

Adrian Malinowski, Paula Szczepańska, Piotr Mioduszewski, Stanisław Taryma

Pomiary skuteczności hamowania w stacjach kontroli pojazdów

JEL: L62. DOI: 10.24136/atest.2019.199.

Data zgłoszenia: 23.07.2019. Data akceptacji: 28.09.2019.

Przeprowadzono pomiary skuteczności hamowania w warunkach różnych stacji kontroli pojazdów. Celem przedsięwzięcia było porównanie wyników z uzyskanych pomiarów. Na tej podstawie pozyskano dane umożliwiające opracowanie założeń do koncepcji metodyki badań technicznych pojazdów zabytkowych w stacjach kontroli pojazdów.

Słowa kluczowe: skuteczność hamowania, pomiary, stacje kontroli pojazdów.

1. Cel i zakres pracy

Celem pracy było pozyskanie danych umożliwiających opracowanie założeń do koncepcji metodyki badań technicznych pojazdów zabytkowych w stacjach kontroli pojazdów. Przeprowadzono pomiary skuteczności hamowania w jedenastu stacjach kontroli pojazdów [4]. Stacje zostały wybrane losowo z jednym postawionym warunkiem. Pomiar powinien być wykonany przy zastosowaniu quasi-statycznej metody pomiarowej z wykorzystaniem stanowisk rolkowych do pomiaru sił hamowania [3]. Zastosowano więc jedną metodę i jeden pojazd marki Peugeot Partner w celu uzyskania miarodajnego zestawienia wyników.

Pomiary skuteczności działania hamulców podzielono na 2 etapy:

- wykonanie pomiarów dla jednego pojazdu w każdej z 10 stacji kontroli pojazdów,
- wykonanie 10 pomiarów dla tego samego pojazdu w jednej stacji kontroli pojazdów.

Zasady wykonania pomiarów określone są w instrukcjach obsługi stanowisk oraz w procedurach przeprowadzania badań technicznych pojazdów w stacjach kontroli pojazdów przez uprawnionych diagnostów [3], [2].

2. Przeprowadzone badania i pomiary

Badania były przeprowadzane na jednym samochodzie więc dopuszczalna masa całkowita pojazdu dla każdego pomiaru była taka sama i wynosiła 2040 kg. Do określenia skuteczności działania hamulca roboczego wykorzystano wartości sił hamowania wyrażone w [kN]. W tabeli 1. przedstawiono zestawienie wszystkich wyników pomiarów wraz z wartościami siły nacisku na pedał hamulca i osiągniętymi przy tym maksymalnymi siłami hamowania kół pojazdu.

Korzystając z poniższej zależności (1) został obliczony wskaźnik skuteczności hamowania, którego wartości przedstawiono w tabeli 2. Są to wartości wskaźnika obliczone przy uwzględnieniu dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu, która wynosiła 2040 kg.

$$z = \frac{\sum T}{P} 100 \quad (1)$$

gdzie:

z – wskaźnik skuteczności hamowania w [%] dla badanego rodzaju hamulca,

$\sum T$ – suma sił hamowania wszystkich kół w [kN] dla hamulca roboczego,

Tab. 1. Wyniki pomiarów sił hamowania pojazdu na 10 różnych stanowiskach rolkowych

