

Robert PIETRUSZEWSKI, Maciej PAWLAK, Rafał DYCHTO

# OCENA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA UKŁADU HAMULCOWEGO POJAZDU DOSTAWCZEGO NIEOBCIĄŻONEGO ŁADUNKIEM

*W artykule przedstawiono doświadczalne badania drogowe nieobciążonego ładunkiem pojazdu dostawczego. Przedstawiono obiekt oraz metodologię badań. Wykonano pomiary opóźnienia hamowania oraz nacisku na pedał hamulca dla różnych prędkości początkowych pojazdu. Wyniki badań przedstawiono na wykresach a następnie dokonano ich analizy.*

## WSTĘP

Koncepcja zastosowania pierwszego układu hamulcowego w samochodzie powstała wiele lat temu i można uznać, że narodziła się wraz z powstaniem pierwszego pojazdu samochodowego. Pojazd ten uległ wypadkowi już podczas jego prezentacji w 1771 roku, gdyż nie uwzględniono konieczności wyhamowania pojazdu Nicolaesa - Josepha Cugnot'a napędzanego przez silnik parowy. Wraz z rozwojem motoryzacji oraz ze zwiększającymi się osiąganymi prędkościami, istniała potrzeba zastosowania hamulców o coraz większej wydajności stąd też ich koncepcje były różne. [9]

Ówczesnie ze względu na bezpieczeństwo wszystkich uczestników ruchu drogowego na konstrukcję oraz efektywność działania układów hamulcowych kładziony jest największy nacisk. Już na etapie projektowania, a także konstruowania układu hamulcowego pojazdu a później podczas jego kontroli, należy stosować się do zaleceń prawnych, do których należą między innymi: Obwieszczenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 30 stycznia 2015r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia, a także do Obwieszczenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 21 kwietnia 2015r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania badań technicznych pojazdów oraz wzorów dokumentów stosowanych przy tych badaniach. Można znaleźć tam zalecenia związane z niezbędnym wyposażeniem pojazdu, jego wymaganiami konstrukcyjnymi, jak również parametrami układu hamulcowego dla wszystkich typów pojazdów, które są dopuszczone do ruchu i powinny je spełniać.

Pojazdy dostawcze podczas wykonywania zadań transportowych narażone są na zmienne warunki pracy. Towary przewożone na skrzyni ładunkowej zmieniają obciążenie osi pojazdów, a więc następuje zmiana położenia środka ciężkości całego pojazdu. Efektem tego będzie zróżnicowana skuteczność hamowania pojazdu nieobciążonego oraz obciążonego. Może przełożyć się to na skrócenie lub wydłużenie drogi hamowania pojazdu.

## 1. BADANIA DOŚWIADCZALNE

### 1.1. Obiekt badań

Celem przeprowadzonych badań doświadczalnych była ocena wpływu obciążenia na skuteczność hamowania pojazdu dostawczego. Aby zrealizować powyższy cel przeprowadzono badania na samochodzie dostawczym Fiat Doblo Cargo Maxi z silnikiem wysokoprężnym 1.6 Multijet w wersji 105 KM.

Widok samochodu dostawczego Fiat Doblo Cargo Maxi.



Rys. 1. Pojazd badawczy

Podstawowe parametry pojazdu badawczego przedstawiono w poniższej tabeli.

Parametr	Wymiar
Długość całkowita	4740 mm
Zwis przedni	895 mm
Rozstaw osi	3105 mm
Zwis tylny	740 mm
Wysokość całkowita pojazdu bez relingów dachowych	1845 mm
Rozstaw kół osi przedniej	1510 mm
Szerokość całkowita pojazdu	1832 mm
Rozstaw kół osi tylnej	1530 mm
Dopuszczalna masa całkowita pojazdu	2370 kg
Dopuszczalna masa całkowita zespołu pojazdów	3500 kg
Masa własna pojazdu	1433 kg
Rodzaj hamulców przód	tarczowe, wentylowane
Rodzaj hamulców tył	bębnowe

### 1.2. Metodologia badań

Pomiary skuteczności układu hamulcowego pojazdu dostawczego przeprowadzono dla trzech prędkości początkowych: 30 km/h, 50km/h oraz 70km/h. Badania prowadzono na suchej asfalcowej nawierzchni.

Do pomiarów chwilowych wartości opóźnień pojazdu dostawczego użyto opóźnieniomierza CL 170. Urządzenie to mierzy chwilowe przyspieszenie lub opóźnienie w prostym układzie dwóch współrzednych, które leżą w wzdużnej płaszczyźnie symetrii pojazdu. Stworzony algorytm uwzględnia kąt pochylenia pojazdu na nawierzchni jezdni. Rejestracja wyników odbywa się na pamięci nieulotnej, którą można połączyć z drukarką lub komputerem w celu transmisji danych. Widok opóźnieniomierza oraz jego parametry przedstawiono poniżej. Jednocześnie rejestrowano wartość siły

nacisku na pedał hamulca. Pomiaru dokonano za pomocą czujnika tensometrycznego, zamocowanego na pedale hamulca. Dla każdej prędkości początkowej przeprowadzono trzy próby badawcze.

