ANALYSYS OF RELIABILITY AND COST OF REPAIRS OF TRUCKS UNDER LONG-TERM LEASE CONDITIONS

ANALIZA NIEZAWODNOŚCI I KOSZTÓW NAPRAW SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH W WARUNKACH WYNAJMU DŁUGOTERMINOWEGO

Artur Dmowski¹⁾, Piotr Ignaciuk²⁾,
Marcin Ślęzak³⁾, Andrzej Niewczas³⁾,

¹⁾Polska Spółka Gazownictwa, ²⁾Politechnika Lubelska,

³⁾Instytut Transportu Samochodowego

e-mail: artur.dmowski@psgaz.pl, p.ignaciuk@pollub.pl,
marcin.slezak@its.waw.pl, andrzej.niewczas@its.waw.pl

Abstract: The article presents the results of the reliability tests of three makes of trucks. They used samples of 30 vehicles of each make. The vehicles were used by transport companies on a rental basis. The analysis omitted defects of the body-work of the vehicles as the component unrelated to a particular make. The first part of the analysis characterized operating process in respect to mileages and operating time. Then the analysis of the reliability of vehicles and their components was conducted taking into account the mileages till the first recorded defect and separately inter-repair periods' mileages. The analyses presented are part of a larger work, which aims to develop a method for evaluating the operational quality of trucks from the point of view of the owner of the rental vehicles.

Keywords: reliability, transport, truck, maintenance cost

Streszczenie: W artykule zaprezentowano wyniki badań niezawodności samochodów ciężarowych trzech marek. Wykorzystano próbki liczące 30 sztuk pojazdów każdej marki. Pojazdy były użytkowane przez firmy transportowe na zasadach wynajmu. W analizie pominięto uszkodzenia zabudowy pojazdów jako komponentu niezwiązanego z daną marką. W pierwszej części analizy scharakteryzowano proces eksploatacji w aspekcie przebiegów i czasu użytkowania. Następnie przeprowadzono analizę niezawodności pojazdów oraz ich podzespołów na podstawie przebiegów do pierwszego uszkodzenia oraz osobno na podstawie przebiegów międzynaprawczych. Prezentowane analizy są częścią większej pracy, której celem jest opracowanie metody oceny jakości eksploatacyjnej samochodów ciężarowych z punktu widzenia właściciela wynajmującego pojazdy.

Słowa kluczowe: niezawodność, transport samochodowy, samochód ciężarowy, koszt utrzymania

ANALYSYS OF RELIABILITY AND COST OF REPAIRS OF TRUCKS UNDER LONG-TERM LEASE CONDITIONS

1. Introduction

The paper presents results of the operational reliability tests of trucks of three manufacturers. The operating conditions of vehicles have been characterized. The paper presents the results of reliability evaluation based on operational mileage till the first defect occurring. The vehicle mileages have also been analyzed between the repairs and the frequency of failures in relation to the operational mileage and the operating time. The analysis of the reliability has been compared with the observation results of repair costs. In conclusion the paper sets out directions for further work to develop efficient methods for evaluating operational efficiency of trucks.

2. Object of the study

The 90 vehicles of the popular car manufacturers were tested, 30 cars of each make. They were medium capacity trucks: IVECO ML 100, M.A.N TGL 12.180 and Mercedes-Benz Atego with the coachwork adapted for the distribution of food products. In terms of transport capabilities they are comparable vehicles. These cars were rented by the distribution companies, which in exchange for the use of a vehicle made monthly payment of fees to the owner – the hiring out entity. The owner, for his part undertook to maintain vehicles in the roadworthy condition, and in case of the break down, the user would provide a replacement car. The user for his part, in addition to the fees, bore only the cost of fuel, windshield washer fluid and AdBlue fluid. The data used in the analysis was collected from the owner based on his internal operational documentation. The authors did not have any influence over the method of operation of the vehicles. The owner noted all the events associated with the damage to the vehicles, their repairs and unscheduled technical inspections - that generated the costs associated with maintaining the vehicles. Conducting a comparative analysis of vehicles the authors omitted the costs associated with coachwork repairs (the component unrelated to the make of the vehicle) and costs associated with planned technical inspections and registration of vehicles.