| Nr pomiaru | Oś przednia | | | Oś tylna | | |
|------------------------|-------------------------------|---------------------|------------|-------------------------------|---------------------|------------|
| | Nacisk na pedał hamulca [daN] | Siła hamowania [kN] | | Nacisk na pedał hamulca [daN] | Siła hamowania [kN] | |
| | | Lewe koło | Prawe koło | | Lewe koło | Prawe koło |
| 01 | 3,6 | 2,27 | 2,63 | 19 | 2,17 | 2,01 |
| 02 | 5 | 3,64 | 3,32 | 10 | 2,45 | 2,46 |
| 03 | 4 | 3,05 | 3,03 | 16 | 2,27 | 2,27 |
| 04 | 6,1 | 3,83 | 3,49 | 22,3 | 2,66 | 2,64 |
| 05 | 4 | 3,17 | 3,19 | 20 | 2,45 | 2,07 |
| 06 | 3,4 | 1,35 | 1,11 | 48,1 | 2,85 | 2,1 |
| 07 | 3 | 3,33 | 2,13 | 19 | 2,13 | 1,84 |
| 08 | 15 | 2,27 | 1,87 | 15 | 2,75 | 2,51 |
| 09 | 7 | 2,44 | 2,5 | 7 | 2,44 | 2,5 |
| 10 | 29 | 3,65 | 1,18 | 80 | 1,12 | 1,01 |
| Średnia wartość | 8,01 | 2,9 | 2,44 | 25,64 | 2,32 | 2,14 |
| Niepewność standardowa | 8,17 | 0,79 | 0,85 | 22,08 | 0,48 | 0,47 |
| Niepewność względna | 102% | 27,2% | 34,8% | 86% | 20,7% | 22,0% |

Tab. 2. Wartości wskaźnika skuteczności działania hamulców z 10 różnych stacji kontroli pojazdów

| Nr pomiaru | Wskaźnik skuteczności działania hamulców w % dla dopuszczalnej masy całkowitej DMC = 2040 kg | Wskaźnik skuteczności działania hamulców w % dla masy rzeczywistej pojazdu $m_r = 1560$ kg |
|------------------------|--|--|
| 01 | 44,5 | 58,6 |
| 02 | 58,2 | 76,6 |
| 03 | 52,1 | 68,5 |
| 04 | 61,9 | 81,4 |
| 05 | 53,5 | 70,2 |
| 06 | 36,3 | 47,8 |
| 07 | 46,2 | 60,8 |
| 08 | 46,1 | 60,6 |
| 09 | 48,4 | 63,7 |
| 10 | 34,1 | 44,9 |
| Średnia wartość | 48,11 | 63,3 |
| Niepewność standardowa | 8,76 | 11,51 |

P – siła ciężkości (nacisk) od dopuszczalnej masy całkowitej badanego pojazdu w [kN], przyjmując do obliczeń 1 kN = siła ciężkości 100 kg masy.

Analizując wyniki pokazane w tabeli 2 można stwierdzić, że tylko dwie wartości obliczonych wskaźników są pozytywne (zgodnie z rozporządzeniem [2] powyżej 58%) – wynik badania na stacji nr 2 oraz nr 4. Wynika to z zastosowania masy własnej pojazdu,

która była podstawiona do wzoru. W trakcie przeprowadzonych badań pojazd był poddany pomiarowi tłumienia zawieszenia, podczas którego został zważony, a wartość masy automatycznie zapisana w programie. W przypadku niniejszego pojazdu masa rzeczywista $m_{rz} = 1560$ kg znacząco się różniła od masy dopuszczalnej DMC = 2040 kg. Wartości wskaźnika skuteczności działania hamulców obliczone dla masy rzeczywistej przedstawiono także w tabeli 2 w kolumnie trzeciej. Można zauważyć, że tylko dwie wartości wskaźnika skuteczności hamowania uzyskane z pomiarów na stacji nr 6 i 10 są mniejsze od wartości wymaganego wskaźnika skuteczności hamowania.