**Tab. 1.** Parametry opóźnieniomierza CL 170

Zakres pomiaru przyspieszenia	(+/-) 15 m/s <sup>2</sup>
Rozdzielczość pomiaru przyspieszenia	0,1 m/s <sup>2</sup>
Błąd pomiaru przyspieszenia	< (+/-) 0,1 m/s <sup>2</sup>
Maksymalne przeciążenie czujników przyspieszenia nie powodujące ich uszkodzenia	100 m/s <sup>2</sup> przez maksymalnie 0,5 ms
Zakres pomiaru siły nacisku na pedał hamulca	-10 do 120 daN
Rozdzielczość pomiaru siły	1 daN
Błąd pomiaru siły	< (+/-) 1 daN
Liczba pamiętanych pomiarów	do 16
Maksymalny czas trwania pomiaru	10s
Prędkość wykonywania pomiarów	100 pomiarów na sekundę



**Rys. 2.** Opóźnieniomierz CL 170 z osprzętem

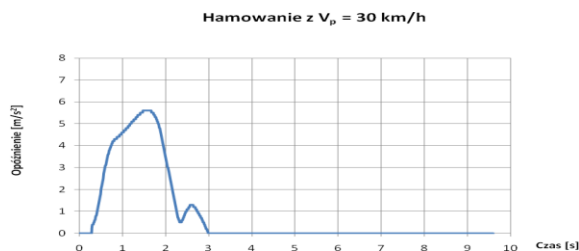
Umieszczenie w pojeździe badawczym opóźnieniomierza CL 170 oraz czujnika tensometrycznego siły na pedale hamulca przedstawiono na poniższej fotografii.



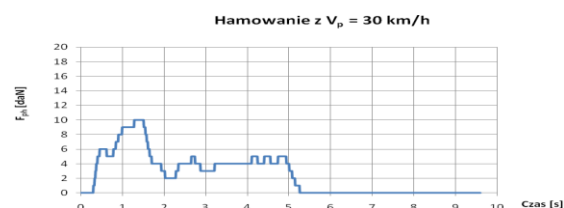
**Rys. 3.** Opóźnieniomierz CL 170 w pojeździe badawczym

### 1.3. Wyniki badań

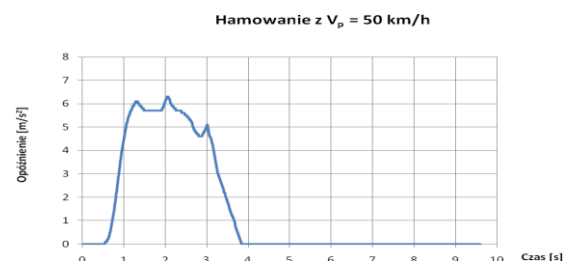
Poniżej przedstawiono wyniki badań doświadczalnych opóźnienia hamowania oraz nacisku na pedał hamulca dla każdej z trzech prędkości początkowych.



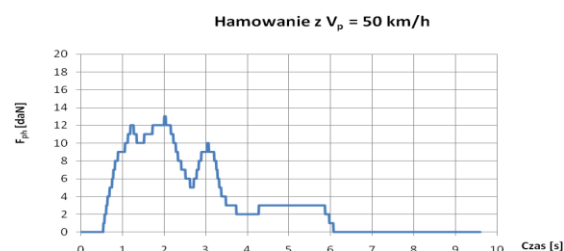
**Rys. 4.** Przebieg opóźnienia hamowania z prędkości początkowej 30 km/h



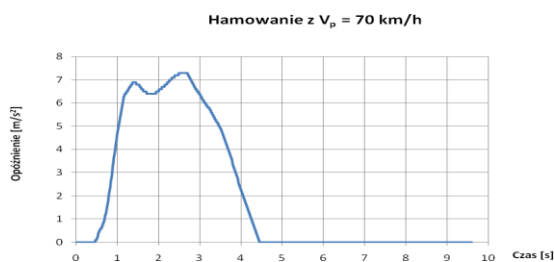
**Rys. 5.** Przebieg siły nacisku nogi kierowcy na pedał hamulca dla próby hamowania z prędkości początkowej 30 km/h



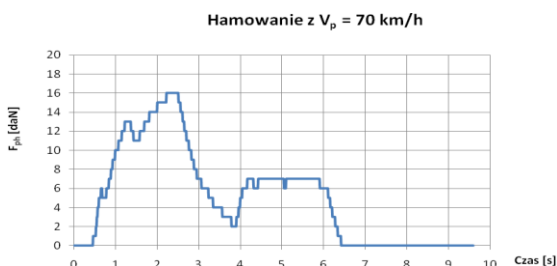
**Rys. 6.** Przebieg opóźnienia hamowania z prędkości początkowej 50 km/h



