

Jerzy Kupiec, Agnieszka Kupiec

Dokładność oceny przez diagnostę siły nacisku na pedał hamulca

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2019.244

Data zgłoszenia: 28.01.2020 Data akceptacji: 10.02.2020

W artykule omówiony został problem oceny siły nacisku na pedał hamulca przez diagnostę podczas badania sprawności układu hamulcowego. Tego typu badania realizowane są w ramach okresowych obowiązkowych badań technicznych pojazdów samochodowych. Korzystając z przygotowanego do badań samochodu przebadano grupę diagnostów w zakresie zdolności do generowania i kontrolowania określonej siły nacisku na pedał hamulca. Uzyskane wyniki pozwolą na określenie wpływu doświadczenia, wieku czy szkolenia diagnosty na jej wartość.

Słowa kluczowe: pedał hamulca, siła nacisku, badanie techniczne, diagnosta.

Wstęp

Na temat układu hamulcowego ze względu na jego istotną funkcję i wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego napisano wiele artykułów. Zakres ciśnień panujących w układzie i temperaturę jego pracy podczas badań w rzeczywistym ruchu drogowym opisano szczegółowo w pracy [3]. Odnośnie jego diagnostyki oraz wpływu różnych czynników na uzyskane wyniki badania opisano w pracy [2]. Jednak opis procedur wymaganych przy badaniu jego sprawności z punktu widzenia teorii to jedno a zastosowanie ich w praktyce to drugie. Każdy samochód poruszający się po drogach powinien zostać poddany okresowemu badaniu technicznemu na stacji kontroli pojazdów. Jednym z badań podczas takiego przeglądu jest kontrola poprawności działania układu hamulcowego. Kontrola taka polega na ocenie organoleptycznej jego stanu oraz sprawdzeniu zgodności z wymaganiami wartości wskaźnika skuteczności hamowania. Wyznacza się go zgodnie z ogólnie przyjętą procedurą zapisaną w krajowych aktach prawnych [4] jak i podręcznikach do nauki zawodu [1]. Z procedury tej wynika, że na specjalnym stanowisku rolkowym dokonujemy pomiaru sił hamowania na poszczególnych kołach pojazdu dla określonego rodzaju hamulca: roboczego lub postojowego. Zapisy procedury wymagają wykorzystania podczas pomiaru czujnika siły nacisku na pedał hamulca, aby można było określić czy podczas badania nie nastąpiło przekroczenie jej wartości maksymalnej. Ze względu na utrudniony montaż stosowanych na SKP czujników oraz jego czasochłonność jest on stosowany bardzo rzadko. Diagnosta wykonujący badanie bazując na swoim doświadczeniu stara się kontrolować siłę nacisku na pedał i nie przekraczać dopuszczalnych wartości. Ze względu na różnice w wartościach sił hamowania generowanych przez układy hamulcowe różnych producentów pojazdów przy takiej samej sile nacisku na pedał postanowiono zbadać czy diagnosta potrafi określić siłę nacisku na pedał a jeżeli tak to, z jaką dokładnością.

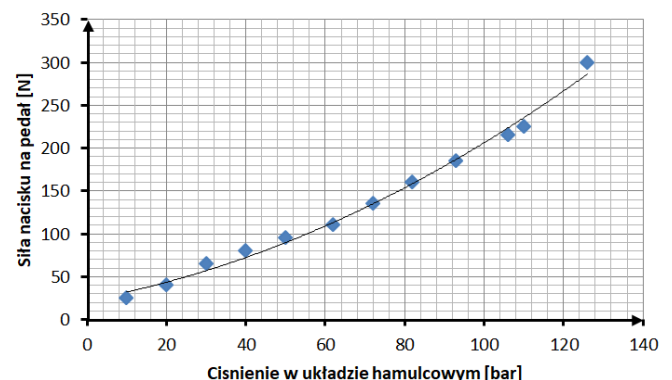
1. Stanowisko pomiarowe

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu samochodu osobowego Renault Scenic III wyprodukowanego w 2013r. o dopuszczalnej masie całkowitej 2249kg i rozkładzie nacisków na osie przednia: 1150kg i tylna: 1235kg. Samochód wyposażono w silnik o zapłonie samoczynnym i hydrauliczny układ hamulcowy ze wspomaganie podciśnieniowym.

