

# Zastosowanie hamowni drogowej do oceny właściwości ruchowych pojazdu

Wawrzyniec Gołębiowski, Konrad Prajowski

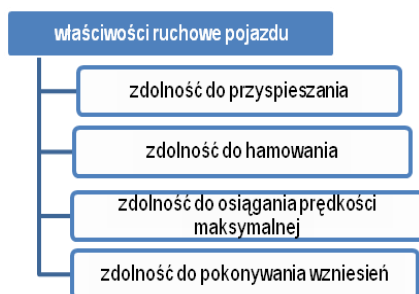
## Streszczenie

Publikacja prezentuje możliwości hamowni drogowej do oceny właściwości ruchowych pojazdu do których należą: zdolność do przyspieszania, zdolność do hamowania. W artykule wykazano przydatność tej aparatury badawczej

**Słowa kluczowe:** hamownia drogowa, właściwości ruchowe pojazdu.

## Wstęp

Konstrukcja podstawowych zespołów samochodu charakteryzuje zbiór określonych cech, mających zasadniczy wpływ na jego właściwości ruchowe oraz spełnianie określonych funkcji. Zdolność do przyspieszania samochodu, zdolność do hamowania, możliwość osiągania prędkości maksymalnej i możliwość pokonywania wzniesień opisywane są jako parametry ruchowe, które pozwalają, w sposób pośredni, ocenić poprawność działania (stan techniczny) całego układu napędowego (silnik, sprzęgło, skrzynia biegów, przekładnia główna wraz z mechanizmem różnicowym, półosie, koła) oraz układu hamulcowego pojazdu [2,3].



Rys. 1. Parametry ruchowe pojazdu [2]

Parametrem charakteryzującym stan techniczny układu przeniesienia napędu jest jego sprawność. Jest ona opisywana następującą zależnością [2]:

$$\eta = \frac{P_K^d}{P^d} \quad (1)$$

gdzie:

$\eta$  - sprawność układu napędowego,

$P_K^d$  - moc na kołach pojazdu [kW],

$P^d$  - moc użyteczna silnika [kW].

Sprawność układu napędowego wyraża w sposób liczbowy, jaka część mocy silnika jest dostarczana do kół napędowych. Wysoka sprawność układu napędowego jest bardzo korzystną cechą samochodu ponieważ powoduje wzrost parametrów trakcyjnych pojazdu. Oprócz podanego powyżej wzoru (1) można ją również wyrazić za pomocą poniższej zależności [2]:

$$\eta = \frac{T_{tqK}}{T_{tq} \cdot i_C} \quad (2)$$

gdzie:

$T_{tqK}$  - moment obrotowy na kołach pojazdu [Nm],

$T_{tq}$  - moment obrotowy silnika [Nm],

$i_C$  - przełożenie całkowite układu napędowego (iloczyn przełożenia wybieralnego skrzyni biegów i przełożenia przekładni głównej).

Sprawność układu napędowego jest iloczynem sprawności jego zespołów (sprawność sprzęgła, sprawność skrzyni biegów, sprawność wału napędowego, sprawność przekładni głównej), a ogólna wartość tego parametru wynosi:

- dla samochodów osobowych – 0.90-0.94,
- dla samochodów ciężarowych – 0.86 – 0.90,
- dla samochodów terenowych dwuosiowych – 0.82-0.88,
- dla samochodów terenowych wieloosiowych – 0.78-0.82.

Przedstawione wartości mają jednak charakter przybliżony i są przyjmowane w obliczeniach dla średnich i dużych obciążeń układu napędowego. Podczas ruchu pojazdu z małym obciążeniem sprawność układu napędowego zmniejsza się. Wynika to z niedoprowadzenia olejów przekładniowych do normalnej temperatury pracy, co prowadzi do zwiększenia oporów hydraulicznych w tych podzespołach i w konsekwencji zmniejszenia sprawności układu napędowego. Sprawność zespołów układu napędowego zależy od stopnia ich zużycia, początkowo nowych mechanizmów rośnie w miarę ich

docierania, osiąga maksimum, a następnie stopniowo maleje ze wzrostem zużycia [2].