3. Characteristics of the operating process

The groups of vehicles covered by the research group were operated in three regions of Poland on the distribution routes of different lengths. The average mileage of Mercedes was over 221 thousand km, the M.A.N over 172 thousand km, and Iveco cars 157 thousand km. In the test under scrutiny the Mercedes and Iveco cars were observed in a similar time period, i.e. over respectively 56 and 55 months. While the M.A.N cars were observed during 48 months.

The charts illustrating the comparison of the total observed mileages and operating time periods are shown in Figures 1 and 2. While the Fig. 3 shows the average monthly mileages as a measurement of the intensity of use of vehicles. It can be noticed that they are proportional to the average total mileages.

Fig. 1. Operating mileages of the vehicles tested

Fig. 2. Operating time of the vehicles tested

Fig. 3. Comparison of the average monthly mileages of the vehicles

4. Analysys of reliability

The defects of the commercial vehicles limit the profit of the owner. However, from the point of view of the hiring user they are only the cause of complications interfering with organizational flow of the haulage work. The user does not bear the costs of repairs, in return for the damaged vehicle he receives a replacement car. But from the point of view of both entities (the owner and user) the defects adversely affects the quality of services. Comparing the reliability of the test vehicles it was decided to differentiate between scores on reliability resulting from the first defect of the vehicle and reliability resulting from the mileages between repairs. The reliability resulting from the first defect is a direct measure of the quality of the design and manufacture of the vehicles by the manufacturer. In this aspect, the reliability level is not affected by the quality of the repairs carried out. The unreliability of the individual vehicles and their systems was approximated by two-parameter Weibull distribution. The results are shown in Figures 4 to 9. The analysis of mileages till the first defect for entire vehicles shows that the most reliable vehicle is a Mercedes, while Iveco and M.A.N vehicles by are comparable (especially the engine, including a drive system - Fig. 5 and the electrical system- Fig. 9).

The function of unreliability till the first failure of entire vehicles (Fig. 4) shows that 50% of the population of tested vehicles should fail at the mileage, of approx.: 36000 km for Iveco, 47000km for M.A.N. and 73000 for Mercedes.

Fig. 4. Comparison of the unreliability of vehicles according to the criterion of the first defect

Fig. 5. Comparison of the unreliability of vehicles according to the criterion of the first defect of the engine and drive system

Fig. 6. Comparison of the unreliability of vehicles according to the criterion of the first defect of the exhaust system and the exhaust after-treatment system

Fig. 7. Comparison of vehicles unreliability according to the criterion of the first defect of the braking and the ABS systems

Fig. 8. Comparison of the vehicles unreliability according to the criterion of the first defect of the vehicle's suspension

Fig. 9. Comparison of the vehicles unreliability according to the criterion of the first defect of the electrical system

To sum up the analysis of reliability, according to the criterion till the first defect, the Fig. 10 summarizes the recorded moments of the first defect - the first repair for the tested vehicles and their components. It has been shown that Iveco and M.A.N manufacturers are comparable in this respect while the Mercedes brand has a higher reliability.

Fig. 10. Summary of the mileages till the first failure of the vehicles as a whole, and the selected functional systems

A complete evaluation of the reliability of cars as repairable objects requires taking into account the inter-repair mileages. The Fig. 11 illustrates the unreliability functions of the tested vehicle determined based on the average inter-repair mileages. In this respect the best make proved to be Mercedes, then M.A.N. and then Iveco. Considering the unreliability function according to the inter-repair mileages criteria described by Weibull distribution it can be noted that 50% of the vehicles will fail after driving about: 4300 km for Iveco, 5800 km for M.A.N and 6700 km for Mercedes.

Fig. 11. Comparison of the vehicles unreliability according to the criterion of inter-repair mileages

The analysis conducted determined the average number of repairs per 100 thousand km of the mileage (Fig. 12). As can be seen in both cases the highest number of repairs characterizes the Iveco trucks, and the lowest the Mercedes. If one makes an assumption that the average time to repair vehicles of all makes is the same (in practice its length is determined mainly by the waiting time for spare parts – and not a physical time of carrying out the repairs), then the graph shown in Fig. 12 illustrates the mean time to repair vehicles tested related to the mileage. It is therefore an indirect comparison of the technical readiness of vehicles, understood as the average probability of being road-worthy during operation. Based on this it can be concluded that the highest readiness have vehicles from Mercedes, followed by M.A.N, and the lowest - Iveco.

Fig. 12. The number of repairs per 100000 km of mileage

5. Analysis of the costs of repairs

From the point of view of the entity hiring out the vehicles - the most important effect of defects are the costs associated with their removing – the repairs. Fig. 13 shows histograms of cumulative distributions of the costs of repairs of vehicles tested. The numerical summary of the average cumulative costs of repairs and their standard deviations are shown in Table 1. The presented data shows that the highest maintenance costs were generated by M.A.N vehicles and the lowest by Mercedes.

Table 1. Summary of the average cumulative costs of repairs and their standard deviations

Vehicle's make	Average cumulative repair costs [PLN]	Standard deviation [PLN]
IVECO ML 100	38 073,64	20 208,04
MAN TGL 12.180	42 301,09	15 641,65
Mercedes Atego	21 917,23	6 590,40

Fig. 13. Comparison of the average cumulative costs of repairs of the vehicles tested

The above costs being considered include total recorded vehicles mileages. Because these mileages are different, so the summary costs can not be the basis for direct comparisons. To make a comparison the authors used to the costs related to the mileage segment of 10 000 km and operating time period equal to one month (Fig. 14 and 15). Table 2 summarizes the numerical values of repair costs related to the mileage of 10 000km and the operating time of one month for the tested vehicles respectively..

Table 2. Summary of the costs of vehicles repairs referenced to the mileage of 10 000 km and an operating time of 1 month

Vehicle's make	Costs attributable to 10 000 km of [PLN/10000 km]		Repair costs attributable to one month of operation [PLN/month]	
	Average	Standard Deviation	Average	Standard Deviation
IVECO ML 100	2 476,88	1 388,44	682,55	341,11
MAN TGL 12.180	2 511,30	1 034,07	887,44	323,54
Mercedes Atego	977,22	252,84	392,49	119,60

As evident from the analyzes the lowest repair costs are associated with the operation of Mercedes cars, and the highest with the operation of M.A.N cars. The costs for the 10 000 km of mileage for vehicles M.A.N. and Iveco are comparable.

Fig. 14. Comparison of the costs of repairs per 10,000 km mileage of the vehicle

Fig. 15. Comparison of the costs of repairs per one month of operation

In order to better visualize the importance of the operational defects of the vehicles tested, the average cost of a single repair was calculated (Fig. 16). As it can be seen the highest single repair costs are related to M.A.N. vehicles, and the lowest to the Mercedes vehicles. On average, a single repair of the M.A.N. car is approx. twice as expensive as repairing Mercedes car. The detailed reasoning about the causes, however, requires a separate analysis of the type of defect.

Fig. 16. The average cost of a single repair

6. Summary

- 1) The highest reliability, determined based on the criterion of maximum mileage till the first defect is attributed to Mercedes make of cars (73 thousand of km). The trouble-free mileage of M.A.N and Iveco car makes, according to this criterion, amounts to 47 thousand km and 36 thousand km.
- 2) Analysis of reliability based on the inter-repair mileages clearly differentiates the tested makes of cars. According to the criterion of a maximum distance of the inter-repair mileages most reliable vehicles are Mercedes (mileage 6700 km), then M.A.N. (mileage of 5800 km), followed by Iveco (mileage of 4300 km).
- 3) The differentiation of the reliability of the tested vehicle models is especially clear when comparing the number of repairs per one hundred thousand km of mileage (Iveco 23 repairs, M.A.N 17 repairs, Mercedes 15 repairs). In this case, the number of repairs can be regarded as proportional to the time the vehicle was not road worthy.

- 4) The highest costs related to repairs have M.A.N. cars. They are comparable to the costs of Iveco cars repairs. Mercedes cars characterized by the lowest repair costs.
- 5) The average cost of a single repair in the case of the Mercedes is more than two times smaller than in the case of M.A.N. cars.

7. Bibliography

- [1] Niewczas A., Wybrane zagadnienia transportu samochodowego, Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa 2005
- [2] Niewczas A., Koszałka G., Niezawodność silników spalinowych- wybrane zagadnienia. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej. Lublin 2003
- [3] Piasecki S., Zagadnienia użytkowania maszyn i środków transportowych. Lubelskie Towarzystwo Naukowe. Warszawa-Lublin 1995

Artur Dmowski, MSc, Eng. - Director of the Property, Administration and Logistics Department at the Polish Gas Company in Warsaw. He specializes in transport management. He has many years experience in managerial positions in the field of logistics (Share 25%).

Piotr Ignaciuk PhD, Eng. - graduated from Lublin University of Technology, Faculty of Mechanics. He earned a doctoral degree in the area of operation and machines construction in 1998. His research area is related to reliability and engine and car wear processes. As an editor of fuel, oil and lubricants section of monthly "Special cars" he is involved in promoting activities (Share 25%).

Asst. Prof. Marcin Ślęzak, PhD, Eng. – Graduate of the Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering at Warsaw University of Technology. In 2014 he obtained a postdoctoral degree in the construction and operation of machinery at the Technical University of Poznań. Specialist in internal combustion engines, vehicle diagnostics and transport. Participant of a dozen national and international research projects. Author of over 70 scientific publications. Since 2014 - Director of the Motor Transport Institute in Warsaw (Share 25%).

Prof. Andrzej Niewczas, PhD, Eng. is a professor at Motor Transport Institute in Warsaw. In his research he deals with problems connected with construction and maintenance machines and transport systems. Additionally professor Niewczas is a President of the Polish Maintenance Society (Share 25%).

ANALIZA NIEZAWODNOŚCI I KOSZTÓW NAPRAW SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH W WARUNKACH WYNAJMU DŁUGOTERMINOWEGO

1. Wstęp

W referacie przedstawiono wyniki eksploatacyjnych badań niezawodności samochodów ciężarowych trzech producentów. Scharakteryzowano warunki eksploatacji pojazdów. Przedstawiono wyniki oceny niezawodności na podstawie przebiegu eksploatacyjnego do pierwszego uszkodzenia. Analizowano również przebiegi pojazdów między naprawami oraz częstość uszkodzeń w odniesieniu do przebiegu eksploatacyjnego i czasu eksploatacji. Analizę niezawodności porównano z wynikami obserwacji kosztów napraw. W podsumowaniu określono kierunki dalszych prac zmierzających do opracowania efektywnej metody oceny efektywności eksploatacyjnej samochodów ciężarowych.

2. Obiekty badań

Badano próbę 90 pojazdów popularnych producentów samochodów po 30 sztuk z każdej marki. Były to samochody ciężarowe średniej ładowności: IVECO ML 100, MAN TGL 12.180 oraz Mercedes-Benz Atego z zabudową przystosowaną do dystrybucji towarów spożywczych. Pod względem możliwości przewozowych są to pojazdy porównywalne. Wymienione samochody zostały wynajęte przez firmy dystrybucyjne, które w zamian za użytkowanie pojazdu dokonywały comiesięcznej opłaty na rzecz właściciela- podmiotu wynajmującego. Właściciel ze swej strony zobowiązywał się do utrzymania pojazdów w stanie zdatności, a w razie awarii dostarczał użytkownikowi samochód zastępczy. Użytkownik ze swojej strony oprócz opłaty ponosił tylko koszty paliwa, płynu do spryskiwaczy oraz płynu AdBlue. Wykorzystane w analizie dane zebrano u właściciela na podstawie jego wewnętrznej dokumentacji eksploatacyjnej. Autorzy nie mieli wpływu na sposób eksploatacji pojazdu. Właściciel notował wszystkie wydarzenia związane z uszkodzeniami pojazdów, ich naprawami i nieplanowanymi przeglądami technicznymi, które generowały koszty związane z utrzymaniem pojazdów. Prowadząc analizę porównawczą pojazdów pominięto koszty związane z naprawami zabudowy (podzespołu niezwiązanego z marką pojazdu) oraz koszty związane z planowymi przeglądami technicznymi i rejestracją pojazdów.

3. Charakterystyka procesu eksploatacji

Grupy pojazdów objęte badaniami eksploatowano w trzech rejonach Polski na trasach dystrybucyjnych o różnej długości. Średni przebieg samochodów Mercedes wynosi ponad 221 tys. km, samochodów Man ponad 172 tys. km, a samochodów Iveco 157 tys. km. W rozpatrywanej próbie samochody Mercedes i Iveco obserwowano w zbliżonym przedziale czasu tj odpowiednio 56 i 55 miesięcy.

Natomiast samochody Man obserwowano w okresie 48 miesięcy. Wykresy ilustrujące porównanie całkowitych obserwowanych przebiegów i okresów czasu eksploatacji przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Natomiast na rys. 3 przedstawiono średnie przebiegi miesięczne jako miarę intensywności użytkowania pojazdów. Można zauważyć, że są one proporcjonalne do średnich przebiegów całkowitych.

Rys. 1 Przebiegi eksploatacyjne badanych pojazdów

Rys. 2. Czas eksploatacji badanych pojazdów

Rys. 3. Porównanie średnich przebiegów miesięcznych pojazdów

4. Analiza niezawodności

Uszkodzenia pojazdów użytkowych ograniczają zysk właściciela. Natomiast z punktu widzenia wynajmującego użytkownika są tylko przyczyną komplikacji organizacyjnych zakłócających płynność przewozów. Użytkownik nie ponosi kosztów związanych z naprawami, a w zamian za uszkodzony pojazd otrzymuje samochód zastępczy. Jednak z punktu widzenia obu podmiotów (właściciela i użytkownika) uszkodzenia wpływają negatywnie na jakość świadczonych usług. Porównując niezawodność badanych pojazdów postanowiono rozgraniczyć ocenę na niezawodność - wynikającą z pierwszego uszkodzenia pojazdu oraz niezawodność wynikającą z przebiegów międzynaprawczych. Niezawodność wynikająca z pierwszego uszkodzenia jest bezpośrednią miarą jakości konstrukcji i wykonania pojazdów przez producenta. W tym aspekcie na poziom niezawodności nie wpływa jakość przeprowadzonych napraw. Zawodność poszczególnych pojazdów i ich układów aproksymowano dwuparametrowym rozkładem Weibulla. Wyniki przedstawiono na rysunkach od 4 do 9. Analiza przebiegów do pierwszego uszkodzenia dla całych pojazdów wykazuje, że najbardziej niezawodnym pojazdem jest Mercedes, natomiast samochody marki Iveco i marki Man są porównywalne (dotyczy to zwłaszcza silnika wraz z układem napędowym - rys. 5 oraz układu elektrycznego - rys. 9).

Funkcja zawodności do pierwszego uszkodzenia całych pojazdów (rys. 4) wykazuje, że 50% populacji z badanych pojazdów powinno ulec uszkodzeniu przy przebiegu ok.: 36000 km dla Iveco, 47000km dla Mana i 73000 dla Mercedesa.

Rys. 4. Porównanie zawodności pojazdów wg kryterium pierwszego uszkodzenia

Rys. 5. Porównanie zawodności pojazdów wg kryterium pierwszego uszkodzenia silnika i układu napędowego

Rys. 6. Porównanie zawodności pojazdów wg kryterium pierwszego uszkodzenia układu wydechowego i układu oczyszczania spalin

Rys. 7. Porównanie zawodności pojazdów wg kryterium pierwszego uszkodzenia układu hamulcowego i układu ABS

Rys. 8. Porównanie zawodności pojazdów wg kryterium pierwszego uszkodzenia zawieszenia pojazdu

Rys. 9. Porównanie zawodności pojazdów wg kryterium pierwszego uszkodzenia układu elektrycznego

Podsumowując analizę niezawodności według kryterium przebiegu do pierwszego uszkodzenia na rys. 10 zestawiono zarejestrowane chwile pierwszego uszkodzenia - pierwszej naprawy dla badanych pojazdów i ich podzespołów. Wykazano, że marki Iveco i Man są pod tym względem porównywalne natomiast marka Mercedes wykazuje wyższą niezawodność.

Rys. 10. Zestawienie przebiegów do pierwszego uszkodzenia pojazdów jako całości oraz wybranych układów funkcjonalnych

Rys. 11. Porównanie zawodności pojazdów wg kryterium przebiegów międzynaprawczych

Pełna ocena niezawodności samochodów jako obiektów naprawialnych wymaga uwzględnienia przebiegów międzynaprawczych. Na rys. 11 przedstawiono funkcje zawodności badanych pojazdów wyznaczone na podstawie średnich przebiegów międzynaprawczych. Pod tym względem najlepszą marką okazała się marka Mercedes, następnie Man, a następnie Iveco. Uwzględniając funkcję zawodności według kryterium przebiegów międzynaprawczych opisaną rozkładem Weibulla można zauważyć, że 50% pojazdów ulegnie uszkodzeniu po przejechaniu odpowiednio ok.: 4300 km dla Iveco, 5800 km dla Mana i 6700 km dla Mercedes. W prowadzonej analizie wyznaczono średnie liczby napraw przypadające na 100 tys. km przebiegu (rys. 12). Jak można zauważyć w obu przypadkach największą liczbą napraw charakteryzują się samochody Iveco, a najmniejszą Mercedes. Jeśli przyjmie się założenie, że średni czas wykonywania napraw pojazdów każdej marki jest jednakowy (w praktyce o jego długości decyduje głównie czas oczekiwania na części zamienne- a nie czas fizycznego przeprowadzania naprawy), to wykres przedstawiony na rys. 12 obrazuje średni czas naprawy badanych pojazdów odniesiony do przebiegu. Jest on zatem pośrednim porównaniem gotowości technicznej pojazdów rozumianej jako średnie prawdopodobieństwo przebywania w stanie zdatności w trakcie eksploatacji. Na ich podstawie można wnioskować, że najwyższa gotowość charakteryzuje pojazdy marki Mercedes, następnie marki Man, a najniższa marki Iveco.

Rys. 12. Liczba napraw przypadająca na 100000 km przebiegu

5. Analiza kosztów napraw

Z punktu widzenia właściciela - podmiotu wypożyczającego pojazdy najważniejszym skutkiem uszkodzeń są koszty związane z ich usuwaniem, naprawami. Na rys. 13 przedstawiono hisogramy rozkładów skumulowanych kosztów napraw badanych pojazdów. Zestawienie liczbowe średnich skumulowanych kosztów napraw i ich odchyłeń standardowych przedstawiono w tabeli 1. Z przedstawionych danych wynika, że największe koszty utrzymania generowały pojazdy marki Man, a najniższe marki Mercedes.

Tabela 1. Zestawienie średnich skumulowanych kosztów napraw i ich odchyłeń standardowych

Marka pojazdu	Średnie skumulowane koszty napraw [zł]	Odchylenie standardowe [zł]
IVECO ML 100	38 073,64	20 208,04
MAN TGL 12.180	42 301,09	15 641,65
Mercedes Atego	21 917,23	6 590,40

Rys. 13. Porównanie średnich skumulowanych kosztów napraw badanych pojazdów

Rozpatrywane powyżej koszty obejmują całkowite rejestrowane przebiegi pojazdów. Ponieważ przebiegi te są różne, dlatego koszty sumaryczne nie mogą być podstawą bezpośrednich porównań. Do porównania wykorzystano koszty odniesione do odcinka przebiegu 10 000 km i okresu czasu eksploatacji równego 1 miesiąc (rys.14 i 15) . W tabeli 2 odpowiednio zestawiono wartości liczbowe kosztów napraw odniesione do przebiegu 10 000km i czasu eksploatacji 1 miesiąca dla badanych pojazdów.

Tabela 2. Zestawienie kosztów napraw pojazdów odniesionych do przebiegu 10 000 km oraz czasu eksploatacji 1 miesiąca

Marka pojazdu	Koszty napraw przypadające na 10 00 km przebiegu [zł/10000 km]		Koszty napraw przypadające na 1 miesiąc eksploatacji [zł/miesiąc]	
	Średnia	Odchylenie standardowe	Średnia	Odchylenie standardowe
IVECO ML 100	2 476,88	1 388,44	682,55	341,11
MAN TGL 12.180	2 511,30	1 034,07	887,44	323,54
Mercedes Atego	977,22	252,84	392,49	119,60

Jak wynika z przeprowadzonych analiz najniższe koszty napraw związane są z eksploatacją samochodów marki Mercedes, a najwyższe z eksploatacją samochodów marki Man. Koszty przypadające na 10 000 km przebiegu w przypadku pojazdów Man i Iveco są porównywalne.

Rys. 14. Porównanie kosztów napraw przypadających na 10000 k przebiegu pojazdu

Rys. 15. Porównanie kosztów napraw przypadających na jeden miesiąc eksploatacji

W celu lepszego uwidocznienia wagi uszkodzeń eksploatacyjnych badanych pojazdów obliczono średni koszt pojedynczej naprawy (rys. 16). Jak widać najwyższe koszty pojedynczej naprawy związane są z pojazdami marki Man, a najniższe z pojazdami marki Mercedes. Średnio pojedyncza naprawa samochodu marki Man jest ok. dwukrotnie droższa niż naprawa samochodu Mercedes. Szczegółowe wnioskowanie na temat przyczyn wymaga jednak osobnej analizy rodzaju uszkodzeń.

Rys. 16. Średni koszt pojedynczej naprawy

6. Wnioski

- 1) Najwyższą niezawodnością wyznaczoną na podstawie kryterium maksymalnego przebiegu do pierwszego uszkodzenia charakteryzują się samochody marki Mercedes (73 tys. km). Przebieg bezawaryjny samochodów marek Man i Iveco według tego kryterium wynosi odpowiednio 47 tys. km i 36 tys. km.
- 2) Analiza niezawodności na podstawie przebiegów międzynaprawczych wyraźnie różnicuje badane marki pojazdów. Według kryterium maksymalnego przebiegu międzynaprawczego najbardziej niezawodne są pojazdy marki Mercedes (przebieg 6700 km), następnie Man (przebieg 5800 km), następnie Iveco (przebieg 4300 km).
- 3) Zróżnicowanie niezawodności samochodów badanych marek jest szczególnie wyraźne w przypadku gdy porównuje się liczbę napraw przypadającą na 100 tys. km przebiegu (Iveco 23 naprawy, Man 17 napraw, Mercedes 15 napraw). W tym przypadku liczbę napraw można traktować jako proporcjonalną do czasu przebywania pojazdu z stanie niezdatności.
- 4) Największe koszty związane z naprawami dotyczą samochodów Man. Są one porównywalne z kosztami napraw samochodów Iveco. Najniższe koszty napraw charakteryzują samochody Mercedes.
- 5) Średni koszt pojedynczej naprawy w przypadku samochodów Mercedes jest ponad dwa razy mniejszy niż w przypadku samochodów Man.

7. Literatura

- [1] Niewczas A., Wybrane zagadnienia transportu samochodowego, Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa 2005
- [2] Niewczas A., Koszałka G., Niezawodność silników spalinowych- wybrane zagadnienia. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej. Lublin 2003
- [3] Piasecki S., Zagadnienia użytkowania maszyn i środków transportowych. Lubelskie Towarzystwo Naukowe. Warszawa-Lublin 1995

Artur Dmowski, MSc, Eng. - Director of the Property, Administration and Logistics Department at the Polish Gas Company in Warsaw. He specializes in transport management. He has many years experience in managerial positions in the field of logistics (Udział 25%).

PhD. Eng. Piotr Ignaciuk graduated from Lublin University of Technology, Faculty of Mechanics. He earned a doctoral degree in the area of operation and machines construction in 1998. His research area is related to reliability and engine and car wear processes. As an editor of fuel, oil and lubricants section of monthly "Special cars" he is involved in promoting activities (Udział 25%).

Asst. Prof. Marcin Ślęzak, PhD, Eng. – Graduate of the Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering at Warsaw University of Technology. In 2014 he obtained a postdoctoral degree in the construction and operation of machinery at the Technical University of Poznań. Specialist in internal combustion engines, vehicle diagnostics and transport. Participant of a dozen national and international research projects. Author of over 70 scientific publications. Since 2014 - Director of the Motor Transport Institute in Warsaw (Udział 25%).

Prof. Andrzej Niewczas, PhD, Eng. is a professor at Motor Transport Institute in Warsaw. In his research he deals with problems connected with construction and maintenance machines and transport systems. Additionally professor Niewczas is a President of the Polish Maintenance Society (Udział 25%).