Wartości siły nacisku na pedał hamulca zmierzono wykorzystując osprzęt stanowiska rolkowego do badania hamulców firmy Maha IW2 Eurosytem a informacje o ciśnieniu panującym w układzie hamulcowym uzyskano ze złącza OBD. Korzystając z możliwości urządzenia diagnostycznego CLIP (serwisowy tester diagnostyczny do pojazdów marki Renault) po połączeniu się ze sterownikiem układu ABS uzyskano możliwość wyświetlenia i zarejestrowania sygnału z czujnika ciśnienia panującego w przewodach układu hamulcowego. Pewnym ograniczeniem w pomiarach jest maksymalna wartość ciśnienia pokazywana przez układ pomiarowy a wynosząca 126bar. Chcąc mierzyć większe wartości siły nacisku na pedał hamulca wyłączono system wspomaganie podciśnieniowego w pojeździe wówczas zakres pomiarowy stał się wystarczający do przeprowadzenia testów.

2. Ustalenie wartości testowych

Siła nacisku na pedał hamulca powinna być mierzona bez mocowania dodatkowych urządzeń pomiarowych, aby nie zakłócać kontaktu podeszwy buta diagnosty z pedałem hamulca. Dlatego też na początku zdecydowano o wykorzystaniu czujnika ciśnienia w układzie hamulcowym do pośredniego określenia siły nacisku na pedał a nie czujnika siły nacisku na pedał. W tym celu najpierw zamontowano czujnik siły nacisku na pedał i wywierano na niego określony wcześniej nacisk odczytując jednocześnie wskazania wartości ciśnienia z urządzenia diagnostycznego podłączonego do gniazda OBD. Pomiary wykonano dla układu hamulcowego z sprawnym wspomaganie i bez niego. Uzyskane wyniki dla działającego wspomaganie przedstawiono na rysunku nr 1 natomiast dla wspomaganie wyłączonego na rysunku nr 2.



Rys. 1. Przebieg zmian wartości siły nacisku na pedał w funkcji ciśnienia w układzie hamulcowym z działającym układem wspomaganie

Powstałe w ten sposób charakterystyki zostały opisane równaniami:

- dla działającego układu wspomaganie

$$y = 0,0099x^2 + 0,8504x + 22,717 \quad (1)$$

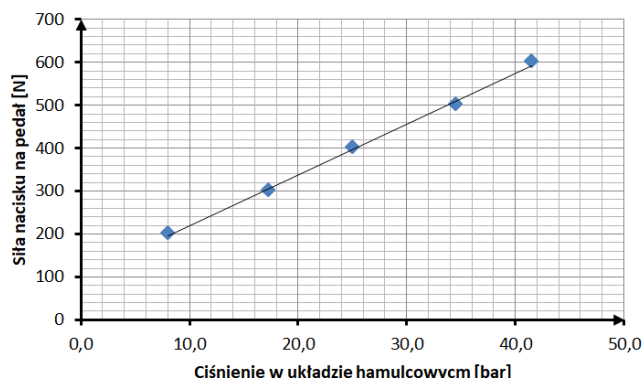
- dla układ bez wspomaganie

$$y = 11,861x + 100,43 \quad (2)$$

Gdzie:

y - to wartość siły nacisku na pedał [N],
 x - odczytana wartość ciśnienia w układzie [bar].

Po wykonaniu skalowania zdemontowano czujnik siły nacisku i w dalszych badaniach korzystano z samego pedału bez dodatkowych urządzeń.