Właściwości ruchowe pojazdu opisywane przez wymienione powyżej wskaźniki są także pochodną oporów ruchu pojazdu, w tym oporów toczenia. W celu oszacowania wartości tych sił wykonywana jest próba wybiegu.

## 1. Cel pracy

Celem publikacji jest zaprezentowanie możliwości hamowni drogowej do określania i oceny właściwości ruchowych pojazdu.

## 2. Stanowisko badawcze, obiekt badań i aparatura badawcza

Stanowiskiem badawczym była sucha, równa, płaska i prosta droga o dobrej nawierzchni asfaltowej, położona w terenie pozamiejskim, charakteryzująca się małym natężeniem ruchu pojazdów (długość odcinka pomiarowego – około 1000 metrów). Aparaturą badawczą było urządzenie hamownia przenośna – drogowa firmy Dynomet zakładana na wybrane tylne koło pojazdu. Przyrząd był wyposażony w firmowe oprogramowanie zainstalowane w komputerze pomiarowym. Schemat stanowiska badawczego, obiektu badań (i kompletnych jego danych technicznych dotyczących jednostki napędowej oraz hydromechanicznej przekładni automatycznej firmy Jatco) oraz aparatury pomiarowej został przedstawiony w artykule „Zastosowanie hamowni drogowej do wyznaczenia parametrów operacyjnych silnika”

Obiektem badań był pojazd Rover 75. W tab.1. zostały przedstawione dane techniczne samochodu wykorzystywane w oprogramowaniu.

**Tab.1.** Dane techniczne pojazdu Rover 75 [1]

Masa całkowita pojazdu	2000 kg
Przełożenie - trzeci bieg	1.364
Przełożenie - przekładnia główna	3.65
Przełożenie całkowite	4.979
Średnica zewnętrzna koła $d_z$	64.26 cm
Obwód koła ( $\pi \cdot d_z$ )	201.8 cm

## 3. Model matematyczny

Oprogramowanie hamowni podwozowej Dynomet zakładało wykorzystanie relacji do obliczenia momentu obrotowego, prędkości obrotowej oraz mocy użytecznej silnika na podstawie artykułu „Zastosowanie hamowni drogowej do określania parametrów operacyjnych silnika”.

Pomiar przyspieszenia, opóźnienia i prędkości pojazdu odbywał się na podstawie prędkości obrotowej zgodnie ze wzorem:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{s}{t^2} = \frac{2\pi \cdot r \cdot n}{t^2} = \frac{\pi \cdot d_z \cdot n}{t^2} \quad (3)$$

gdzie:

$a$  – przyspieszenie lub opóźnienie samochodu [m/s<sup>2</sup>],

$v$  – prędkość samochodu [m/s],

$t$  – czas pomiaru [s],

$s$  – droga przebyta przez pojazd [m],

$r$  – promień koła [m],

$n$  – liczba obrotów koła,

$d_z$  – średnica zewnętrzna koła [m].

## 4. Metodyka badań

Metodyka badań empirycznych zakładała wykorzystanie obiektu badań, stanowiska oraz aparatury badawczej do pomiaru:

1. momentu obrotowego i mocy użytecznej silnika,
2. momentu obrotowego i mocy na kołach pojazdu,
3. oporów ruchu pojazdu i strat w układzie napędowym,
4. przyspieszenia pojazdu,
5. drogi hamowania.

Przed wykonaniem powyższej próby wykonano następujące czynności:

- uzupełniono ciśnienie w ogumieniu do wartości podanej przez producenta,
- przejechano badanym pojazdem odcinek około 20 km - w celu doprowadzenia do normalnej temperatury pracy olejów eksploatacyjnych (w układzie napędowym), ale także normalnej temperatury pracy hamulców i ogumienia,
- zamknięto szyby boczne,
- obciążono samochód zgodnie z instrukcją fabryczną,
- próbę zrealizowano przy bezwietrznej pogodzie.

Przed pomiarem urządzenie (hamownię drogową) zamontowano na tylnym kole pojazdu, podłączono przewody do komputera przenośnego i wprowadzono do programu wstępne dane warunków pomiaru i obiektu badań.

Określone parametry otoczenia oraz pojazdu były przyjmowane na podstawie wskazania barometru, termometru oraz danych producenta samochodu i wprowadzane do oprogramowania Dynomet.

**Tab.2.** Dane wykorzystywane do pomiaru sprawności pojazdu [4]

a) pomiar momentu obrotowego i mocy użytecznej silnika
- Air Press (ciśnienie zewnętrzne podawane w hPa) - ...,
- Air temp (temperatura zewnętrzna podawana w °C) - ...,
- Total ratio (przełożenie całkowite układu napędowego) - ...,
- Weight (masa całkowita badanego pojazdu w kg) - ...,
- Diff. (przełożenie przekładni głównej) - ...,
- Wheel circ. To samo co Road Wheel (obwód koła) - ...
b) pomiar momentu obrotowego i mocy na kołach
- Air Press (ciśnienie zewnętrzne podawane w hPa) - ...,
- Air temp (temperatura zewnętrzna podawana w °C) - ...,
- Total ratio (przełożenie całkowite układu napędowego) - 1,
- Weight (masa całkowita badanego pojazdu w kg) - ...,
- Diff. (przełożenie przekładni głównej) - 1,
- Wheel circ. To samo co Road Wheel (obwód koła) - ...

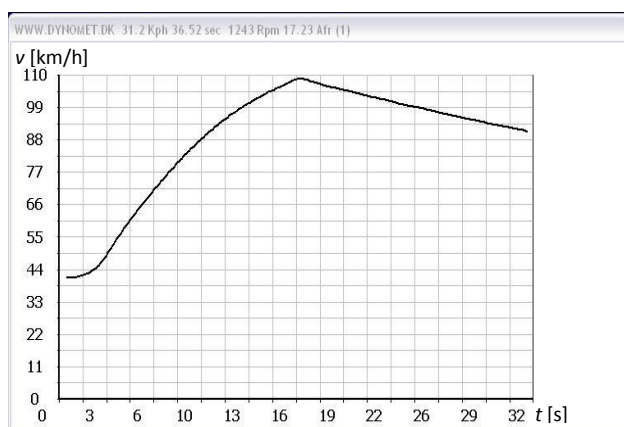
W celu uzyskania poprawnych wartości momentu i mocy na kołach w przypadku pomiaru tych parametrów wartości całkowitego przełożenia układu napędowego oraz przełożenie przekładni głównej przyjęto równe 1.

Metodyka pomiaru momentu obrotowego, mocy użytecznej silnika oraz momentu obrotowego i mocy na kołach samochodu polegała na rozpędzaniu pojazdu (z wykorzystaniem biegu trzeciego przy maksymalnie wciśniętym pedale przyspieszenia) od minimalnej prędkości obrotowej pracy silnika do maksymalnej prędkości obrotowej jednostki napędowej. Sprawność układu napędowego wyznaczano się z zależności (1) i (2).

## 5. Wyniki

Po wprowadzeniu danych naciskając na ikonę hamowni zamontowanej na kole i wybraniu z następnego pola dialogowego opcji „collect” program był przygotowany do pomiaru. Prędkość pojazdu i prędkość obrotowa silnika na polu dialogowym zgadzała się z prędkością pojazdu i prędkością obrotową silnika (dla biegu trzeciego). Po stwierdzeniu zgodności tych parametrów poprzez naciśnięcie „spacji” zaczęto dokonywaną próbę.

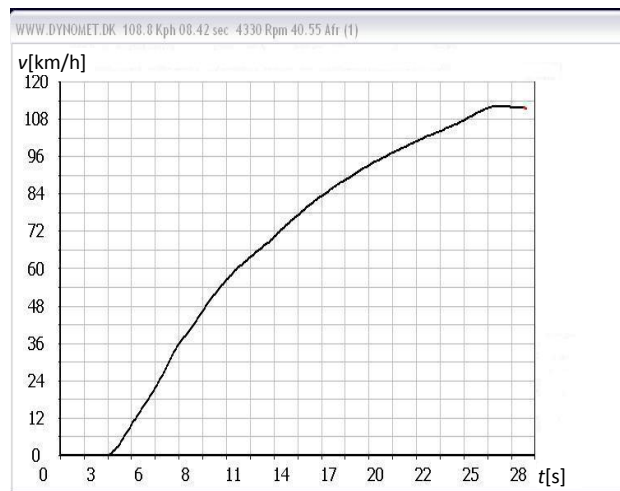
Rozpędzanie pojazdu następowało z wykorzystaniem biegu trzeciego przy maksymalnie wciśniętym pedale przyspieszenia od prędkości obrotowej pracy silnika ok. 1000 -1200 obr/min do maksymalnej prędkości obrotowej jednostki napędowej (rys. 2).