Zgodnie z procedurą [3], gdy wskaźnik skuteczności hamowania wychodzi negatywnie istnieje możliwość uzyskania obliczeniowego wskaźnika skuteczności hamowania, który można obliczyć z następujących zależności:

$$T^* = \sum \left(T \frac{P_d}{P_z} \right)_i \quad (2)$$

$$z^* = \frac{T^*}{P} 100 \quad (3)$$

gdzie:

P – siła ciężkości (nacisk) od dopuszczalnej masy całkowitej badanego pojazdu w [kN],

przyjmując do obliczeń 1 kN = siła ciężkości 100 kg masy,

Z_{min} – wymagany wskaźnik skuteczności hamowania w [%],

T^* – obliczeniowa siła hamowania hamulca roboczego w [kN],

z^* – obliczeniowy wskaźnik skuteczności hamowania w [%],

T – siła hamowania uzyskana ze wszystkich kół danej osi w [kN],

i – kolejna badana oś pojazdu,

P_z – zmierzony nacisk na pedał hamulca roboczego w [daN],

P_d – dopuszczalny nacisk na pedał hamulca roboczego według § 2 ust. 1 pkt 3 rozporządzenia [2] dla danego rodzaju pojazdu w [daN].

Podczas stosowania powyższych zależności należy uwzględnić nacisk na pedał hamulca. Należy obliczyć stosunek dopuszczalnego nacisku, który wynosi 50 daN do rzeczywistego nacisku, który został zmierzony. W takiej sytuacji każda wartość siły została przemnożona dodatkowo przez stosunek wartości tych nacisków. Wartości obliczeniowego wskaźnika skuteczności działania hamulców podano w tabeli 3. Konieczność wskazania obliczeniowego wskaźnika skuteczności działania hamulców, istniała aż dla 8 różnych stacji kontroli pojazdów, w których zostały wykonane pomiary, gdyż po wpisaniu dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu, która została spisana z dowodu rejestracyjnego wartość wyniku pomiaru była niższa od wartości dopuszczalnej, czego skutkiem powinno być niedopuszczenie pojazdu do ruchu. Wartość obliczeniowego wskaźnika skuteczności działania hamulców uzyskana z pomiarów w 8 stacjach była większa od wartości dopuszczalnej 58%.

W drugim etapie zostało wykonanych 10 kolejnych pomiarów. Wykonał je jeden diagnosta, dla pojazdu, który był poprzednio badany na 10 stacjach kontroli pojazdów. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Wnioski

Na podstawie wyników zamieszczonych w tabeli 1 można zauważyć, że zmierzone siły hamowania mają różne wartości. Dla przykładu: wartości sił hamowania osi przedniej zmierzone na jednej ze stacji są prawie trzy razy większe niż te, które były pomierzone przez innego diagnostę przy zbliżonym nacisku na pedał hamulca. Niniejszy przykład przedstawiono w tabeli 5.

Tab. 3. Wartości obliczeniowe wskaźnika skuteczności działania hamulców

| Nr pomiaru | Wskaźnik skuteczności działania hamulców dla dopuszczalnej masy całkowitej DMC = 2040 kg [%] | Obliczeniowy wskaźnik skuteczności działania hamulców [%] |
|------------------------|--|---|
| 01 | 44,5 | 387,5 |
| 03 | 52,1 | 461,5 |
| 05 | 53,5 | 442,1 |
| 06 | 36,3 | 352,4 |
| 07 | 46,2 | 445,1 |
| 08 | 46,1 | 202,6 |
| 09 | 48,4 | 497,3 |
| 10 | 34,1 | 153,6 |
| Średnia wartość | 48,11 | 367,76 |
| Niepewność standardowa | 8,76 | 117,70 |

Tab. 4. Wyniki pomiarów wykonane na jednej stacji kontroli pojazdów

| Nr pomiaru | Oś przednia | | | Oś tylna | | |
|------------------------|-------------------------------|---------------------|------------|-------------------------------|---------------------|------------|
| | Nacisk na pedał hamulca [daN] | Siła hamowania [kN] | | Nacisk na pedał hamulca [daN] | Siła hamowania [kN] | |
| | | Lewe koło | Prawe koło | | Lewe koło | Prawe koło |
| 01 | 4 | 3,42 | 3,34 | 14 | 2,42 | 1,92 |
| 02 | 4 | 3,29 | 3,07 | 17 | 2,42 | 1,94 |
| 03 | 3 | 3,16 | 3,16 | 17 | 2,46 | 1,95 |
| 04 | 4 | 3,44 | 3,17 | 15 | 2,40 | 1,85 |
| 05 | 4 | 3,19 | 3,17 | 17 | 2,38 | 1,92 |
| 06 | 3 | 3,42 | 3,31 | - | 2,37 | 1,91 |
| 07 | 4 | 3,47 | 3,34 | 17 | 2,45 | 1,90 |
| 08 | 4 | 3,08 | 2,95 | 17 | 2,41 | 1,93 |
| 09 | 3 | 3,49 | 3,31 | 18 | 2,43 | 1,95 |
| 10 | 3 | 3,15 | 2,97 | 19 | 2,45 | 1,95 |
| Średnia wartość | 3,60 | 3,30 | 3,20 | 16,80 | 2,40 | 1,90 |
| Niepewność standardowa | 0,50 | 0,20 | 0,10 | 5,50 | 0,02 | 0,03 |
| Niepewność względna | 13,9% | 6,3% | 3,1% | 32,7% | 0,8% | 1,6% |

Tab. 5. Wyniki pomiarów sił hamowania pojazdu na stacji 03 i 06

| Nr pomiaru | Oś przednia | | | Oś tylna | | |
|------------|-------------------------------|---------------------|------------|-------------------------------|---------------------|------------|
| | Nacisk na pedał hamulca [daN] | Siła hamowania [kN] | | Nacisk na pedał hamulca [daN] | Siła hamowania [kN] | |
| | | Lewe koło | Prawe koło | | Lewe koło | Prawe koło |
| 03 | 4 | 3,05 | 3,03 | 16 | 2,27 | 2,27 |
| 06 | 3,4 | 1,35 | 1,11 | 48,1 | 2,85 | 2,1 |

Pomiaru wartości siły nacisku nogi kierowcy podczas hamowania dokonano za pomocą miernika zakładanego na pedał hamulca. Dla pomiarów wykonanych na 10 różnych stacjach wartość odchylenia standardowego stanowiącego rozrzut od średniej wartości siły hamowania (niepewność standardowa) wynosi odpowiednio: dla przedniej osi – 0,79 kN (27,2%) lewa strona oraz 0,85 kN (34,8%) strona prawa. Zaś dla tylnej osi wartości te

wynoszą: 0,48 kN (20,7%) lewa strona i 0,47 kN (22,0%) strona prawa. W nawiasach w procentach podano wartości niepewności względnej umieszczone w dolnym wierszu tabeli 1. Wartości te w porównaniu do tych, które zostały uzyskane w wyniku badań przeprowadzonych przez jednego diagnostę są rozbieżne, gdyż w tym przypadku, gdy badania były wykonywane na jednej stacji niepewność standardowa dla przedniej osi pojazdu wynosiła dla lewej strony 0,2 kN (6,3%) i dla prawej 0,1 kN (3,1%), a dla tylnej osi natomiast odchylenie standardowe wynosiło 0,02 kN (0,8%) dla lewej strony i 0,03 kN (1,6%) dla prawej strony. W powyższym opisie w nawiasach podano także wartości niepewności względnej umieszczone w dolnym wierszu tabeli 4. Można stwierdzić, że pomiary wykonane przez jednego diagnostę obarczone były znacznie mniejszą niepewnością pomiaru. Na podstawie obliczonych wartości średnich pomiarów, a także rozrzutu otrzymanych wartości określonych niepewnością standardową można zauważyć, że błąd względny pomiaru wynikający z użycia jednego urządzenia przez jednego diagnostę jest średnio około 14 razy mniejszy niż w przypadku wykonywania badań przez dziesięć różnych osób.

Można przypuszczać, że podczas dokonywania pomiarów skuteczności hamowania w 10 różnych stacjach kontroli pojazdów przez dziesięciu diagnostów, na tak duży rozrzut wyników miały wpływ różne kompetencje i umiejętności diagnostów obsługujących stanowiska i urządzenia, różny stan techniczny stanowisk i różna sprawność wykorzystywanych urządzeń, a także, być może, zróżnicowana dbałość diagnostów o rzetelność pomiarów. W przypadku stanu technicznego stanowisk istotny jest stopień zużycia nawierzchni zewnętrznej rolek stanowiska wpływający na współczynnik tarcia (przyczepności) między oponą badanego pojazdu a powierzchnią rolek. Na rozrzut pomiarów wykonanych na stanowiskach różnych producentów może także mieć wpływ układ konstrukcyjny zestawu rolek stanowiska, a w szczególności średnica rolek oraz wzajemne usytuowanie osi rolek [1]. Różnice wyników pomiarów z różnych stacji mogły zależeć także od tego, w jaki sposób diagnosty realizowali procedurę pomiarową.

Uwzględniając powyższe wykonano następnie drogowe i symulacyjne badania hamowania zbioru pojazdów zabytkowych. Wyniki tych badań przedstawiono w pracy [5]. Wyznaczano drogę hamowania oraz opóźnienie hamowania pojazdów dwoma metodami. Zestawienie tych wyników wykazało dość dobrą zgodność obu metod. Pomiar drogi hamowania w warunkach drogowych jest najbardziej dokładnym sposobem oceny skuteczności hamowania pojazdu. Stosowanie tego sposobu w warunkach stacji kontroli pojazdów jest utrudnione ze względu na brak przyrządów pomiarowych będących na wyposażeniu stacji. Rozporządzenia [3] i [2] nie zalecają tej metody.

Wykorzystując doświadczenia zdobyte podczas prowadzenia pomiarów oraz analizy ich wyników zaproponowano w wyznaczaniu

wskaźnika skuteczności hamowania pojazdów zabytkowych wykorzystanie drogowego pomiaru opóźnienia hamowania. Wyniki przeprowadzonych pomiarów zbioru pojazdów zabytkowych i współczesnych potwierdziły słuszność tego wyboru. Na tej podstawie ustalono założenia do koncepcji metodyki badań technicznych pojazdów zabytkowych w stacjach kontroli pojazdów.

Bibliografia:

1. Gajek A., *Diagnozowanie hamulców samochodów osobowych na stanowiskach rolkowych*, Konferencja „Diagnostyka samochodowa”, 21-23.04.1999, Materiały Konferencyjne, Łódź 1999, s. 241–250.
2. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 października 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia, Dziennik Ustaw z 2016 roku poz. 2022 z dnia 15 grudnia 2016 roku wraz z późniejszymi zmianami.
3. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 26 czerwca 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach, Dziennik Ustaw z 2015 roku poz. 776 z dnia 2 lipca 2015 roku wraz z późniejszymi zmianami.
4. Szczepańska P., *Analiza i wpływ stanu technicznego pojazdu na bezpieczeństwo ruchu*, Projekt dyplomowy inżynierski, Politechnika Gdańska, 2018.
5. Taryma M., Malinowski A., Taryma S., *Modelowanie i symulacja ruchu pojazdu zabytkowego podczas hamowania*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 8, s. 150–153.

Measurement of braking efficiency in vehicle control stations

Measurements were made of braking efficiency in the conditions of various vehicle inspection stations. The aim of the undertaking was to compare the results from the obtained measurements. On this basis, data were obtained enabling the development of assumptions for the concept of the methodology of technical testing of historic vehicles at vehicle inspection stations.

Keywords: braking efficiency, measurements, vehicle inspection stations.

Autorzy:

mgr inż. **Adrian Malinowski** – Politechnika Gdańska

inż. **Paula Szczepańska**

dr hab. inż. **Piotr Mioduszewski** – prof. nadzw. Politechniki Gdańskiej

dr hab. inż. **Stanisław Taryma** – prof. nadzw. Politechniki Gdańskiej