmiastowe i gorące rozruchy silnika.

The truck Factory „STAR” in Starachowice Poland had produced the STAR truck till 1999. The maximum load of the STAR truck is 8.5 tons, the LUBLIN truckload is 1,1 tons. The STAR vehicle has a 359M diesel engine. The engine displacement: 6-cylinder in-line, the direct injection, 6.842 dm³, the stroke/diameter 120/110, the max. torque 440 Nm at 1900 rpm, the max. power 110 kW at 3100 rpm. The delivery truck LUBLIN, produced by Daewoo Motor Poland (now INTRALL Poland), has maximum payload of 1100 kg. The 4CT90 engine is mounted in the LUBLIN vehicle. The 4CT90 engine is a 4-cylinder diesel engine produced by the engine factory „Andoria” located in Andrychów, Poland. The engine displacement: the indirect injection, 2.417 dm³, the stroke/diameter 95/90, the maximum power: 63.5 kW at 4100 rpm, maximum torque: 195 Nm at 2500 rpm.

So as to record the working parameters of the investigated vehicles and their engines during the maintenance, the standard sensors and the measurement devices mounted on the vehicle can be used or some other additional measurement systems must be installed. Measured signals can be recorded in the processing and recording device, designed especially for this purpose. Gathered engine data can be later processed off-line using a PC computer. The results of the operational experiments, after processing, should be statistically analyzed using special statistics software. The statistical analysis of the recorded parameters provides much more information about the correlation between the transport system and the working conditions of the trucks and their engines.

Basing on the statistic analysis of the gathered data, the statistic parameters describing the working parameters of the vehicles, their engines and their start-ups were estimated. The results of those calculations are shown in table 2.

Basing on the results of the statistical analysis the author stated that:

1. The LUBLIN 1 and LUBLIN 2 vehicles run short routes. The engine work times are short and the engine standstill times are of average duration. The immediate and hot start-ups occur.

2. Samochody STAR 1 oraz STAR 2 wykonują trasy przejazdu o normalnej długości. Czasy nieprzerwanego działania ich silników są średnie, zaś postoje samochodów z wyłączonym silnikiem przeciętne. Występują natychmiastowe i ciepłe rozruchy silnika.

2. The STAR 1 and STAR 2 vehicles run average routes. The engine work times are average and the engine standstill times are of average duration. The immediate and warm start-ups occur.

Tab. 1. Wartości progowe wielkości charakterystycznych
Tab. 1. The liminal values of chosen parameters

Wyróżniony parametr Specific parameters	Wartość progowa i określenie słowne Liminal values and verbal definition			
Czas działania silnika Engine work time	Poniżej 10 min Less than 10 min	10 min- 20 min From 10 min to 20 min	Powyżej 20 min More than 20 min	
	Niedługi Short time	Średni Average time	Długi Long time	
Czas postoju pojazdu wyłączonym silnikiem Engine standstill time	Do 10 min Less than 10 min	10 min –20 min From 10 min to 20 min	Powyżej 20 min More than 20 min	
	Krótkotrwały Of short duration	Przeciętny Average duration	Długotrwały Long-lasting duration	
Długość trasy przejazdu pojazdu Distance covered by the vehicle	Poniżej 10 km Less than 10 km	10 km- 30 km From 10 km to 30 km	Powyżej 30 km More than 30 km	
	Krótkie trasy Short routs	Pośrednie trasy Average routs	Długie trasy Long routs	
Temperatura silnika w chwili rozruchu Engine temperature during start-up	Poniżej 0°C Less than 0°C	0°C – 30°C From 0°C to 30°C	30°C – 60°C	Powyżej 60°C More than 60°C
	Rozruchy w niskich temperaturach Start-up in negative temperature	Chłodne rozruchy Cold start-up	Ciepłe rozruchy Warm start-up	Gorące rozruchy Hot start-up
Czas trwania rozruchu Time of engine start-up	Poniżej 3 sek. Less than 3 sec.	Powyżej 3 sek. More than 3 sec.		
	Natychmiastowy Immediate	Długotrwały Of long standing		

Tab. 2. Wyniki analizy statystycznej wyróżnionych parametrów
Tab. 2. The results of statistical analysis of chosen parameters