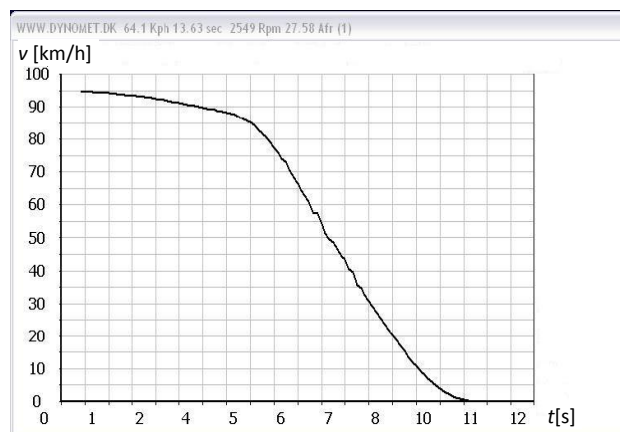
**Rys. 2.** Przyspieszenie oraz opory ruchu pojazdu Rover 75 (3 bieg)

Pomiar przyspieszenia był realizowany przez rozpędzanie pojazdu poprzez biegi ze stanu stojącego do prędkości 100 km/h. Równocześnie z wykorzystaniem oprogramowania mierzony był czas osiągnięcia przez samochód zadanej prędkości (rys. 3).

Pomiar drogi hamowania polegał na rozpoczęciu hamowania z prędkości 90 km/h i był wykonywany na rozgrzanych hamulcach. Droga hamowania samochodu z prędkości 90 km/h wyniosła 68.5m, a średnie opóźnienie hamowania 4.53 m/s<sup>2</sup> (rys. 4).



**Rys. 3.** Przyspieszenie pojazdu Rover 75



**Rys. 4.** Opóźnienie pojazdu Rover 75

Wyznaczono ze wzoru 1 sprawność układu napędowego dla mocy maksymalnej silnika, która wyniosła 0,88 przy maksymalnej mocy na kołach równej 103,31 kW.

## 6. Wnioski

Wykres rozpędzania pojazdu poprzez biegi skrzyni automatycznej nie wykazuje przejść pomiędzy poszczególnymi biegami podczas przyspieszania od 0 do 100 km/h (poprawne działanie przekładni hydrokinetycznej).

Na podstawie uzyskanych wyników drogi hamowania można stwierdzić poprawność działania układu hamulcowego, gdyż nie była to maksymalna wartość uzyskanego opóźnienia hamowania (pedał hamulca nie był wciśnięty z maksymalną siłą powodującą uruchomienie układu ABS).

Wartość sprawności układu napędowego jest niewiele niższa od wartości ogólnych dla samochodów osobowych, co może być spowodowane zużyciem elementów układu napędowego.

## Bibliografia

1. Prajowski K.: Impact of an external, so called Box, module on gases composition of the ROVER 2.0 CDTi engine. Journal Of KONES. Warsaw 2013.
2. Prochowski L.: Mechanika ruchu. WKiŁ. Warszawa 2008.
3. Sitek K., Syta S.: Badania stanowiskowe i diagnostyka. WKiŁ. Warszawa 2011.
4. <http://www.dynomet.dk/> Dostęp: 04.02.2014.

## The use of road dynamometer to evaluation of motion properties of vehicle

### Abstract

*In the publication it was presented abilities of road dynamometer to evaluation of traction properties of car (acceleration, ability to brake, motion resistances).*

**Key words:** road dynamometer, properties vehicle motion.

### Autorzy:

Dr inż. **Wawrzyniec Gołębiewski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Dr inż. **Konrad Prajowski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie