

Piotr ADAMIEC

Jan FILIPCZYK

BADANIA PORÓWNAWCZE INTENSYWNOŚCI USZKODZEŃ SAMOCHODÓW OSOBOWYCH, CIĘŻAROWYCH I AUTOBUSÓW

Streszczenie. W okresie eksploatacji pojazdów samochodowych występuje starzenie fizyczne będące wynikiem nieodwracalnych procesów fizycznych i chemicznych o różnej intensywności, które oddziałują w sposób ciągły od momentu wytworzenia pojazdu do jego kasacji. Znajomość tych procesów umożliwia wyznaczenie charakterystyk eksploatacyjnych. Określają one przydatność eksploatacyjną dużego systemu transportowego samochodowego.

Dokonano analizy systemu pojazdów samochodowych składającego się z grupy samochodów osobowych, samochodów ciężarowych i autobusów. Przeprowadzono analizę uszkodzeń pojazdów samochodowych w celu uzyskania charakterystyk pozwalających określić trwałość pojazdów. Badano pojazdy na różnym poziomie dekompozycji.

Wyniki ilościowe uszkodzeń analizowano w postaci histogramów dla poszczególnych grup pojazdów, jak również w postaci zbiorczych zestawień uszkodzeń dla samochodów osobowych, ciężarowych oraz autobusów. W tak analizowanych grupach pojazdów samochodowych nie stwierdzono typowej zależności czasowej dla intensywności uszkodzeń zarówno na poziomie całego pojazdu jak i zespołów stanowiących słabe ogniwa.

1. WPROWADZENIE

W okresie eksploatacji pojazdów samochodowych występuje starzenie fizyczne będące wynikiem nieodwracalnych procesów fizycznych i chemicznych o różnej intensywności, które oddziałują w sposób ciągły od momentu wytworzenia pojazdu do jego kasacji. Procesy te można rozpatrywać zarówno w makro- jak i mikrootoczeniu, gdzie czynniki wymuszające prowadzą do starzenia się elementów składowych pojazdu samochodowego i jego całości.

Do podstawowych procesów fizycznych i chemicznych wymuszających starzenie należy zaliczyć przede wszystkim [1]:

- procesy zmęczeniowe, cechujące się zmiennymi obciążeniami i dynamiką naprężeń prowadzących w efekcie do kumulowania się uszkodzeń;

- procesy trybologiczne, które powodują między innymi zużycie ścierne, adhezyjne, przez utlenianie i zmęczeniowe;
- procesy korozyjne, stanowiące zbiór procesów chemicznych elektrochemicznych i fizykochemicznych wymuszanych przez makro i mikrośrodowisko;
- procesy erozyjne w efekcie oddziaływania mechanicznego i korozyjnego strumienia cieczy o dużej energii kinetycznej i zjawisk kawitacyjnych.

Znajomość tych procesów umożliwia wyznaczenie charakterystyk eksploatacyjnych, w szczególności:

- charakterystyk trwałościowych pojazdu,
- charakterystyk niezawodnościowych pojazdu,
- charakterystyk ekonomicznej efektywności eksploatacji,
- charakterystyk użytkowania i odnawiania.

Charakterystyki te można wyznaczyć na podstawie wyników badań trwałości i niezawodności reprezentatywnej próbki samochodów [2]. Określają one przydatność eksploatacyjną dużego systemu transportowego samochodowego.

Dekompozycja systemu umożliwia analizę charakterystyk niezawodnościowych obiektu, którym może być pojazd względnie jego zespoły i części. W celu analizy określonego obiektu jako systemu można budować podsystemy, które dalej traktuje się jako elementy niepodzielne.

Dokonano analizy systemu pojazdów samochodowych składającego się z grupy samochodów osobowych, samochodów ciężarowych i autobusów.

2. ZUŻYWANIE POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

W procesie eksploatacji pojazdów samochodowych występuje kumulacja skutków wymuszającego oddziaływania środowiska makro i mikro. Procesy fizyczne i chemiczne stanowią przyczynę starzenia fizycznego pojazdu, a ich intensywność w porównaniu ze zdeterminowaną odpornością na ich wymuszające oddziaływanie stanowi o trwałości pojazdu samochodowego [3].

Trwałość w sensie ogólnym jest definiowana jako zdolność do zachowania istotnych parametrów eksploatacyjnych. Jej ocena wymaga znajomości wiedzy teoretycznej oraz osiadania zbiorów informacji z badań eksperymentalnych, jak również znajomości odporności części, zespołów i całego pojazdu na procesy starzenia.

Niezawodność pojazdu wiąże się ściśle z procesem powstawania i kumulacji uszkodzeń. Uszkodzenie elementu na określonym poziomie dekompozycji pojazdu

jest zdarzeniem losowym doprowadzającym po osiągnięciu stanu granicznego do utraty możliwości realizacji przez element założonych funkcji.

Badania niezawodności mają na celu wyznaczenie ilościowych charakterystyk powstawania uszkodzeń w czasie eksploatacji oraz analizę przyczyn tych uszkodzeń, których intensywność jest zależna od intensywności działania procesów fizycznych i chemicznych wymuszających starzenie. W uproszczeniu do oceny trwałości pojazdu należy określić żądane i dopuszczalne stany graniczne, widma wymuszeń oraz własności tworzyw konstrukcyjnych.

3. WYNIKI BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH

Badania eksploatacyjne prowadzone są zazwyczaj na partii próbnej pojazdów. Badania te jako eksperymentalne obejmują obserwację przebiegu eksploatacji, zbieranie informacji o uszkodzeniach oraz wyznaczanie ocen i wskaźników niezawodności.

Przeprowadzono analizę uszkodzeń pojazdów samochodowych w celu uzyskania charakterystyk pozwalających określić trwałość pojazdów. Badano pojazdy na różnym poziomie dekompozycji, a mianowicie:

- dokonano analizy uszkodzeń całych pojazdów samochodowych osobowych, ciężarowych oraz autobusów;
- przeprowadzono analizę uszkodzeń głównych zespołów ww. pojazdów;
- korzystając z metody słabego ogniwa określono zespoły decydujące o trwałości pojazdu,
- analizowano zużycie części złożeń stanowiących słabe ogniwo w silnikach pojazdów.

Do analizy wykorzystano zestawienia uszkodzeń;

- samochodów osobowych Łada, Polonez, FSO 1500, PF 126 w okresie gwarancyjnym i pogwarancyjnym, a w szczególności w czasie przebiegu od 0 do 15 tys. km i od 15 do 50 tys. km;
- autobusów Jelcz M11 i Autosan H9 w czasie przebiegu do 150 tys. km;
- samochodów ciężarowych Jelcz 315 i Tatra 815 w czasie przebiegu do 120 tys. km.