Rys. 2. Przebieg zmian wartości siły nacisku na pedał w funkcji ciśnienia w układzie hamulcowym bez działającego układu wspomagania

3. Metodyka badań

Testy przeprowadzono dla pojazdu sprawnego technicznie z wyłączonym zasilaniem wspomagania układu hamulcowego. Wyłączenie układu wspomagania miało na celu badanie pojazdu o innej charakterystyce układu hamulcowego. W badaniu wzięło udział 5 diagnostów z różnym stażem i w różnym wieku (33-61lat). Badany diagnosta zajmował miejsce w pojeździe i był proszony o naciśnięcie na pedał hamulca z siłą wskazaną przez prowadzącego badanie. Operację tą powtarzano trzy krotnie dla każdej z trzech wartości sił. Siła wygenerowana przez diagnostę widoczna była tylko dla prowadzącego badanie.

Wartości sił branych do badania wyznaczono doświadczalnie w następujący sposób: 70N - to siła nacisku niezbędna do zablokowania kół osi przedniej badanego pojazdu, 200N - to wartość siły nacisku na pedał hamulca niezbędna do zablokowania kół tylnych badanego pojazdu, 500N - to siła nacisku na pedał maksymalna dopuszczalna w przepisach krajowych i homologacyjnych by uzyskać wymaganą przepisami sprawność układu hamulcowego [4]. Dwie pierwsze wartości sił nacisku nie mają większego znaczenia w ocenie działania samego układu hamulcowego jednak ze względu na chęć poznania zakresu panowania nad różnymi wartościami sił nacisku na pedał pozostawiono je w badaniach. Najistotniejsza jest ostatnia z branych do badań wartości sił ze względu na graniczne możliwości spełnienia wymagań przez układ hamulcowy. Jej nieświadome przekroczenie może spowodować błędną ocenę wyników pomiarów sił hamowania i dopuszczenie do ruchu pojazdu z niesprawnym układem hamulcowym.

Następnie przeprowadzono szkolenie dla każdego diagnosty tak, aby mógł zobaczyć wartość siły, z jaką naciska na pedał i powtórzone badanie.

4. Analiza wyników

Wyniki uzyskane podczas badań zestawiono w tabelach nr 1 i 2. Przedstawione wartości siły uzyskanej w badaniu są wartościami średnimi dla wszystkich diagnostów, średnie odchylenie standardowe siły jest wartością wskazującą o ile średnio odchylają się wyniki siły nacisku od wartości średniej arytmetycznej. Odchylenie od wartości oczekiwanej jest różnica pomiędzy zadaną wartością siły a uzyskaną średnią arytmetyczną dla wszystkich diagnostów. Odchylenie procentowe to różnica pomiędzy wartością oczekiwaną a uzyskaną podana jest w procentach. Wartości ujemne świadczą o zbyt mocnym w stosunku do wartości zadanej nacisku na pedał

hamulca. Przy określaniu odchylenia procentowego za 100% brano wartość zadaną.

Tab. 1. Wyniki badania siły nacisku bez wcześniejszego przygotowania diagnosty

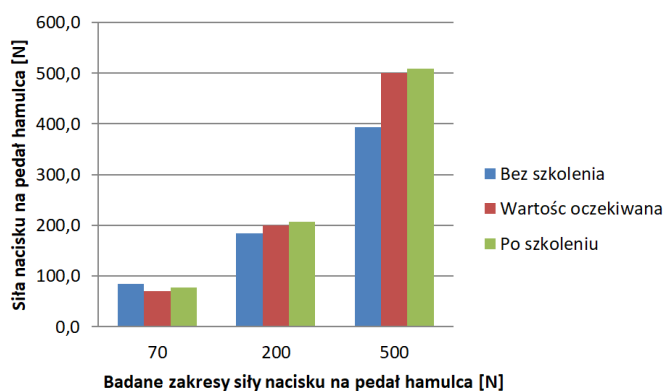
Siła nacisku oczekiwana [N]	70	200	500
Siła uzyskana w badaniu [N]	83,8	183,3	392,9
Średnie odchylenie std. siły obliczonej	35,9	35,3	222,1
Odchylenie od wartości oczekiwanej [N]	-13,8	16,7	107,1
Odchylenie procentowe	19,7%	8,4%	21,4%

Analizując wyniki próby naciskania na pedał bez wcześniejszego przygotowania to dla wskazanej siły 70N średnio diagnosty naciskali na pedał hamulca o 19,7% mocniej niż było potrzeba natomiast przy wskazanej sile 200N naciskali na pedał o 8,4% słabiej. Podobna sytuacja miała miejsce przy próbie wytworzenia nacisku 500N tutaj również diagnosty naciskają o 21,4% za słabo. Im większy nacisk trzeba wytworzyć tym większe odchylenie procentowe w kierunku zbyt małych sił nacisku. Na podstawie wartości odchylenia standardowego można wskazać dokładność otrzymanej wartości średniej i tak dla 83,8N wynosi ona 42,8%, dla 183,3N wynosi 19,3% a dla 392,9N wynosi 56,5%.

Tab. 2. Wyniki badania siły nacisku po wcześniejszym przygotowaniu diagnosty

Siła nacisku oczekiwana [N]	70	200	500
Siła uzyskana w badaniu [N]	76,8	206,5	509,4
Średnie odchylenie std. siły obliczonej	5,8/7,6%	24,4/11,8%	64,3/12,6%
Odchylenie od wartości oczekiwanej [N]	6,8	6,5	9,4
Odchylenie procentowe	9,7%	3,3%	1,9%

Po przeprowadzeniu szkolenia każdego diagnosty wyniki uległy znaczącej poprawie. Różnice w uzyskanych wartościach są dobrze widoczne na wykresie słupkowym z rysunku nr 4, gdzie kolorem czerwonym oznaczono wartość oczekiwaną siły. Odnosząc się do uzyskanych wartości liczbowych to odchylenie standardowe dla wszystkich uzyskanych sił nacisku zmniejszyło się do zakresu 7,6-12,6%. Odchylenie siły nacisku od wartości wymaganej oscylowało między 9,7% dla siły 70N do 1,9% dla siły 500N. Warto zwrócić uwagę, iż wszystkie wartości były nieznacznie większe od wymaganej oraz wraz ze wzrostem wartości siły wymaganej zwiększała się precyzja sterowania naciskiem na pedał hamulca. O zwiększeniu precyzji świadczy zmniejszająca się wartość odchylenia procentowego (tab.2).



Rys. 4. Porównanie wyników wartości siły nacisku na pedał hamulca dla diagnostów bez wcześniejszego szkolenia i po odbyciu szkolenia.

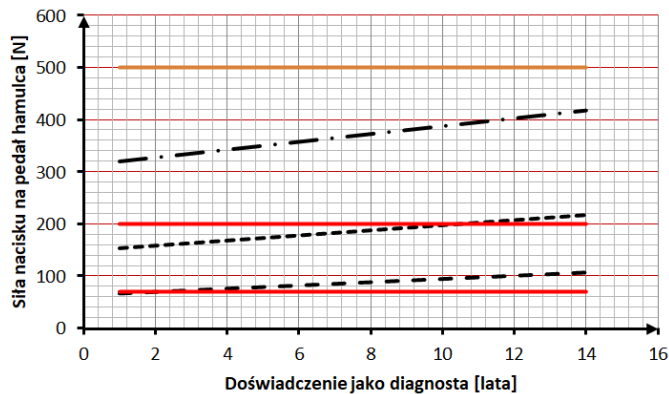
Ze względu na dużą rozpiętość wiekową jak i doświadczenie diagnostów uzyskane wyniki można przeanalizować również pod kątem wpływu wieku i doświadczenia na wartości siły, z jaką naci-

skany jest pedał hamulca. I tak doświadczenie określono na podstawie ilości przepracowanych lat w zawodzie, które upłynęły od otrzymania uprawnień diagnosty. Najmłodszy z badanych diagnostów miał 1 rok doświadczenia a najstarszy 15 lat. Wszyscy badani pracowali czynnie na stanowisku diagnosty od otrzymania uprawnień. Dla lepszego zobrazowania zachodzących wraz z latami doświadczenia zmian dla każdej z badanych grup siły nacisku (70,200,500) wyznaczono linię trendu zgodnie z wynikami pomiarów. Uzyskane równania linii trendu zestawiono w tabeli nr 3 gdzie x to lata doświadczenia a y to siła nacisku na pedał hamulca.

Tab. 3. Równania linii trendu dla badanych zakresów siły nacisku na pedał w zależności od doświadczenia badanego diagnosty

Siła nacisku na pedał hamulca - siła odniesienia	Równanie linii trendu y-siła nacisku, x-lata doświadczenia
70N	$y = 3,0966x + 63,535$
200N	$y = 4,9016x + 148,56$
500N	$y = 7,5166x + 312,31$

Bazując na otrzymanych równaniach wygenerowano krzywe odpowiadające zmianom siły nacisku w funkcji wieku diagnosty i zestawiono je z prostymi odpowiadającymi wartościami zadawanych sił nacisku (rysunek nr 5).



Rys. 5. Przebieg zmian wartości siły nacisku na pedał w zależności od doświadczenia diagnosty

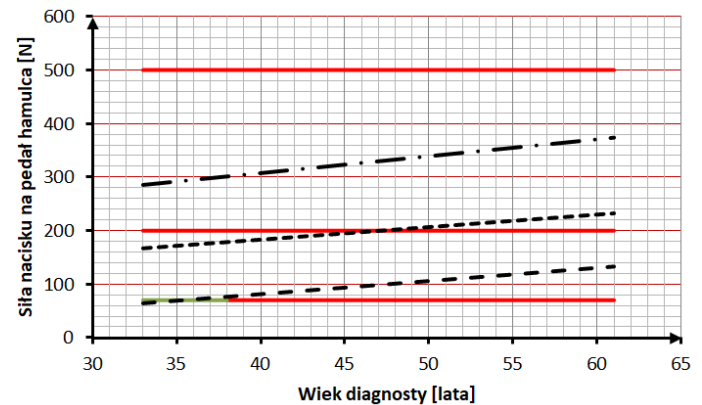
Otrzymane przebiegi zmian dla siły 500N mają tendencję do zmniejszania różnicy pomiędzy wartością wymaganą a siłą nacisku wraz z latami doświadczenia. W pozostałych dwóch przypadkach wraz z upływem lat doświadczenia różnica ta maleje osiągając wartość zerową i następnie ponownie rośnie. Przekształcając otrzymane zależności można wyznaczyć ilość lat doświadczenia, przy których siła nacisku na pedał wynosi dokładnie tyle ile wymagana. Nacisk 70N jest w stanie bezbłędnie określić diagnosta ze stażem 2 lat, 200N ze stażem 10 lat a 500N ze stażem 25 lat.

Podobnie postąpiono przy analizie wpływu wieku diagnosty na wytwarzaną siłę nacisku na pedał hamulca. Wiek w badanej grupie to zakres od 33 lat do 62 lat. Wpływ wieku na uzyskiwaną wartość siły nacisku przedstawiono w postaci równań linii trendu zestawionych w tabeli nr 4 oraz wygenerowanych na ich podstawie przebiegach na rysunku nr 6.

Tab. 4. Równania linii trendu dla badanych zakresów siły nacisku na pedał w zależności od wieku badanego diagnosty

Siła nacisku na pedał hamulca - siła odniesienia	Równanie linii trendu y-siła nacisku, x-wiek diagnosty
70N	$y = 2,4511x - 16,674$
200N	$y = 2,3376x + 89,76$
500N	$y = 3,1535x + 181,44$

Analizując otrzymane przebiegi zmian mają one takie same tendencje jak dla lat doświadczenia, czyli dla siły 500N mają tendencję do zmniejszania różnicy pomiędzy wartością wymaganą a siłą nacisku wraz z wiekiem diagnosty. W pozostałych dwóch przypadkach wraz z upływem lat różnica ta maleje osiągając wartość zerową i następnie ponownie rośnie. Przekształcając otrzymane zależności można określić wiek, przy którym siła nacisku na pedał wynosi dokładnie tyle ile wymagana. Nacisk 70N jest w stanie bezbłędnie określić diagnosta w wieku 35 lat, 200N w wieku 47 lat a 500N w wieku 101 lat. Ostatnia obliczona wartość ze względu na ograniczoną motorykę człowieka w tym wieku wskazuje na konieczność przeprowadzenia badań na większej populacji diagnostów w celu skorygowania równania linii trendu.



Rys. 6. Przebieg zmian wartości siły nacisku na pedał w zależności od wieku diagnosty

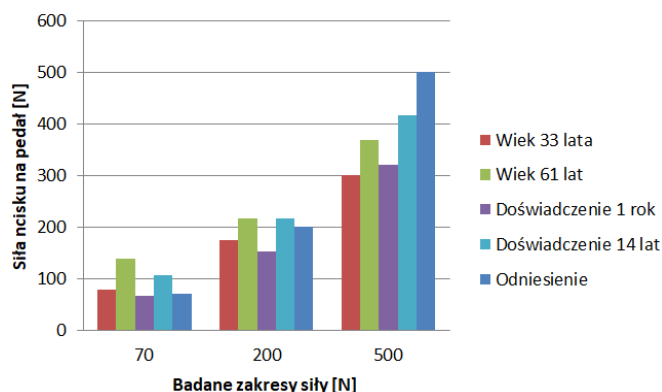
Uzyskane wyniki badań związane z wpływem doświadczenia w pracy i wiekiem diagnostów na zdolność do wytwarzania zadanej siły nacisku na pedał hamulca do końcowej analizy zestawiono w tabeli nr 5. Podane w niej wartości odnoszą się do wartości wymaganej (stanowi ona 100%) i zawierają odchylenia procentowe siły nacisku na pedał wywieranej przez diagnostę podczas badania od tej wartości wymaganej.

Tab. 5. Odchylenia procentowe siły nacisku na pedał w zależności od wieku i doświadczenia badanego diagnosty

Wymagana siła nacisku na pedał [N]	70	200	500
Wiek 33 lata	13,3%	-12,9%	-40,0%
Wiek 61 lat	97,4%	8,7%	-26,1%
1 rok doświadczenia	-4,9%	-23,3%	-36,0%
14 lat doświadczenia	52,7%	8,6%	-16,5%

Wartości ujemne podane w tabeli świadczą o zbyt małej sile nacisku na pedał hamulca w stosunku do wymaganej a dodatnie odwrotnie. Jak można zauważyć największe różnice występują u diagnostów najstarszych i najbardziej doświadczonych przy wymaganej sile nacisku 70N są to wartości 97,4% i 52,7% odchylenia. Najmniejsze różnice występują u diagnostów najmłodszych o najkrótszym stażu i wynoszą odpowiednio 13,3% i -4,9% odchylenia. Siły nacisku na pedał hamulca 70N i 200N są wartościami kontrolnymi z punktu widzenia badania, a wartość 500N jest wartością graniczną siły określoną w przepisach. Tak, więc umiejętność określenia przez diagnostę czy została ona przekroczona wydaje się mieć duże znaczenie podczas oceny sprawności układu hamulcowego. Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, że żaden z badanych diagnostów nie przekroczył tej wartości, jednak największe odchylenie zarejestrowano dla najmłodszego diagnosty aż 40% i najmniej doświadczonego 36%. Najmniejsze odchylenie od wartości oczekiwanej uzyskał diagnosta z najdłuższym stażem 16,5%.

Różnice pomiędzy wpływem wieku i doświadczenia na wartość wywieranej siły nacisku zaprezentowano rysunku nr 7.



Rys. 7. Przebieg zmian wartości siły nacisku na pedał w zależności od wieku i doświadczenia diagnosty

Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie dla badanej grupy czy diagnosta jest w stanie określić, z jaką dokładnością i jaką siłą naciska na pedał hamulca oraz czy nie przekracza wartości określonej, jako maksymalna. Badania przeprowadzono dla trzech wartości siły nacisku, co dało szerszy pogląd na analizowane zagadnienie.

Odnosząc się do maksymalnej dopuszczalnej wartości siły nacisku na pedał hamulca gdyż to ona ma największe znaczenie przy ocenie stanu technicznego układu hamulcowego na podstawie otrzymanych wyników można sformułować następujące wnioski:

1. Podczas badań bez wcześniejszego przygotowania żaden z badanych diagnostów nie wytworzył siły nacisku na pedał przekraczającej wartość maksymalną dopuszczalną.
2. Okresowe szkolenie diagnostów może podnieść ich zdolność do prawidłowego rozpoznawania siły nacisku na pedał hamulca świadczy o tym spadek odchylenia wywieranej siły nacisku z 21,4% do 1,9% (przy sile oczekiwanej 500N).
3. Im starszy diagnosta tym mniejsze odchylenie od wartości wymaganej siły nacisku szczególnie w zakresie siły granicznej.
4. Doświadczenie w pracy diagnosty ma decydujące znaczenie w zakresie kontroli siły nacisku na pedał - najmniejsze odchylenie od wartości oczekiwanej siły nacisku 500N uzyskał diagnosta z najdłuższym stażem pracy.
5. Precyzja generowanej siły nacisku określana jako odchylenie od wartości zadanej zmienia się w zależności od wartości siły za-

danej i wynosi w zaokrągleniu 10% (dla 200N) i 20% (dla 70N i 500N)

Uzyskane wyniki dają bardzo ogólny pogląd na badane zagadnienie ze względu na małą liczbę próby. Przedstawione wnioski z wstępnych badań wymagają potwierdzenia na większej grupie diagnostów.

Bibliografia:

1. Wróblewski P., Kupiec J., Diagnostowanie podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych, Warszawa, WKŁ 2015
2. Kupiec J., Kupiec A.: Wpływ ciśnienia w ogumieniu na wyniki badań w SKP, Miesięcznik dla naprawiających i badających pojazdy "Serwis motoryzacyjny" nr 6/2014, Wydawnictwo PISKP Warszawa 2014r.
3. Kupiec J., Ślaski G., Pikosz H.: Parametry pracy układu hamulców samochodu osobowego w badaniach eksperymentalnych, czasopismo Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe -2018, nr 12.
4. Dz. U. z dnia 10 czerwca 2015r. poz. 776 w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach.

Accuracy of evaluation by the diagnostician of the pressure on the brake pedal

The article discusses the problem of assessing the pressure on the brake pedal by a diagnostician during a brake system efficiency test. These types of tests are carried out as part of mandatory periodical technical tests of motor vehicles. A group of diagnosticians was tested using the car prepared for testing in terms of their ability to generate and control a specific pressure on the brake pedal. The obtained results will allow determining the impact of experience, age or training of a diagnostician on its value.

Keywords: brake pedal, pressure force, technical test, diagnostician.

Autorzy:

dr **Jerzy Kupiec** – Politechnika Poznańska – Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, ul. Piotrowo 3, 60-956 Poznań, e-mail: jerzy.kupiec@put.poznan.pl

mgr inż. **Agnieszka Kupiec** – Politechnika Poznańska – Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, ul. Piotrowo 3, 60-956 Poznań, e-mail: agnieszka.kupiec@put.poznan.pl