

SAWCZUK Wojciech

TEST ZGODNOŚCI λ -KOŁMOGOROWA DLA ROZKŁADU LICZBY WYMIENIANYCH OKŁADZIN CIERNYCH NA WAGONIE BMNOPUX

Streszczenie

Analizując zakres prac wykonywanych podczas eksploatacji tarczowego układu hamulcowego pojazdów szynowych stwierdza się, że najczęstsze uszkodzenia występują w parze cierniej tarcza-okładzina cierna. Z tego względu najczęściej czasu przeznaczane jest na wymianę uszkodzonych lub zużytych okładzin oraz tarcz hamulcowych na nowe. Ze względu na prosty układ przeniesienia siły z cylindra hamulcowego na okładziny cierne, pozostałe uszkodzenia elementów układu hamulcowego zgodnie z [3-5, 9, 10], występują sporadycznie rzadko. Stwierdzone przypadki nagłych uszkodzeń lub propagacji zużycia elementów układu hamulcowego wynikały z zaniedbań podczas wykonywania przeglądów i napraw wagonu.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań związanych z liczbą wymienianych okładzin na wagonie pasażerskim Bmnopux oraz weryfikacja hipotezy, że liczba wymienianych zużytych okładzin ciernych na wspomnianym wagonie ma w danej populacji generalnej rozkład wykładniczy. Weryfikację hipotezy przeprowadzono przy pomocy testu zgodności λ -Kolmogorowa.

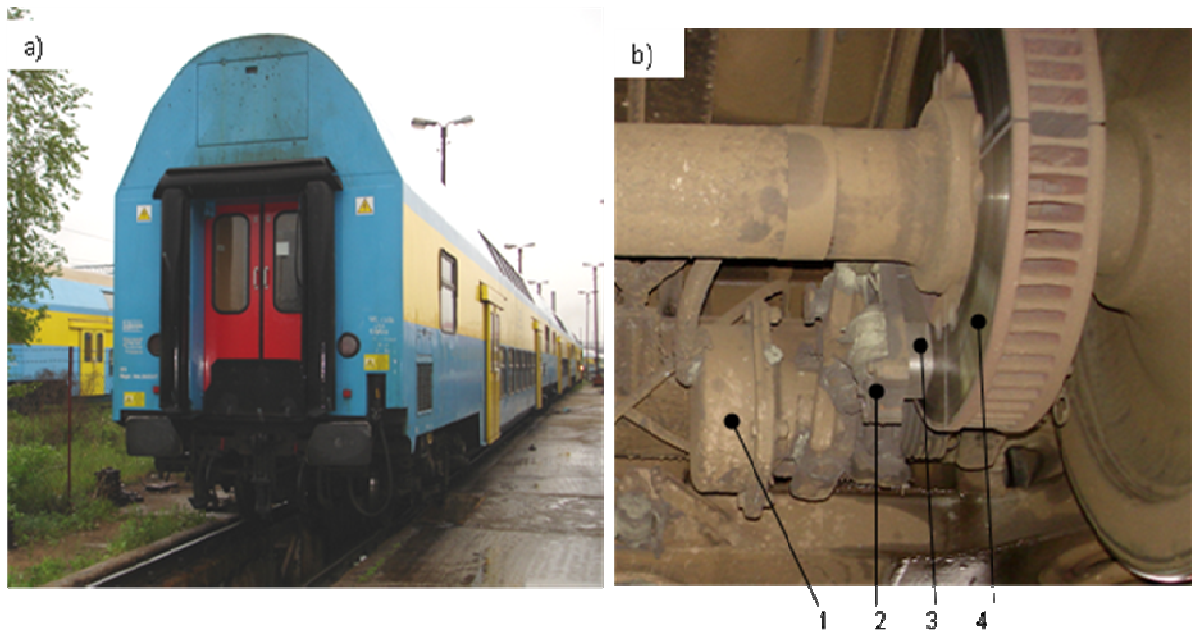
1. BADANIA ŻUŻYCIA OKŁADZIN CIERNYCH

1.1. Cel badań

Celem badań poprzedzających weryfikację hipotezy rozkładu prawdopodobieństwa była ocena zużycia okładzin ciernych przez wyznaczenie ich liczby wymian na wagonie Bmnopux przyjeżdżających na przegląd międzypociągowy. Zgodnie z wewnętrznymi przepisami analizowanego przewoźnika kolejowego, przegląd międzypociągowy wykonywany był na wagonach po przebiegu 1200km.