Przypadki uszkodzeń analizowano na podstawie wyników pochodzących z prac własnych [4, 5, 6, 7] oraz prac Zakładu Techniki i Eksploatacji Samochodów Politechniki Szczecińskiej [8]. Wyniki ilościowe uszkodzeń analizowano w postaci histogramów dla poszczególnych grup pojazdów, jak również w postaci

zbiorczych zestawień uszkodzeń dla samochodów osobowych, ciężarowych oraz autobusów. Dokonano dekompozycji pojazdów samochodowych głównie zespoły oraz układy, co pozwoliło na analizę udziału poszczególnych zespołów w ogólnej liczbie awarii oraz na określenie słabego ogniwa dla poszczególnych grup pojazdów samochodowych.

Dokonano również analizy zużycia eksploatacyjnego zasadniczych złożeń trybologicznych silników spalinowych ww. grup pojazdów.

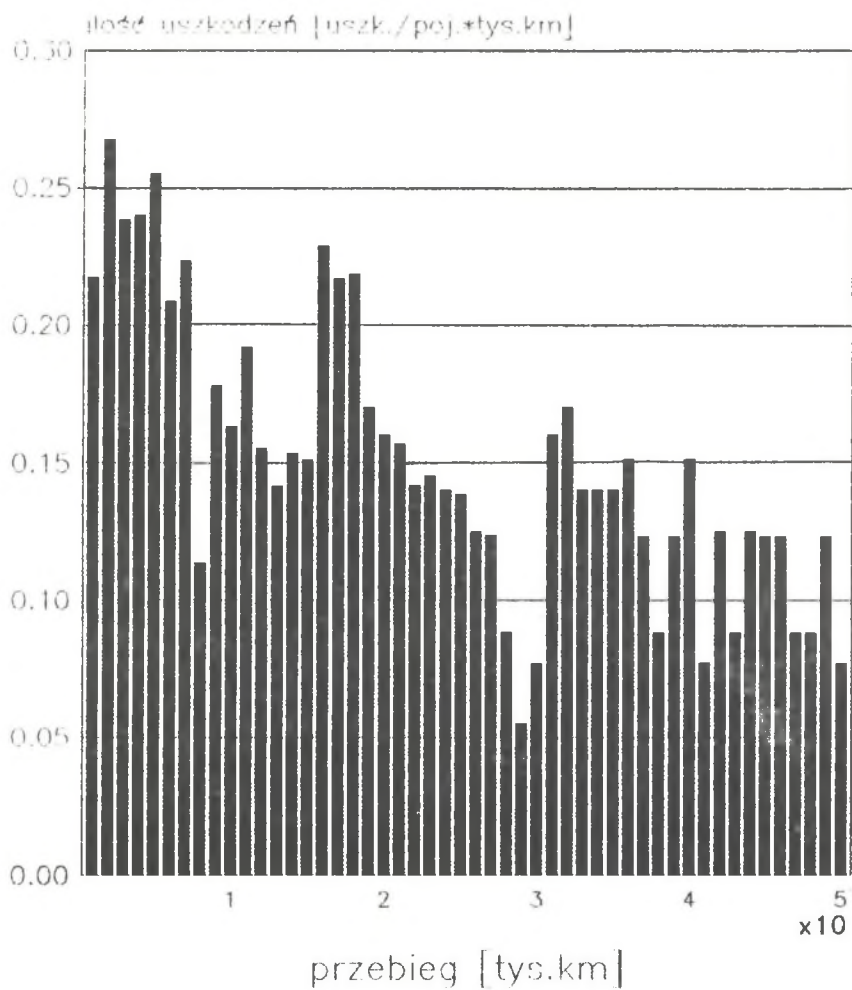
Wyniki podano na kolejnych rysunkach, a w szczególności na rysunkach 1 - 3 przedstawiono wykresy uszkodzeń dla trzech analizowanych grup pojazdów samochodowych - samochodów osobowych (rys.1), samochodów ciężarowych (rys.2) oraz autobusów (rys.3). Wykresy przedstawiają zależność ilości uszkodzeń w funkcji przebiegu. Na rysunkach 4 - 6 podano udziały poszczególnych zespołów w ogólnej liczbie awarii.

Poszczególne zespoły oznaczono zgodnie z klasyfikacją ogólną pojazdu samochodowego przedstawioną na rys. 7. Dokonano również podziału głównych zespołów decydujących o trwałości i niezawodności pojazdu na układy i elementy (rys.8, 9). Dla poszczególnych zespołów i elementów wykonano histogramy uszkodzeń, przedstawione na rysunkach 10 - 15.

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ USZKODZEŃ POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

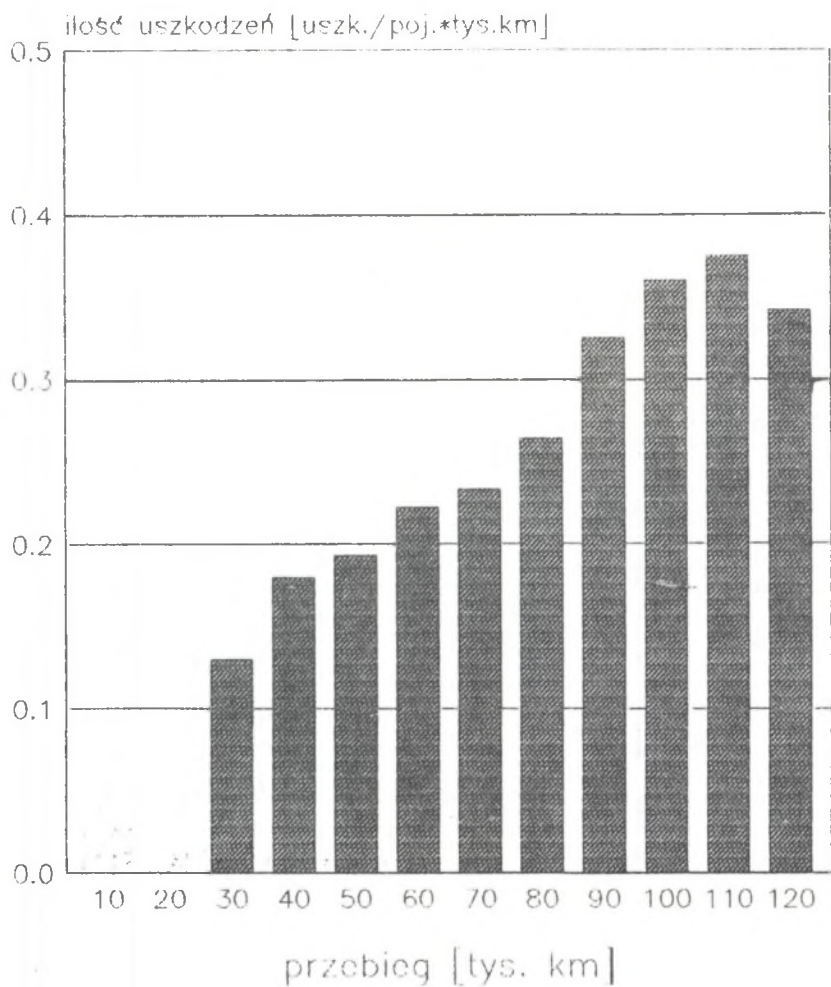
Zbiorcze zestawienia uszkodzeń w funkcji przebiegu dla badanych grup pojazdów (rys.1 - 3) wskazują na różną intensywność starzenia się pojazdów. W grupie samochodów osobowych zauważyć można malejącą intensywność starzenia, od $\lambda = 0,25$ uszk./sam.*1tys.km w okresie gwarancyjnym, do średniej ilości uszkodzeń $\lambda = 0,1$ w czasie normalnej eksploatacji. Za okres gwarancyjny przyjęto przebieg do 15 tys. km. W grupie samochodów ciężarowych można zaobserwować wzrastającą intensywność starzenia (rys.2). Ilość uszkodzeń rośnie liniowo od $\lambda = 0,12$ uszk./sam*1tys.km w początkowym okresie badań (po okresie docierania), do powyżej 0,35 uszk./sam. tys. km. Dla grupy autobusów stwierdzono po okresie docierania stałą intensywność starzenia, a ilość uszkodzeń utrzymuje się na poziomie $\lambda = 0,35$ uszk./sam* 1 tys.km.

W tak analizowanych grupach pojazdów samochodowych nie stwierdzono typowej zależności czasowej dla intensywności uszkodzeń, między innymi ze względu na zbyt mały przebieg nie zarejestrowano katastroficznego wzrostu uszkodzeń wskutek osiągnięcia stanu granicznego.



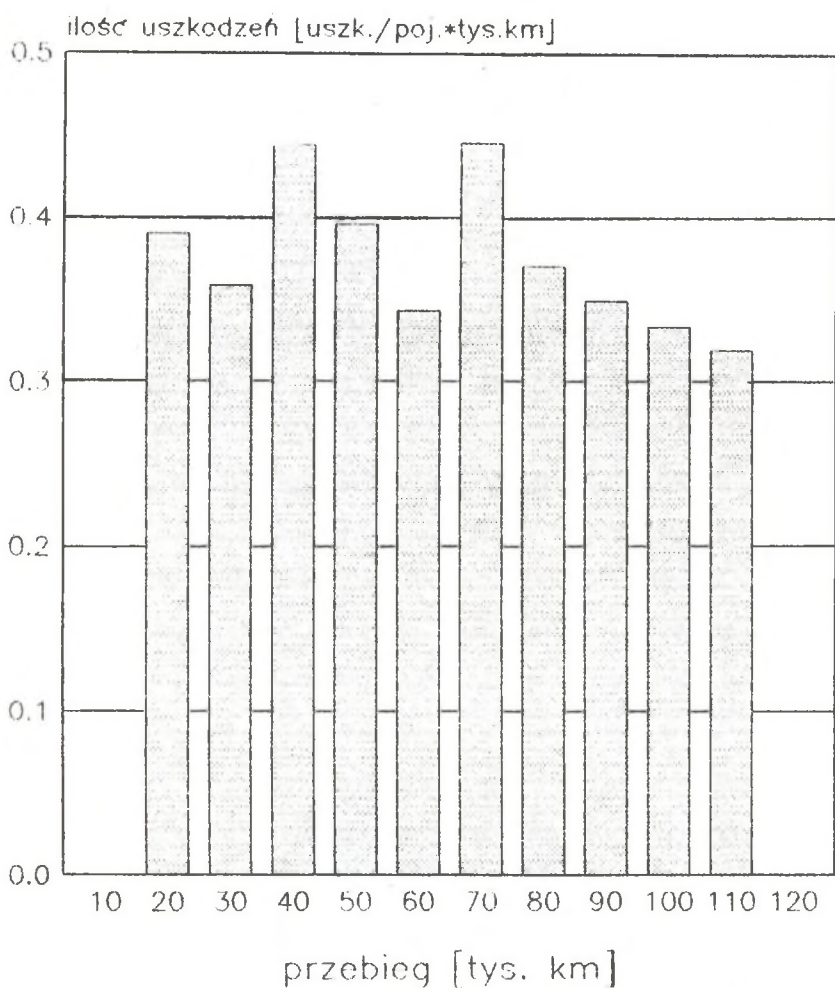
Rys. 1. Histogram intensywności uszkodzeń dla grupy samochodów osobowych

Fig. 1. Histogram of failure intensity for a group of cars



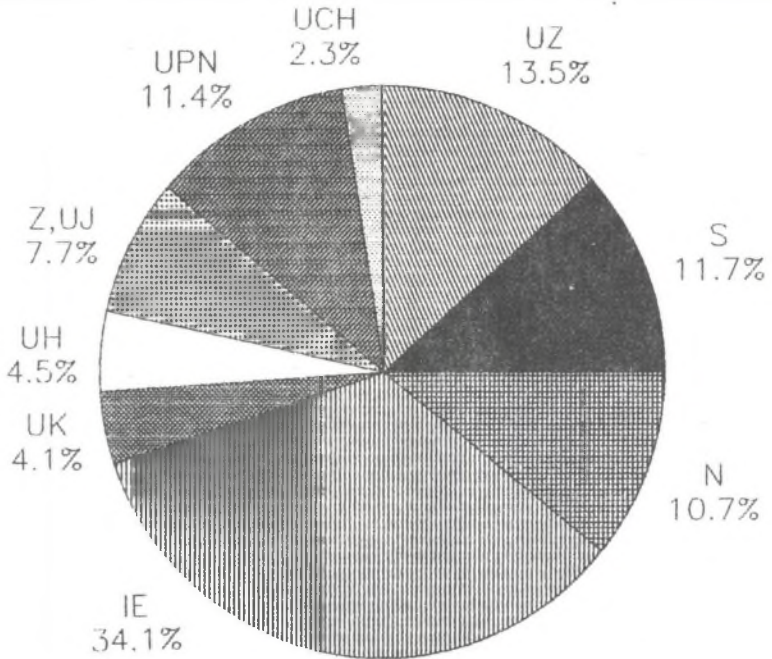
Rys. 2. Histogram intensywności uszkodzeń dla grupy samochodów ciężarowych

Fig. 2. Histogram of failure intensity for a group of lorries



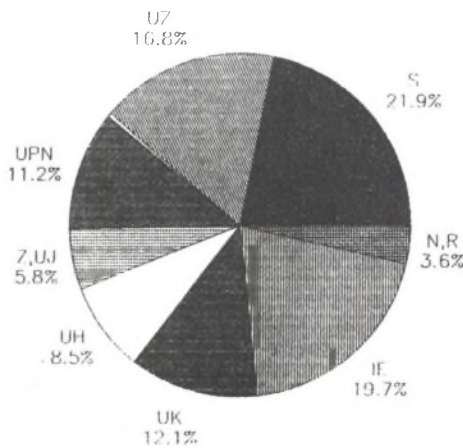
Rys. 3. Histogram intensywności uszkodzeń dla grupy samochodów autobusów

Fig. 3. Histogram of failure intensity for a group of buses



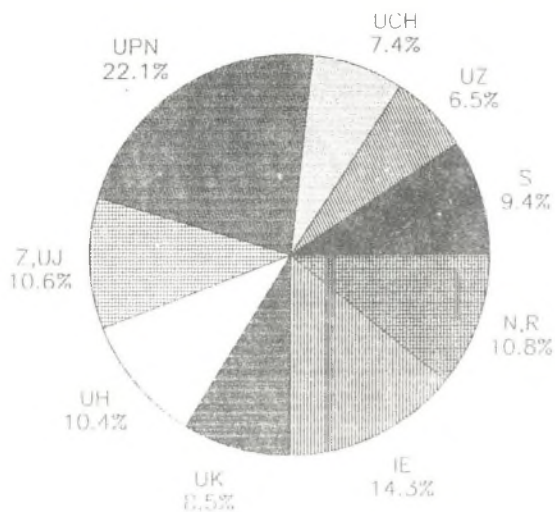
Rys. 4. Udziały uszkodzeń poszczególnych zespołów w ogólnej liczbie awarii grupy samochodów osobowych

Fig. 4. Percentage of failures of particular assemblies in the total number of failures in a group of cars



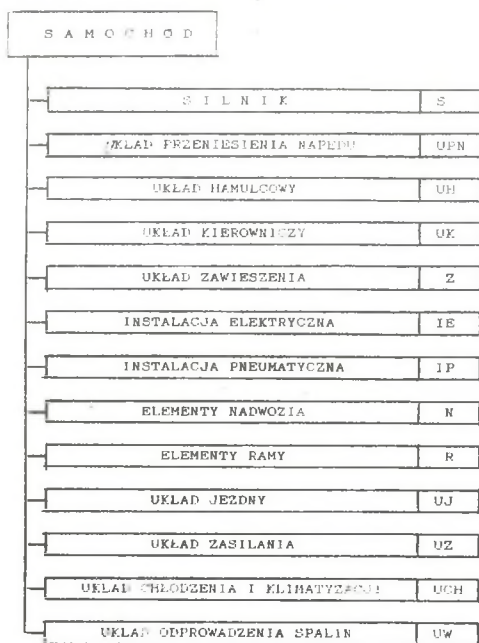
Rys. 5. Udziały uszkodzeń poszczególnych zespołów w ogólnej liczbie awarii grupy samochodów ciężarowych

Fig. 5. Percentage of failures of particular assemblies in the total number of failures in a group of lorries



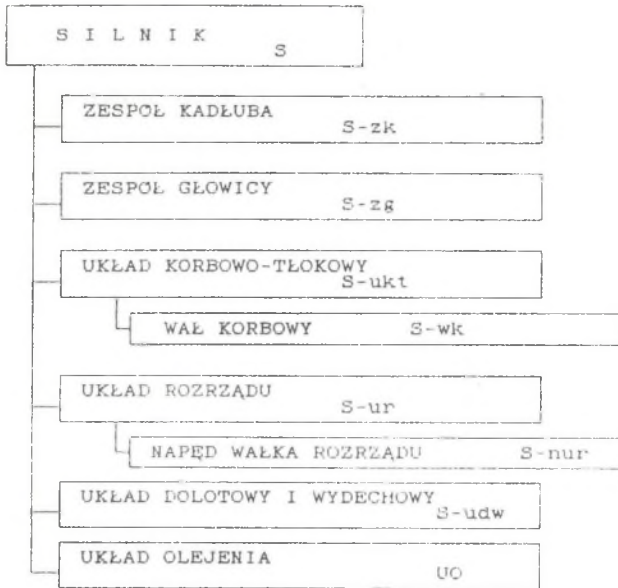
Rys. 6. Udziały uszkodzeń poszczególnych zespołów w ogólnej liczbie awarii autobusów

Fig. 6. Percentage of failures of particular assemblies in the total number of failures in a group of buses



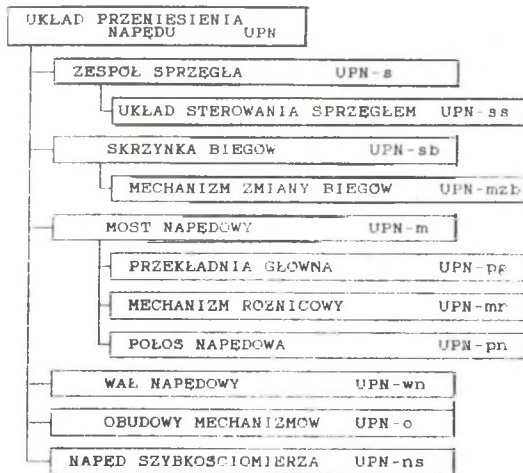
Rys. 7. Układy wyróżnione w pojeździe podczas badań częstotliwości uszkodzeń

Fig. 7. Systems distinguished in a vehicle during failure frequency tests



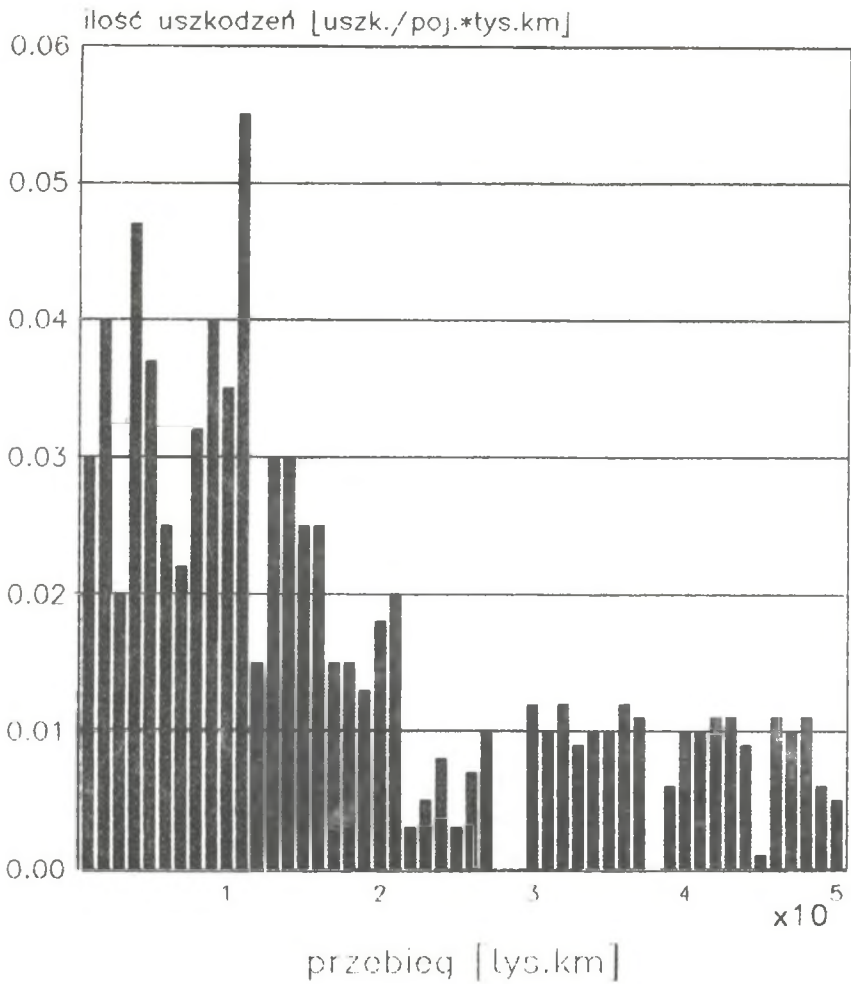
Rys. 8. Układy i elementy silnika wyróżnione podczas badań częstotliwości uszkodzeń

Fig. 8. Systems and elements of the engine distinguished during failure frequency tests



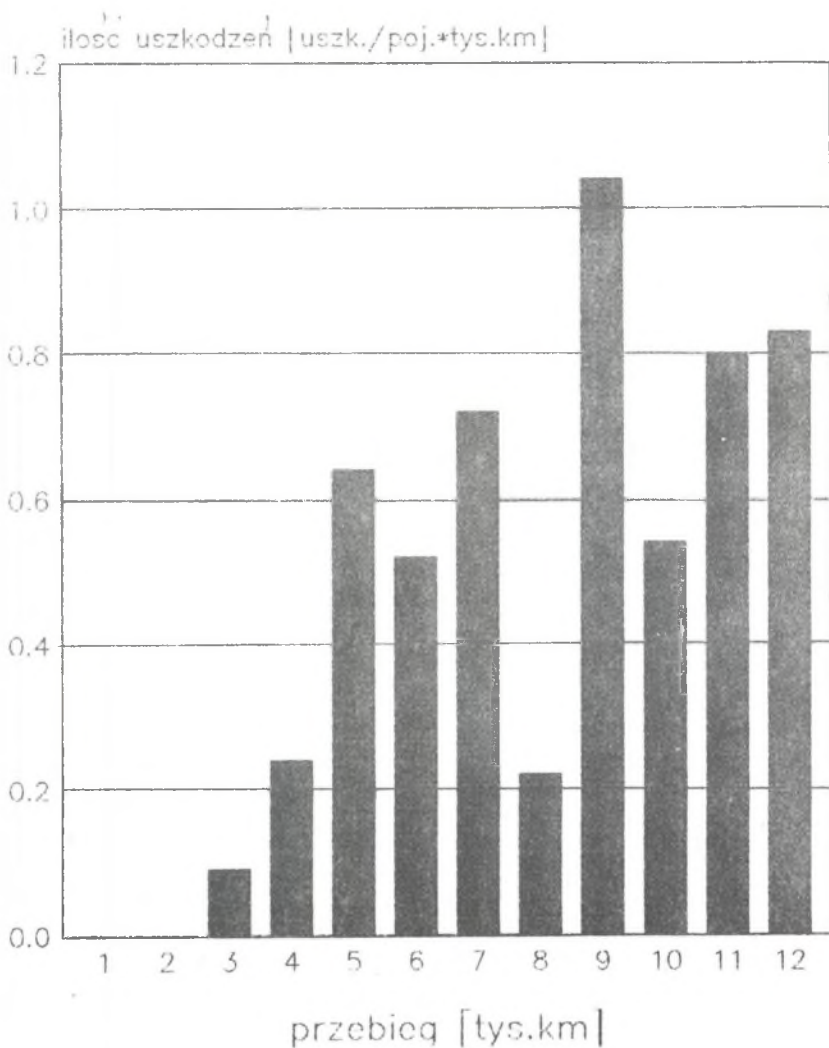
Rys. 9. Mechanizmy i elementy układu przeniesienia napędu wyróżnione podczas badań częstotliwości uszkodzeń

Fig. 9. Mechanisms and elements of the power transmission system distinguished during failure frequency tests

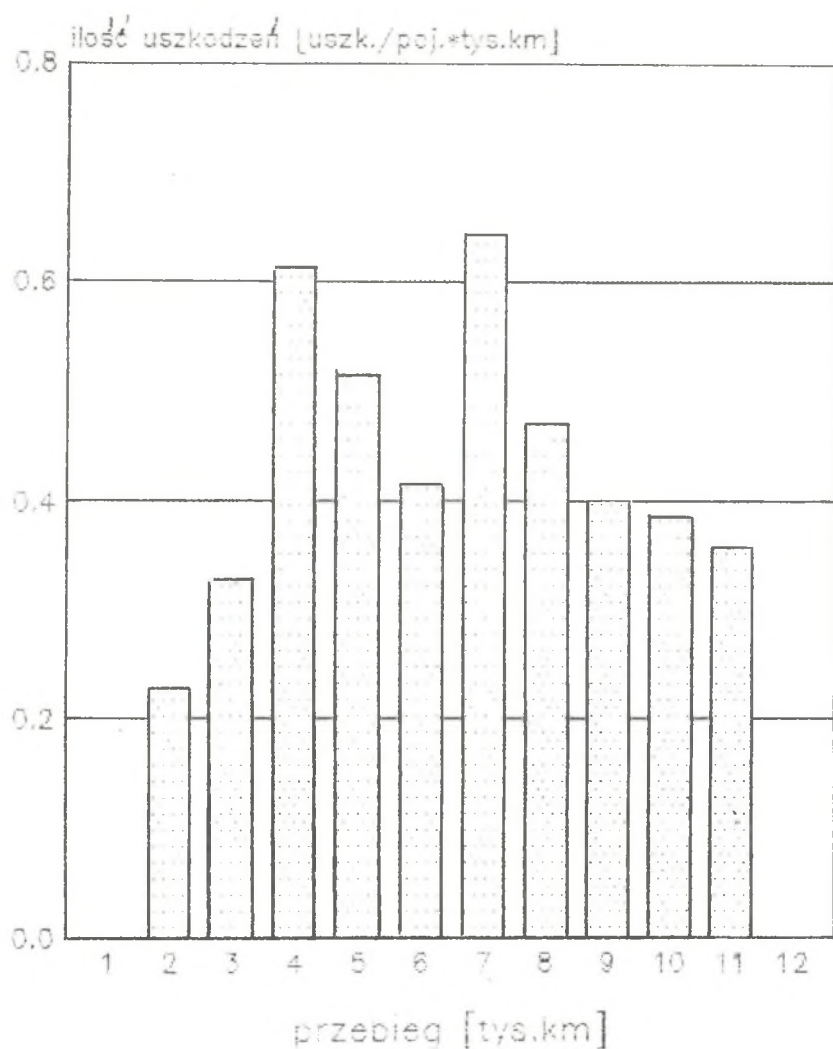


Rys. 10. Rozkład uszkodzeń silnika w grupie samochodów osobowych

Fig. 10. Distribution of engine failures in a group of cars

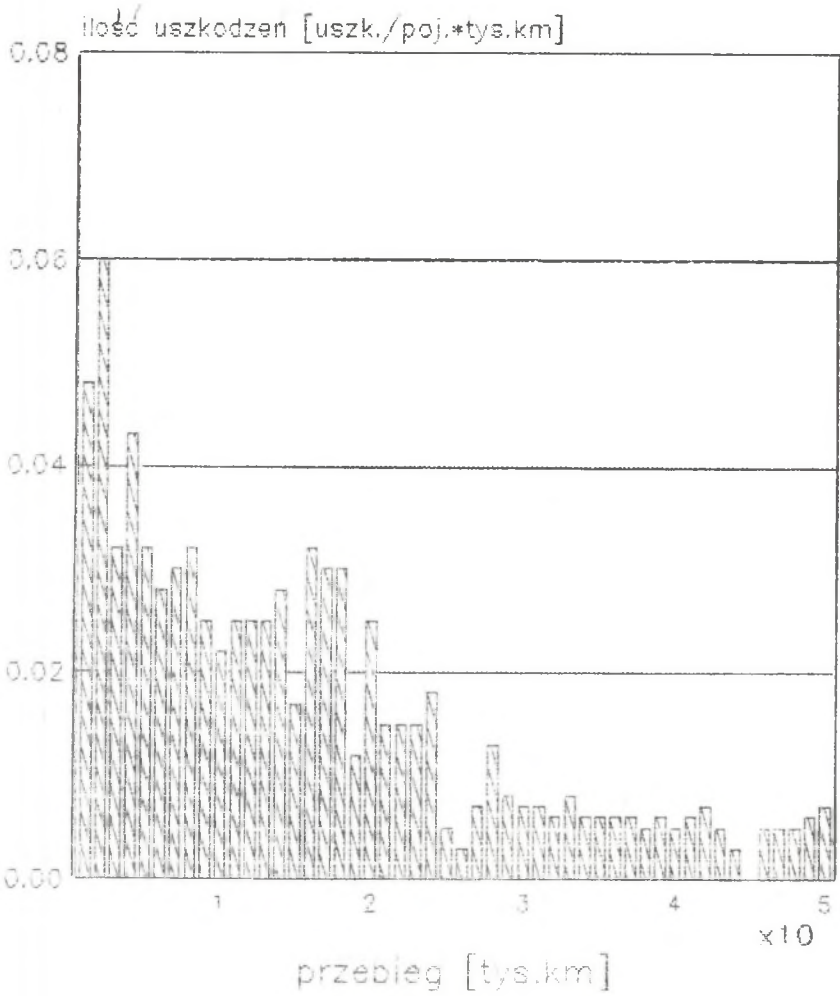


Rys. 11. Rozkład uszkodzeń silnika w grupie samochodów ciężarowych
Fig. 11. Distribution of engine failures in a group of lorries



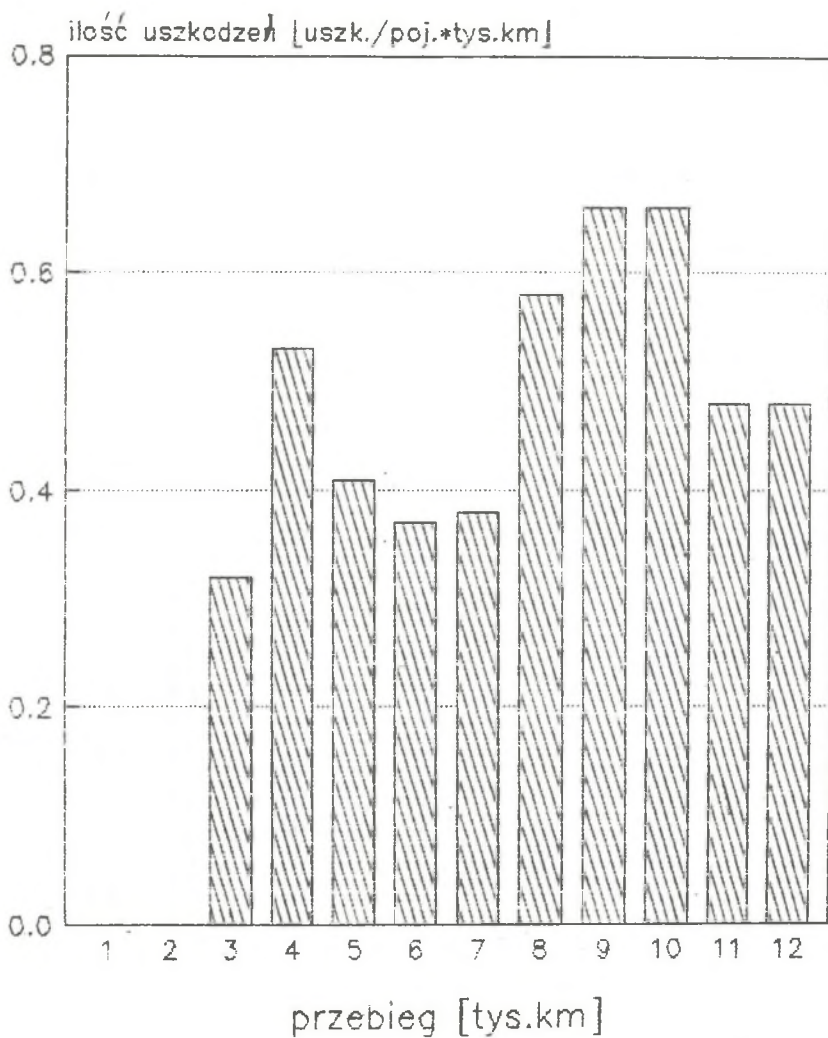
Rys. 12. Rozkład uszkodzeń silnika w grupie autobusów

Fig. 12. Distribution of engine failures in a group of buses



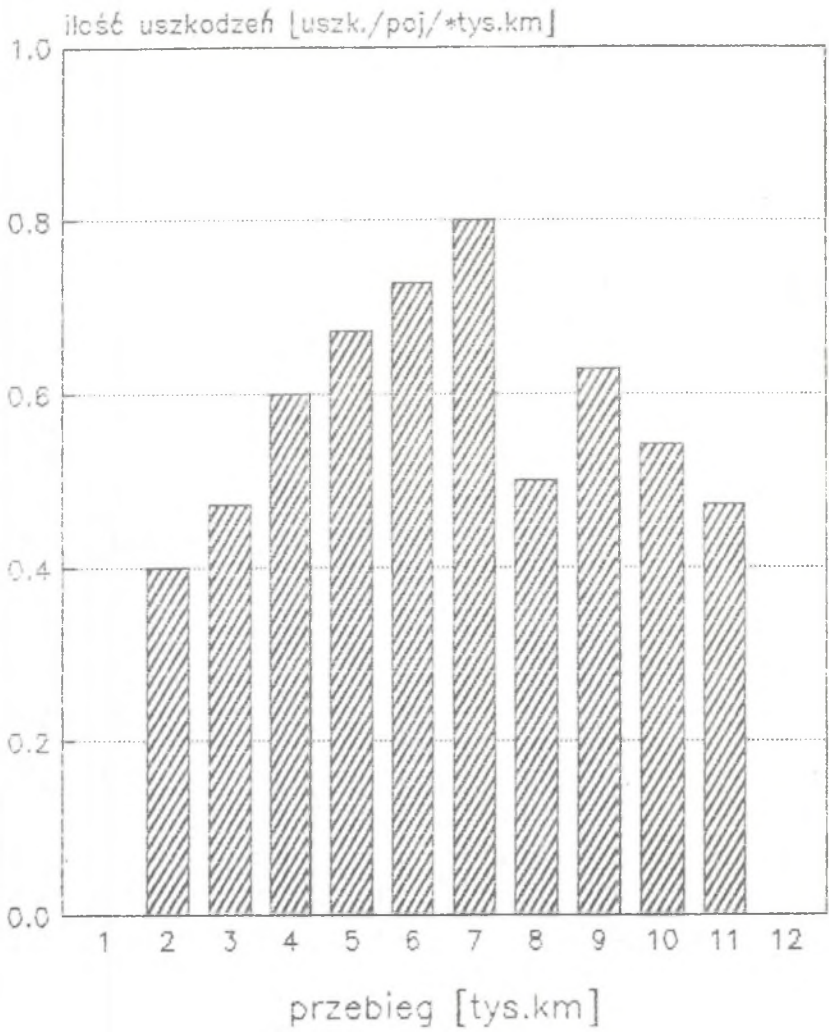
Rys. 13. Rozkład uszkodzeń układu przeniesienia napędu w grupie samochodów osobowych

Fig. 13. Distribution of power transmission system failures in a group of cars



Rys. 14. Rozkład uszkodzeń układu przeniesienia napędu w grupie samochodów ciężarowych

Fig. 14. Distribution of power transmission system failures in a group of lorries



Rys. 15. Rozkład uszkodzeń układu przeniesienia napędu w grupie autobusów
Fig. 15. Distribution of power transmission system failures in a group of buses

Dla grupy samochodów ciężarowych i autobusów nie można wyróżnić typowego przebiegu intensywności uszkodzeń w okresie gwarancyjnym (docieranie) ze względu na przyjęty przedział przebiegu przy prowadzeniu badań. Jednak w grupie samochodów ciężarowych przebieg intensywności zużycia ma charakter nietypowy, silnie rosnący. Nie bez znaczenia może być tu fakt, iż badano samochody ciężarowe eksploatowane w przedsiębiorstwach transportowych budowlanych i górniczych, co wiąże się bardzo trudnymi warunkami eksploatacyjnymi. Należy zaznaczyć, że przy analizie strumienia uszkodzeń w poszczególnych grupach pojazdów brano pod uwagę uszkodzenia wszystkich zespołów, co również biorąc pod uwagę warunki eksploatacji, przyczyniło się do zmiany charakteru przebiegu wykresu strumienia uszkodzeń.

Wyraźny wzrost intensywności uszkodzeń wraz ze wzrostem przebiega dla samochodów ciężarowych jest spowodowany w głównej mierze warunkami pracy badanych pojazdów. Analizowano samochody samowładowcze pracujące przy pełnym obciążeniu na krótkich odcinkach, co spowodowało szybkie zużywanie się pojazdów. Duży wpływ na charakter zmian intensywności uszkodzeń ma jakość nowych pojazdów oraz przestrzeganie czasu i właściwe wykonywanie czynności związanych z obsługiwaniem pojazdów.

Stosunkowo wysoka i zarazem stała intensywność uszkodzeń w grupie autobusów może być wynikiem specyfiki jazdy miejskiej, cechującej się dużą ilością przystanków i zarazem określoną ilością przyspieszeń i hamowań, co wyraźnie przyspiesza starzenie się elementów oraz jakością usług technicznych i napraw pojazdów.

Analiza procentowa udziałów uszkodzeń w ogólnej liczbie awarii dla poszczególnych grup pojazdów wskazuje, że najczęściej uszkodzenia występowały w instalacji elektrycznej, szczególnie dla samochodów osobowych (39,1%) i samochodów ciężarowych (18,7%). Analiza uszkodzeń w tej grupie wskazuje, iż głównymi przyczynami niesprawności były drobne usterki, stąd przy wyznaczeniu słabych ogniw grupę tę można pominąć, koncentrując się na uszkodzeniach będących wynikiem zużycia trybologicznego.

W grupie autobusów przeważały uszkodzenia elementów układu przeniesienia napędu (22,1%), ale uszkodzenia te stanowiły również duży udział w grupie samochodów osobowych (11,4%) i ciężarowych (11,2%).

W grupie samochodów ciężarowych zanotowano dużo uszkodzeń elementów i układów silnika (21,8%). Uszkodzenia silnika występowały również w samochodach osobowych (11,7%) i autobusach (9,4%).

Wymienione układy wytypowano jako słabe ogniwa przy podziale pojazdu na zespoły.

Analiza uszkodzeń silników ww. pojazdów wskazuje na identyczne prawidłowości jak w przypadku uszkodzeń całych pojazdów, tzn. tylko dla grupy samochodów osobowych można wyznaczyć modelową prawidłowość zużywania się części silnika. Spadek intensywności uszkodzeń w czasie okresu gwarancyjnego (w czasie przebiegu ok. 20 tys. km) można interpretować jako wynik usuwania usterek wykonawczych. Stała intensywności w okresie normalnej pracy świadczy o przypadkowości występujących tu uszkodzeń.

Występujący wzrost uszkodzeń silników wraz ze wzrostem przebiegu dla samochodów ciężarowych i nieokreślone bliżej zależności dla autobusów (rys.11, 12) są wynikiem wyraźnie trudniejszych warunków eksploatacji w porównaniu do samochodów osobowych.

Obserwowane na histogramach (rys. 13, 14, 15) zależności dla układu przeniesienia napędu są podobne jak w przypadku analizy uszkodzeń silników dla poszczególnych grup pojazdów tzn., dla grupy samochodów osobowych obserwuje się modelową zależność intensywności uszkodzeń w okresie uwzględnianym w badaniach. W czasie przebiegu do ok. 20 tys. km (tzw. okresie gwarancyjnym) ilość uszkodzeń maleje, by w czasie normalnej eksploatacji przyjąć wartość ok. 0.01 uszk./poj.tys.km, co stanowi o pewnej prawidłowości uszkodzeń. W grupie samochodów ciężarowych i autobusów wymienionych prawidłowości nie można zaobserwować, co jest spowodowane między innymi trudnymi warunkami eksploatacji analizowanych grup pojazdów.

5. WNIOSKI

1. Stwierdzono różne przebiegi intensywności uszkodzeń dla badanych grup pojazdów, a w szczególności: intensywność rośnie wraz ze wzrostem przebiegu dla samochodów ciężarowych, jest stała dla autobusów, a dla samochodów osobowych maleje w pierwszym okresie (gwarancyjnym) i utrzymuje się na stałym poziomie w warunkach normalnej eksploatacji.

2. Podobne prawidłowości uzyskano w efekcie analizy uszkodzeń dla zespołów stanowiących słabe ogniwa badanych grup pojazdów, tzn. silnika i układu przeniesienia napędu.

3. Rozkład intensywności uszkodzeń zależy głównie od warunków eksploatacji pojazdu, jakości pojazdu nowego oraz czynności związanych z szeroko pojętym obsługiwaniem i w skrajnych przypadkach znacznie odbiega od krzywych modelowych.

LITERATURA

- [1] J. Janecki, S. Gołębiowski: Zużycie części i zespołów pojazdów samochodowych. WKŁ, Warszawa 1984
- [2] M. Hebda, D. Janicki: Trwałość i niezawodność samochodów w eksploatacji. WKŁ, Warszawa 1983
- [3] A. Łuczak, T. Mazur: Fizyczne starzenie elementów maszyn. WKŁ, Warszawa 1981
- [4] Analiza zużycia wybranych elementów eksploataowanych w pojazdach PKS. Praca NB-533/RT75, Politechnika Śląska Instytut Transportu i Komunikacji Katowice 1978
- [5] Badanie przyczyn nadmiernej energochłonności transportu samochodowego od strony technicznej. Praca NB-309/RT/-1/81. Politechnika Śląska Instytut Transportu, Katowice 1983
- [6] Ocena stanu technicznego pojazdów w reprezentatywnych przedsiębiorstwach transportowych jako podstawa prognozy potencjalnych możliwości zmniejszenia energochłonności w transporcie samochodowym. Praca RT-309/RT-1/81. Politechnika Śląska, Instytut Transportu, Katowice 1984
- [7] Badania maszyn transportowych w zakresie ich konstrukcji i eksploatacji. Praca GR-711/RT/90. Politechnika Śląska, Instytut Transportu, Katowice 1990
- [8] J. Lewicki: Analiza zawodności samochodów osobowych. Prace naukowe Politechniki Szczecińskiej, nr 302. Szczecin 1985

Recenzent: Doc.dr hab.inż. Władysław Śliwiński

Wpłynęło do Redakcji 14.03.1990 r.

COMPARATIVE TESTS OF FAILURE INTENSITY OF CARS, LORRIES AND BUSES

S u m m a r y

During exploitation of automotive vehicles a physical ageing occurs due to irreversible physical and chemical processes of various intensity which react constantly from the moment the vehicle has been produced until its withdrawal from use. Knowledge of these processes make it possible to calculate exploitation characteristics. They determine exploitation usefulness of a big automotive vehicle transport system.

An analysis of the system of automotive vehicles consisting of the group of cars, lorries and buses has been carried out. Failures and defects of automotive vehicles have been analysed in order to obtain characteristics that allow to determine the service life of these vehicles. The vehicles defected to a different extent have been tested.

Quantitative results of the failures have been analysed in a form of histograms prepared for separate group of vehicles as well as in a form of cumulative specifications of failures for cars, lorries and buses. In the groups of vehicles analysed in such a way no typical time dependence for failure intensity both for the whole vehicle and for the assemblies being weak elements in it has been found.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕГКОВЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ, ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ

Резюме

Во время эксплуатации автомобилей происходит физическое старение, которое является результатом неотвратимых физических и химических процессов разной интенсивности действующих непрерывно от момента построения автомобиля по его ликвидацию. Знакомство этих процессов позволяет определить эксплуатационные характеристики. Они определяют эксплуатационную пригодность большой транспортной автомобильной системы. Проведен анализ системы автомобилей состоящей из группы легковых автомобилей, грузовых автомобилей и автобусов. Анализируются повреждения автомобилей с целью получить характеристики определяющие прочность автомобилей. Исследованы автомобили на различном уровне декомпозиции. Численные результаты для повреждений анализируются, так в виде гистограмм для отдельных групп автомобилей, как и в виде суммарных сводок для легковых, грузовых автомобилей и автобусов. Для таких групп автомобилей не подтверждена типичная временная зависимость для интенсивности повреждений, так на уровне всего автомобиля, как и узлов будущих слабыми звенами.