Wyróżniony parametr Specific parameters	Samochód Vehicle							
	LUBLIN 1		LUBLIN 2		STAR 1		STAR 2	
	średnia Mean value	odchylenie standardowe Standard deviation	średnia Mean value	odchylenie standardowe Standard deviation	średnia Mean value	odchylenie standardowe Standard deviation	średnia Mean value	odchylenie standardowe Standard deviation
Czas działania silnika Engine work time [min]	7.9	8.3	8.6	8.6	19.1	29.2	-	-
Czas postoju pojazdu z wyłączonym silnikiem Engine standstill time [min]	10.9	27.6	10.2	21.5	12.9	21.1	-	-
Długość trasy przejazdu pojazdu Distance covered by the vehicle [km]	6.8	9.3	5.9	7.8	28.6	37.2	27.2	36.5
Temperatura silnika w chwili rozruchu Engine temperature during start-up [°C]	79.1	15.7	80.4	18.6	38.5	27.8	38.2	28.0
Czas trwania rozruchu Time of engine start-up [sek]	0.38	0.14	0.37	0.20	2.81	2.26	2.90	2.34

4. Wnioski

Zaproponowane w niniejszym artykule elementy kryterium oceny systemu transportowego opiera się na analizie porównawczej parametrów statystycznych zmiennych losowych opisujących wybrane wielkości charakteryzujące pracę pojazdów i silników, w szczególności ich rozruchów, względem przyjętych a priori ich wartości progowych. Pozwala to na wszechstronniejsze opiniowanie samochodowych systemów transportowych.

Na podstawie przedstawionych w pracy wyników należy stwierdzić, że występujące warunki eksploatacji pojazdu w badanym systemie transportu Poczty Polskiej w Lublinie są właściwe. Dotyczy to szczególnie minimalizowania jego negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne. Świadczy to o wysokiej kulturze techniczno-organizacyjnej tej firmy.

5. References

- [1] Drożdziel P., Krzywonos L., Pieczywek P.: *An expert characteristic of engine start-ups during vehicle maintenance*. 3rd International Conference Road and Urban Transport and Sustainable Development CMDTUR 2005, University of Žilina, Žilina, Slovak Republic, p. 34-39.
- [2] Drożdziel P., Liščák Š.: *The chosen problems of commercial truck maintenance*, EDIS- Žilina University publisher, Žilina, 2005.
- [3] Gasiński L., Kaszuba R.: *Jakość eksploatacji pojazdów- uwarunkowania i sterowanie jakością*. Materiały Konferencyjne KONMOT'96. Tom. 2. Politechnika Krakowska. Kraków, 1996. p. 47-52.
- [4] Oziemski S.: *Efektywność eksploatacji maszyn. Podstawy techniczno-ekonomiczne*. Wyd. ITE. Radom, 1999.
- [5] Slater A.: *Specification for a dynamic vehicle routing and scheduling system*. International Journal of Transport Management. Elsevier Science Ltd., 2002. p. 29-40.
- [6] Taylor M. A. P., Woolley J. E., Zito R.: *Integration of global positioning system and geographical information systems for traffic congestion studies*. Transportation Research Part C. 8 (2000). Elsevier Science Ltd. 2000, str. 257-285.
- [7] Urs M. Mohr M., Forss A.M.: *Comprehensive particle characterization of modern gasoline and diesel passenger cars at low ambient temperature*. Atmospheric Environment. Elsevier Ltd. 2004, str. 107-117.

4. Summary

The elements of the criterion of the vehicle transport system evaluation presented in this article is based on the comparative analysis of the statistic parameters of random variables, which describes the vehicle operation, its engine work and the start-up. This comparative analysis uses the liminal values of the chosen parameters. It provides possibilities for creating more comprehensive opinions about the vehicle transport systems.

Basing on the results of the researches showed in this article we can state that the vehicle maintenance conditions in Polish Mail transport system are proper. In these conditions the negative phenomena occurring inside the engine and their unfavourable effects on the environment are minimized. They testify high technical-organization standards of the Polish Mail, Branch in Lublin.

Dr inż. Paweł DROŹDZIEL

Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 Lublin
e-mail: p.drozdziel@pollub.pl