1.2. Metodyka i przedmiot badań

Przedmiotem badań były okładziny cierne typu 175 FR20H.2 firmy Fenoplast do hamulca tarczowego (układ hamulcowym Knorr (KE-P-A)) wagonu pasażerskiego typu Bmnopux. Okładziny cierne tworzą parę cierną z tarczą typu 590×110. Całkowita liczba okładzin ciernych przypadających na 8 tarczowych układów hamulcowych wagonu wynosi 32 sztuki, 4 okładziny przypadają na jedną tarczę hamulcową. Na rysunku 1 przedstawiony jest ogólny widok wagonu Bmnopux oraz układ hamulca tarczowego na wózku Görlitz VI z zestawami kołowymi na których pomiędzy kołami, na osi zamocowane były dwie tarcze hamulcowe.

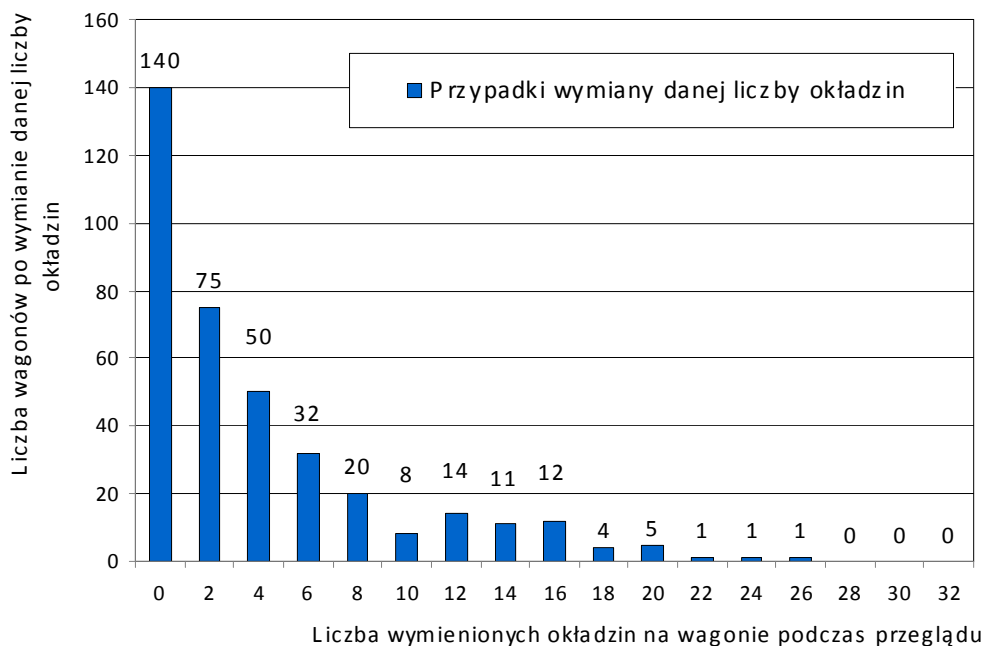


Rys. 1. Obiekty badań: a) widok wagonu Bmnopux, b) widok od spodu wózka Görlitz VI, 1- cylinder hamulcowy, 2-obsada hamulcowa, 3- okładzina cierna typu 175, 4- tarcza hamulcowa typu 590×110

W czasie badań sprawdzono, jaka liczba okładzin wymieniana jest na nowe z 32 wszystkich okładzin wchodzących w skład jednego wagonu. Podczas badań o charakterze poligonowym (eksploatacyjnym) zebrano dane odnośnie liczby wymienianych okładzin ciernych z 374 przyjazdów wagonów na przegląd międzypociągowy. Była to liczba przeglądów przypadająca na okres 6-ciu miesięcy.

1.3. Wyniki badań

Na rysunku 2 przedstawiono przypadki wymiany różnej liczby okładzin do wszystkich rozpatrywanych przyjazdów wagonów na przegląd międzypociągowy.



Rys.2. Zestawienie wymienianych okładzin ciernych na wagonach podczas 374 przeglądów międzypociągowych

Z wykresu na rysunku 2 wynika, że z 374 przeglądów międzypociągowych w 140 przypadkach nie dokonano żadnej wymiany okładzin ciernych na wagonie Bmnopux. Nie wynika to z równomiernego zużycia wszystkich 32 elementów ciernych wagonu, lecz z nie przekroczenia dopuszczalnego granicznego zużycia okładzin. Niezależnie od dokumentacji techniczno-ruchowej wagonu, poziom granicznego zużycia został ustalony przez pracowników wykonujący prace przeglądowe na poziomie 15mm grubości okładziny. Przy grubości okładziny nowej wynoszącej 35mm, wymiana przy grubości 15mm jest uzasadniona ze względu na czas użytkowania wagonu, po którym ponownie zostanie skierowany na przegląd. W celu ochrony układu dźwigniowego przed zniszczeniem spowodowanego tarciem obsad bez okładzin o tarczę hamulcową, na podstawie wieloletniego doświadczenia pracowników dokonujących przeglądu, wymiany okładzin dokonuje się już przy grubości 15mm. Pozostawienie okładziny o grubości mniejszej bez wymiany może spowodować całkowite wytarcie nakładki cierniej i niszczenia obsady okładziny, której wymian jest zabiegiem kosztownym, co zostało opisane w [4, 9].

2. TEST STATYSTYCZNY λ -KOŁMOGOROWA DLA ROZKŁADU LICZBY WYMIENIANYCH OKŁADZIN CIERNYCH

Celem przeprowadzenia testu zgodności λ -Kolmogorowa jest wysunięcie hipotezy, że badana cecha tj. liczba wymian zużytych okładzin ciernych na wagonie Bmnopux ma w danej populacji generalnej określony rozkład teoretyczny. Populację generalną stanowiły 374 przeglądy na wagonach ($n=374$). W celu wyznaczenia przedziałów klasowych wykorzystano zależność (1) zgodnie z [2] oraz wykorzystano zależność (2) na obliczenie wariancji rozpatrywanej populacji:

$$h_o \approx \frac{c}{\sqrt[3]{n}} \quad (1)$$

gdzie: c - stała wyrażona zależnością, $c = 2\sqrt[3]{3} \cdot \sqrt[5]{\pi} \cdot \sigma^2$
 σ^2 - wariancja opisana zależnością (2):

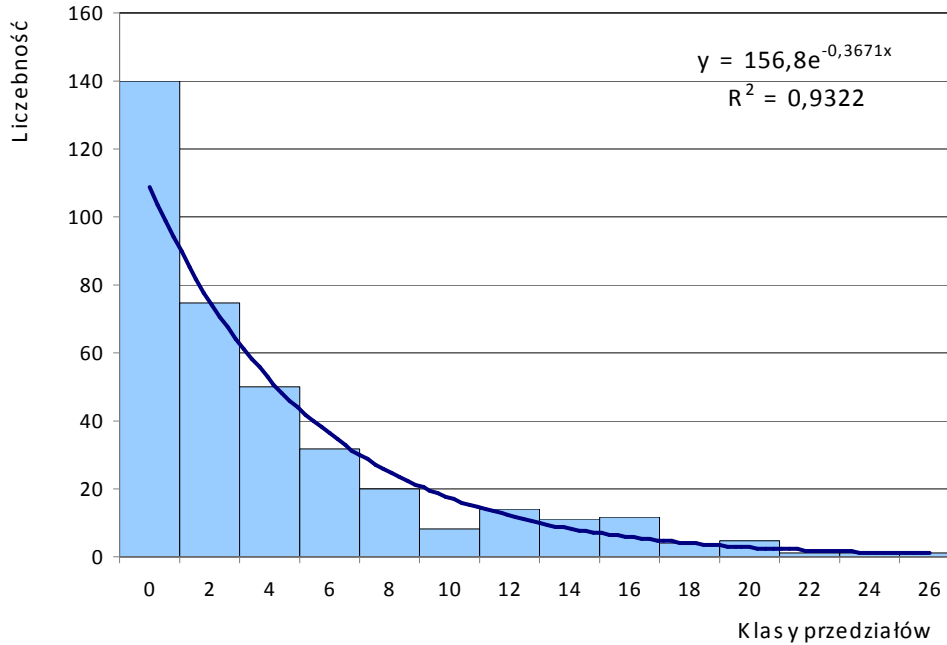
$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

gdzie: \bar{x} - wartość średnia, wyrażona równaniem (3):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

gdzie: x_i - i -ta wartość zmiennej, $x=1, 2, \dots, n$,
 n - liczba jednostek statystycznych badanej zbiorowości, $n=374$.

Wykorzystując zależności (1-3) liczba przedziałów klasowych $h_o=14$ natomiast wariancja $\sigma^2=27,69$. Liczebność wymian okładzin ciernych na wagonie pasażerskim Bmnopux podczas przeglądu międzypociągowego po przebiegu 1200km, co przedstawia rysunek 3 została aproksymowana rozkładem wykładniczym.



Rys. 3. Zestawienie wymienianych okładzin ciernych na wagonach podczas 374 przeglądów międzypociągowych

Na podstawie rysunku 3, wysunięto hipotezę, że badana cecha tj. liczba wymienianych okładzin ciernych na wagonach Bmnopux ma w danej populacji 374 przeglądów międzypociągowych rozkład wykładniczy opisany równaniem (4) [2, 7]:

$$f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot x} \quad (4)$$

gdzie: λ - estymator rozkładu parametru wykładniczego obliczanego z zależności (5):

$$\lambda = \frac{1}{\bar{x}} \quad (5)$$

$$\text{dla } \bar{x} = 4,12 \Rightarrow \lambda = 0,3$$

Dystrybuanta rozkładu wykładniczego przedstawia zależność (6) [2, 7]:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x} \quad (6)$$

Test zgodności λ -Kolmogorowa przeprowadzono przy następujących założeniach [1, 6]:

- 1) rozkład populacji generalnej ciągłej zmiennej losowej o dystrybuancie F jest dowolny,
- 2) próba o liczebności $n \geq 6$.

Postawiono następujące hipotezy:

- 1) $H_0 : F = F_0$,
- 2) $H_1 : F \neq F_0$.

Do weryfikacji hipotez wykorzystano następujące statystyki opisano równaniami (7) i (8) [1, 6]:

$$U = D_n \cdot \sqrt{n} \quad (7)$$

$$D_n = \max |F_n(x_i) - F_0(x_i)| \quad (8)$$

gdzie: $F_n(x_i)$ - dystrybuanta empiryczna rozkładu wykładniczego,
 $F_o(x_i)$ - dystrybuanta teoretyczna rozkładu wykładniczego.

Obszar krytyczny dla testu λ -Kolmogorowa przedstawia zależność (9) [1, 6]:

$$R_\alpha = (K_{1-\alpha}, \infty) \quad (9)$$

gdzie: $K_{1-\alpha}$ - kwantyl granicznego rozkładu Kolmogorowa.

Sposób wyznaczenia statystyki U przedstawiono w tabeli. 1.

Tab. 1. Weryfikacja hipotezy H_o testem zgodności λ -Kolmogorowa, że liczba wymienianych okładzin ciernych na wagonach Bmnopux ma w danej populacji 374 przeglądów międzypociągowych rozkład wykładniczy

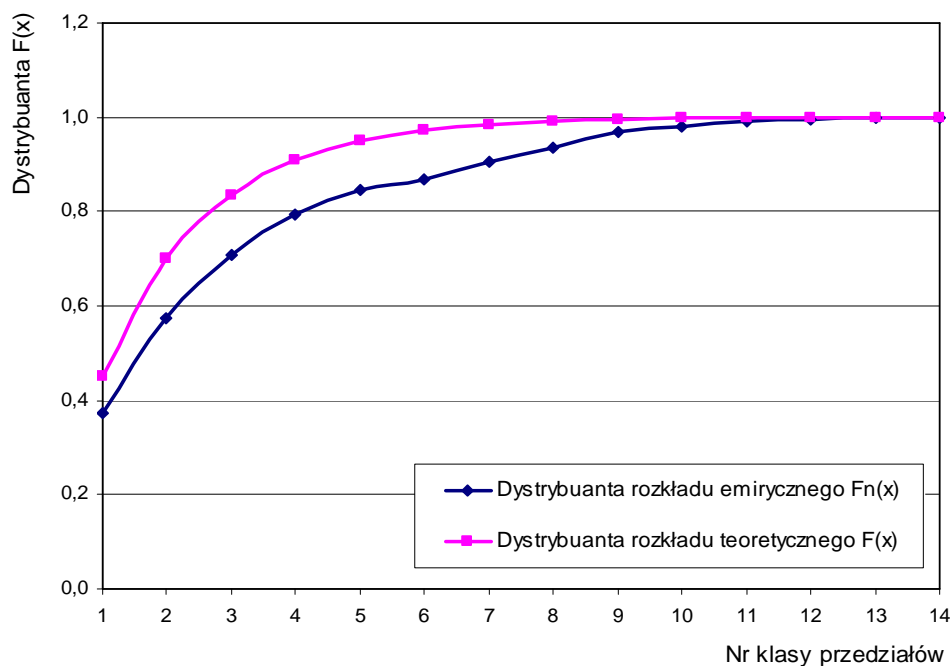
Lp.	$x_d - x_g$	n_i	$F_n(x_g)$	n_{isk}	$F(x_g)$	$F(x_g) - F_n(x_g)$	max D_n
1	(0-2>	140	0,3743	140	0,451188	0,0769	
2	(2-4>	75	0,5749	215	0,698806	0,1239	
3	(4-6>	50	0,7086	265	0,834701	0,1261	
4	(6-8>	32	0,7941	297	0,909282	0,1152	
5	(8-10>	20	0,8476	317	0,950213	0,1026	
6	(10-12>	8	0,8690	325	0,972676	0,1037	
7	(12-14>	14	0,9064	339	0,985004	0,0786	
8	(14-16>	11	0,9358	350	0,99177	0,0559	
9	(16-18>	12	0,9679	362	0,995483	0,0276	
10	(18-20>	4	0,9786	366	0,997521	0,0189	
11	(20-22>	5	0,9920	371	0,99864	0,0067	
12	(22-24>	1	0,9947	372	0,999253	0,0046	
13	(24-26>	1	0,9973	373	0,99959	0,0023	
14	(26-28>	1	1,0000	374	0,999775	0,0002	

n_i - liczebność obserwacji,
 n_{isk} - liczebność skumulowana

Na rysunku 4 przedstawiono dystrybuanty przebiegu teoretycznego oraz empirycznego rozkładu wykładniczego.

Przy największej różnicy dystrybuant rozkładu empirycznego i teoretycznego wynoszącej 0,1261 obliczono funkcję testową zgodnie z zależnością (7), którą wyniosła:

$$U = 0,1261 \cdot \sqrt{374} = 2,43$$



Rys. 4. Dystrybuanty rozkładu wykładniczego z liczby wymian okładzin ciernych na wagonie Bdhpumn

Obszar krytyczny oszacowano dla poziomu istotności $\alpha=0,01$, z tablic zawartych w [6] odczytano kwanty granicznego rozkładu Kołmogorowa:

$$K_{1-\alpha} = 1,63$$

Ponieważ:

$$U \in (K_{1-\alpha}, \infty)$$

to hipotezę H_0 (brzmiącą następująco: zmienna losowa będąca liczbą wymienianych okładzin ciernych na wagonach Bmnopux ma w danej populacji 374 przeglądów międzypociągowych rozkład wykładniczy $f(x) = \lambda e^{-\lambda \cdot x}$, należy przyjąć.

PODSUMOWANIE

Po przeprowadzeniu badań liczby wymienianych okładzin ciernych na wagonach Bmnopux stwierdza się, że w żadnym z 374 przeglądów międzypociągowych nie zaobserwowano na wagonach równomiernego zużycia okładzin hamulca tarczowego. Brak wymiany okładzin stwierdzony w 140 przeglądach wynikał z nie osiągnięcia granicznego dopuszczalnego zużycia okładzin. Kolejne przeglądy międzypociągowe dowiodły, że liczba wymienianych okładzin stopniowo się zwiększa zgodnie z rozkładem wykładniczym osiągając liczbę 24 wymian okładzin z 32 wszystkich okładzin znajdujących się na wagonie.

Ponadto po badaniach liczby wymienianych okładzin ciernych stwierdzono:

- 1) Przeglądy międzypociągowe wykonywane na wagonach Bmnopux po przebiegu 1200km nie zapewniają całkowitej kontroli zużycia okładzin ze względu na różne trasy kursowania wagonów cechujące się różną liczbę hamowań, intensywnością hamowania i prędkościami początku hamowania,

- 2) Czasy pomiędzy kolejnymi przeglądami wynoszące średnio 5 dni powodują, że podczas przeglądu wymienia się okładzinę przed osiągnięciem granicznego dopuszczalnego zużycia wynikającego z Dokumentacji Techniczno Ruchowej wagonu. Przy dopuszczalnym zużyciu okładziny zgodnie z DTR wynoszącym 7mm [8], wymian dokonuje się już przy grubości 15mm. Generuje to znaczną liczbę okładzin jako odpadów pozostałych po wymianie,
- 3) W celu użytkowania okładzin do maksymalnego dopuszczalnego zużycia, konieczne jest zastosowanie diagnostyki rejestrującej chwilę dokonania wymiany na nową okładzinę.
- 4) W 11-tu przypadkach na 374 przeglądy międzypociągowe stwierdzono całkowite zużycie okładzin łącznie z uszkodzeniem obsad okładzin. Przeprowadzone badania dowodzą o konieczności diagnozowania zużycia okładzin ciernych ze względu na ich nierównomierne zużycie oraz w celu ochrony przed uszkodzeniem pozostałych elementów układu hamulcowego jak obsady okładzin

BIBLIOGRAFIA

1. Bobowski Z., *Wybrane metody statystyki opisowej i wnioskowania statystycznego*. Wydawnictwo Wałbrzyskiej Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości, Wałbrzych 2008.
2. Gajek L., Kałużka M., *Wnioskowanie statystyczne – modele i metody*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
3. Gruszewski M., *Eksploatacja hamulca tarczowego wagonów piętrowych Bdhpumn*. Technika Transportu Szynowego 2/1995.
4. Gruszewski M., *Wybrane zagadnienia eksploatacji hamulca tarczowego*. Technika Transportu Szynowego 6-7/1995.
5. Gruszewski M., *Wybrane zagadnienia eksploatacji hamulca tarczowego wagonu Bdhpumn*. Technika Transportu Szynowego 6/1996.
6. Kadziński A., *Niezawodność pojazdów szynowych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1992.
7. Kałużka K., *Elementy statystyki w zadaniach*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
8. Rail Consult Gesellschaft für Verkehrsberatung mbH, *Wagon osobowy Z1 02, układ jezdny-tom 2*. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa.
9. Sawczuk W., *Defects of disc brake system in rail vehicles*, 7-th European Conference of Young Research and Science Workers in Transport and Telecommunications TRANSCOM 2007, s. 259-262.
10. Sawczuk W., *Research and Tests on Defect of Disc Brake System in Rail Vehicles*. Artykuł na I International Interdisciplinary Technical Conference of Young Scientists *InterTech 2008*, Poznan 17-18 April 2008, s. 226-229.
11. The COMPATIBILITY TEST for the KOLMOGOROV-λ the NUMBER of EXCHANGED FRICTION LININGS on TRAIN BMNOPUX

THE COMPATIBILITY TEST FOR THE λ KOLMOGOROV THE NUMBER OF EXCHANGER FRICTION PADS ON A PASSENGER CAR BMNOPUX

Abstract

Analyzing of the work carried out during the operation of the disc brake braking system of vehicles which run on Rails, it is concluded that the most common damage occur in assembly brake disc-friction pad. For this reason, much time is spent on the replacement of damaged or worn brake lining and brake discs with new ones. Due to the simple layout with the brake cylinder on the friction pad, other damage to the components of the braking system in accordance with the [3-5, 9, 10], occur occasionally. Identified cases of sudden damage or wear of the braking elements propagation resulted from negligence while performing maintenance and repairs wagon.

The purpose of the article is to present the results of research related to the number of exchanged passenger car Bmnopux and verification of the hypothesis that the number of exchanged worn friction pads on the said car has in the general population of the exponential distribution. Verification of the hypothesis was performed using test λ -Kolmogorov..

Autorzy:

Dr inż. **Wojciech Sawczuk** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, Zakład Pojazdów Szynowych, 60-965, Poznań, ul. Piotrowo 3, tel. 61 665 2023, e-mail. wojciech.sawczuk@put.poznan.pl