**Rys. 7.** Przebieg siły nacisku nogi kierowcy na pedał hamulca dla próby hamowania z prędkości początkowej 50 km/h



**Rys. 8.** Przebieg opóźnienia hamowania z prędkości początkowej 70 km/h



**Rys. 9.** Przebieg siły nacisku nogi kierowcy na pedał hamulca dla próby hamowania z prędkości początkowej 70 km/h

Średnie opóźnienie podczas hamowania wyznaczone zostało jako średnia arytmetyczna wartości opóźnień osiągniętych od chwili naciśnięcia pedału hamulca przez kierowcę do momentu zatrzymania pojazdu. Wyniki pomiarów przedstawiono w poniższej tabeli.

**Tab. 2.** Wyznaczone parametry procesu hamowania

Hamowanie z $V_p = 30$ km/h	
Średnie opóźnienie [m/s <sup>2</sup> ]	3,1
Maksymalne opóźnienie [m/s <sup>2</sup> ]	5,6
Maksymalna siła wywarta na pedał hamulca [daN]	10
Hamowanie z $V_p = 50$ km/h	
Średnie opóźnienie [m/s <sup>2</sup> ]	4,2
Maksymalne opóźnienie [m/s <sup>2</sup> ]	6,3
Maksymalna siła wywarta na pedał hamulca [daN]	13
Hamowanie z $V_p = 70$ km/h	
Średnie opóźnienie [m/s <sup>2</sup> ]	4,9
Maksymalne opóźnienie [m/s <sup>2</sup> ]	7,3
Maksymalna siła wywarta na pedał hamulca [daN]	16

Jak wynika z powyższej tabeli, średnie opóźnienie hamowania dla przeprowadzonych prób wahało się od 3,1 m/s<sup>2</sup> do 4,9 m/s<sup>2</sup>. W oparciu o Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 30 stycznia 2015 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia z późniejszymi zmianami, można stwierdzić, że skuteczność hamowania pojazdu ciężarowego kategorii N1 za pomocą hamulca roboczego powinna wynosić co najmniej 50%, co odpowiada średniej wartości opóźnienia wynoszącej 5,0 m/s<sup>2</sup>. Wynika z tego, że w żadnej z przeprowadzonych prób nie uzyskano nawet wartości granicznej. Nie świadczy to jednak o niesprawności układu hamulcowego. Jak można zauważyć maksy-

malna siła jak i jej przyrost na pedał hamulca dla hamowania z różnych prędkości jest w każdym przypadku różna. Możliwe jest więc, że podczas prób nie uzyskano odpowiedniej wartości siły nacisku na pedał hamulca lub też przyrost siły był zbyt wolny, co bezpośrednio przełożyło się na wartości średnich opóźnień hamowania pojazdu. Wynika to z faktu uruchamiania układu hamulcowego przez kierowcę. Z tego też powodu do badań doświadczalnych procesu hamowania, należy używać układów wymuszających nacisk na pedał hamulca w sposób automatyczny a co za tym idzie powtarzalny.

## PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono przykładowe badania opóźnienia hamowania pojazdu dostawczego przeprowadzone w warunkach drogowych. Dokonano analizy wyników badań. Stwierdzono, że zaproponowana metoda badań nie daje możliwości jednoznacznej oceny skuteczności hamowania pojazdu dostawczego.

Wartość średniego opóźnienia hamowania jest między innymi, funkcją siły nacisku na pedał hamulca jak i intensywności jej narastania. Z tego też powodu uruchamianie hamulca powinno odbywać się za pomocą urządzenia automatycznego. Zapewniającego uzyskanie odpowiedniej siły nacisku w czasie oraz powtarzalność badań.

## BIBLIOGRAFIA

1. M. Dębicki, „Teoria samochodu, teoria napędu.,” Warszawa, Wydawnictwa Naukowow-Techniczne, 1976, str. 61 - 105.
2. J. Lanzendoerfer, C. Szczepaniak i A. Szosland, „Teoria ruchu samochodu,” Łódź, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 1988, str. 7 - 84.
3. Maciej Pawlak, „Badania procesu hamowania pojazdu dostawczego”, praca dyplomowa, Łódź 2016

## ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF THE BRAKE SYSTEM ACTIVITY UNLADEN DELIVERY VEHICLE

*The article presents experimental road test of unladen load of delivery vehicle. The subject and methodology of the study were presented. Brake delay measurement and brake pedal pressure have been measured for different vehicle initial speed. The results are presented in graphs and analyzed.*

Autorzy:

- dr inż. **Robert Pietruszewski** – Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn
- dr inż. **Rafał Dychto** – Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn
- mgr inż. **Maciej Pawlak** – dyplomant w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn