

Ryszard Michalski¹⁾, Jarosław Gonera¹⁾, Michał Janulin¹⁾

WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYKI ZEWNĘTRZNEJ CIĄGNIKA KOŁOWEGO Z WYKORZYSTANIEM PRZENOŚNEJ HAMOWNI INERCYJNEJ

Streszczenie. Przedstawiono poszczególne rodzaje hamowni stosowanych do określania charakterystyki ciągników kołowych. Opisano ich budowę i zasadę działania. Stworzono algorytm wyznaczania charakterystyki zewnętrznej ciągnika kołowego z wykorzystaniem dynamometru DK i wyznaczono w warunkach pracy charakterystyki ciągnika rolniczego John Deere 6930, które podano na wykresach w postaci zależności mocy oraz momentu od prędkości obrotowej.

Słowa kluczowe: ciągnik kołowy, hamownia inercyjna, charakterystyki techniczne.

WPROWADZENIE

Określenie charakterystyki zewnętrznej ciągnika kołowego ma istotne znaczenie w realizacji procesu eksploatacji, ciągle niedoceniane i stosunkowo rzadko wykorzystywane w ocenie efektywności pracy, stanu technicznego i emisyjności spalin. Do wyznaczania charakterystyki technicznej ciągnika kołowego wykorzystuje się hamownie.

Hamownia jest stacjonarnym bądź niestacjonarnym stanowiskiem pomiarowym do określenia charakterystyki zewnętrznej silnika w postaci mocy i momentu oraz jednostkowego zużycia paliwa.

Hamownie dzielimy na:

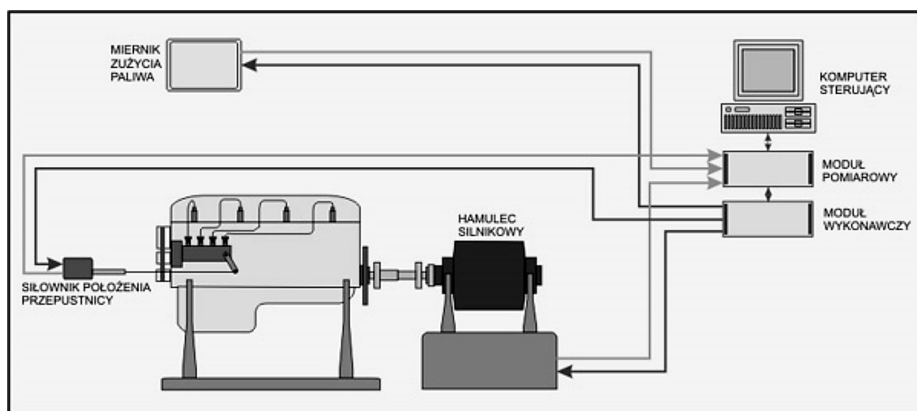
- Hamownie silnikowe wykorzystuje się do pomiarów parametrów silnika spalinowego po jego wymontowaniu z pojazdu i umieszczeniu wraz z osprzętem na stanowisku badawczym, które umożliwia dowolne obciążenie silnika i bardzo precyzyjny pomiar prędkości obrotowej wału korbowego silnika i momentu.
- Hamownie podwoziowe wykorzystuje się do pośredniej oceny parametrów silnika, na podstawie uzyskanych danych określana jest jego moc i moment obrotowy (uwzględniając przełożenie przekładni głównej oraz przełożenie biegu na którym badanie było przeprowadzane). W przeciwieństwie do hamowni silnikowych, hamownie podwoziowe są proste i szybkie w obsłudze (nie wymagają demontażu silnika).
- Hamownie WOM polegające na pomiarze mocy z wykorzystaniem wału odbioru mocy (WOM) w ciągnikach.

¹⁾ Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, UWM Olsztyn.

- Hamownie przenośne dynamiczne są obecnie stosowane do wyznaczania charakterystyk pojazdu z wykorzystaniem mechaniki ruchu pojazdu w rzeczywistych warunkach pracy.

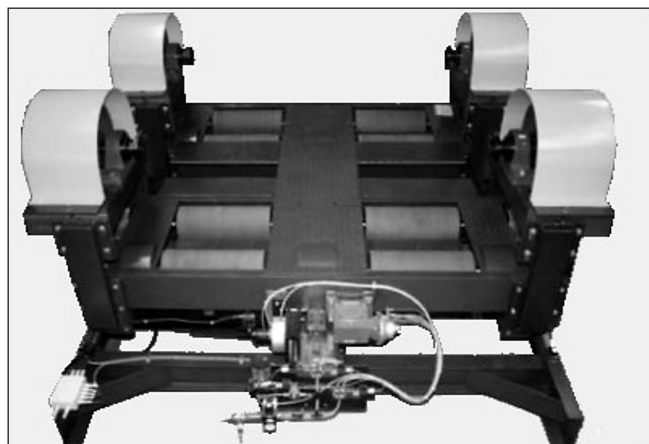
ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE HAMOWNI

Przykładowy układ podłączenia silnika do hamowni podano na rysunku 1.

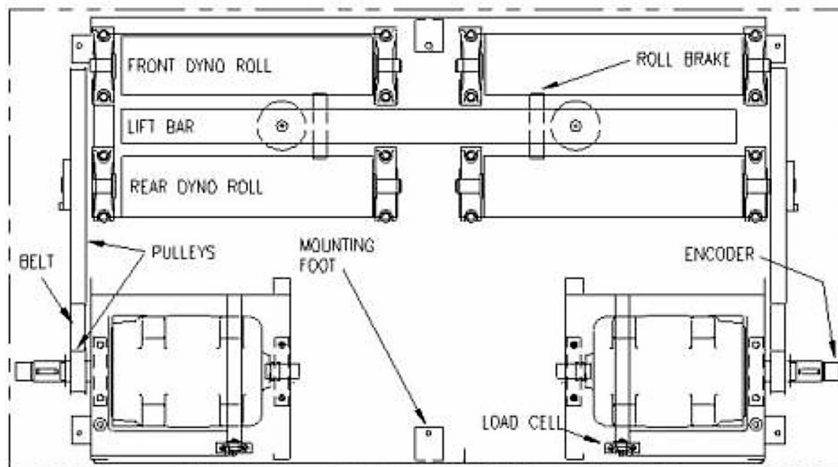


Rys. 1. Schemat podłączenia hamowni silnikowej do silnika spalinowego [6]

Hamownia podwoziowa ATV firmy Real Time (rys. 2) składa się z układu 4 silników odbierających moment poprzez rolki, dzięki czemu uzyskuje się niezależny pobór mocy z każdego koła. Dzięki takiej konstrukcji dodatkowo można uzyskać informacje o np. stanie przegubów, oraz wewnętrznych układach jak np. układzie różnicowym, sprzęgle itd. [7].



Rys. 2. Hamownia podwoziowa ATV firmy Real Time [7]



Rys. 3. Rozwiązanie konstrukcji hamowni podwoziowej [7]

Na rysunku 3 przedstawiono poglądowo sposób rozwiązania konstrukcji hamowni podwoziowej. Belt – pas, Pulleys-krażki, Mounting foot – stopa montażowa, Load cell – tensometr, Encoder – koder, Rear dyno roll – tylna rolka hamowni, Front dyno roll – przednia rolka hamowni, Roll brake – hamulec rolkowy, listwa podnośnikowa. [7]

Hamownie WOM są bardzo często wykorzystywane podczas pomiarów parametrów i testów ciągników kołowych. Wyróżniamy dwa typy hamowni WOM: stacjonarne i niestacjonarne. Na rysunku 4 podano sposób podłączenia hamowni niestacjonarnej WOM do badanego ciągnika. Podobne rozwiązanie hamowni W-500 przedstawia rysunek 5.



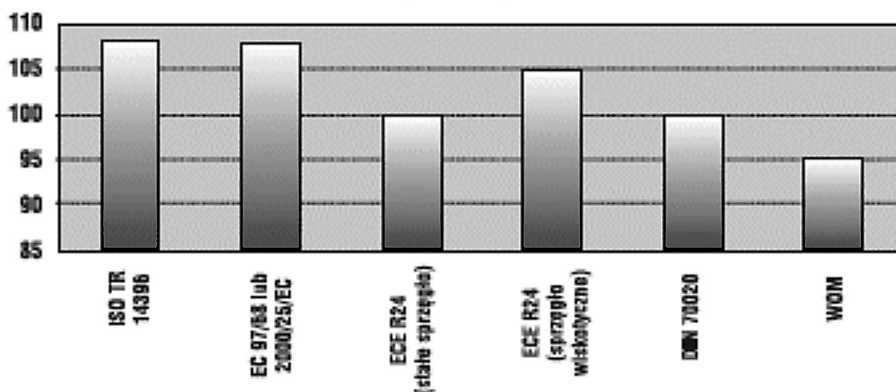
Rys. 4. Pomiar mocy na hamowni WOM niestacjonarnej [8]



Rys. 5. Hamownia przenośna, niestacjonarna [9]

Znany szwajcarski instytut badawczy z branży techniki rolniczej - FAT Tänikon przeprowadza corocznie testy ciągników z wykorzystaniem hamowni. Testy wykonywane są zgodnie z przyjętymi normami i obejmują pomiary charakteryzujące główne parametry użytkowe ciągników, takie jak: moc silnika, moment obrotowy, zużycie paliwa, emisję zanieczyszczeń w spalinach, prędkości na poszczególnych biegach, udźwig podnośnika, głośność, ważniejsze wymiary i masy ciągnika. Na podstawie pomiarów wykonywane są różnego rodzaju wykresy, m.in. charakterystyki silnika. Moc podawana przez producenta w specyfikacji technicznej różni się najczęściej od tej wynikającej z pomiarów. Zależy to nie tylko od kategorii mocy: nominalna bądź maksymalna, ale także normy i sposobu pomiaru. [10]

Na rysunku 7 podano elementy składowe i sposób montażu na kole pojazdu hamowni przenośnej dynamet DK.



Rys. 6. Wykres obrazuje pomiar mocy w zależności od różnych norm [10]



Rys. 7. Hamownia przenośna Dynomet [9]

Hamownia przenośna duńskiej firmy Dynomet jest to urządzenie, które montuje się na koło samochodu, podłącza do laptopa i pomiarów dokonuje się na odcinku drogi o parametrach dążących do stałych [9].

Procedura pomiarów przy wykorzystaniu hamowni przenośnej Dynomet obejmuje:

- pomiar obwodu koła;
- pomiar przełożenia głównego ,
- obliczenie przełożenia biegu, na którym będzie wykonywany pomiar;
- znając te dane, można przejść do samego pomiaru; tak jak za zwykłej hamowni pojazd rozpędzany jest od 1000 obr/ min. i pozwala mu się toczyć przez około 10s (wtedy mierzone są opory by wyliczyć moc silnika), pomiar jest dokonywany na biegu odpowiednim dla nominalnej mocy pojazdu;
- dodatkowo można mierzyć czas przejazdu 400 m, inne przyspieszenia, czy drogę hamowania;
- po pomiarach wszystkie wykresy (moc, moment, krzywa przyspieszenia itp.), czy tabele (czas, droga przebyta itp) dostępne są w postaci wydruku;

Wykorzystane i opisywane urządzenie to przenośna dynamiczna hamownia typu inercyjnego firmy Dynomet DK. Zaletą tego typu hamowni jest szybki pomiar oraz możliwość dokładnego uwzględnienia oporów toczenia pojazdu, wynikających z rodzaju opon, geometrii zawieszenia, oporów układu napędowego itp. Urządzenie jest w stanie zmierzyć moment obrotowy silnika, jego moc oraz inne parametry takie jak przyspieszenie pojazdu w dowolnym przedziale prędkości, drogę hamowania, czas przejazdu danego odcinka drogi, prędkość maksymalną oraz potrafi wyliczyć błąd wskazania prędkościomierza.

Do pomiarów wykorzystywany jest czujnik optyczny o czułości 60 impulsów na jeden obrót koła, który zlicza ilość obrotów koła w jednostce czasu. Urządzenie otrzymuje informacje z czujnika i na podstawie ilości obrotów koła w czasie oblicza

chwilową prędkość kątową koła, a następnie znając wymiary tego koła oblicza jego chwilową prędkość liniową [3]. Różnica chwilowych prędkości w jednostce czasu pozwala wyliczyć chwilowe przyspieszenie badanego pojazdu. Pozostałe elementy hamowni dynamicznej to: przewody, przetworniki sygnału oraz komputer z dostarczonym przez producenta oprogramowaniem.

WYZNACZENIE CHARAKTERYSTYKI CIĄGNIKA JOHN DEERE 6930 NA HAMOWNI DYNAMICZNEJ DYNAMET

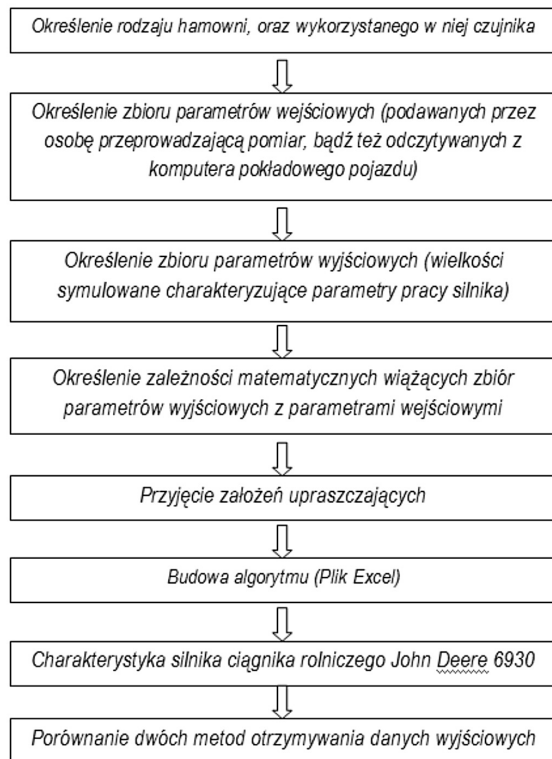
Na rysunku 8 podano sposób podłączenia hamowni Dynomet DK do koła ciągnika John Deere a na rys. 9 algorytm pomiarów. Zbiór parametrów wejściowych do wyznaczania charakterystyk na hamowni dynamicznej przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 8. Pomiary parametrów ciągnika rolniczego John Deere 6930 przy wykorzystaniu hamowni dynamicznej Dynomet

Tabela 1. Zbiór parametrów wejściowych o stałej wartości

Nazwa parametru	Symbol	Jednostka	Wartość
Masa pojazdu	m	[kg]	7060
Promień dynamiczny koła pojazdu	r_d	[m]	0,834
Temperatura powietrza	T	[°C]	20 (założono)
Ciśnienie atmosferyczne	P	[hPa]	1013 (założono)
Rozmiar opon	–	szer. (mm) / wys. (%szer) / cal	600 / 65 / R38
Prędkość kątowa koła	ω_k	[rad/s]	Prędkość kątowa koła
Przełożenie	i	brak	Ustalana automatycznie przez OBD z komp. pokładowego pojazdu



Rys. 9. Algorytm badań przy pomocy hamowni dynamicznej



Rys. 10. Czujnik urządzenia Dynomet DK zamontowany na kole ciągnika kołowego

Przełożenie układu napędowego wyliczane jest automatycznie, lub też może być wprowadzone ręcznie przez operatora. Określenie zbioru parametrów wyjściowych przedstawia tabela 2

Tabela 2. Zbiór parametrów wyjściowych

Nazwa parametru	Symbol	Jednostka
Ilość obrotów koła	n	[obr/min]
Prędkość liniowa koła	V	[m/s]
Przyspieszenie	a	[m/s ²]
Siła napędowa	F	[N]
Moc	N	[kW]
Moment silnika	M _s	[Nm]
Energia kinetyczna	E _k	[J]

Przedstawiono dwie metody obliczania charakterystyk ciągnika: mechaniczną i energetyczną.

1) metoda mechaniczna:

$$V = \frac{\pi \cdot n_k \cdot r_d}{30} \text{ [m/s]}$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$F = m \cdot a \text{ [N]}$$

$$N = F \cdot V \text{ [kW]}$$

$$M_s = \frac{F \cdot r_d}{i \cdot \eta} \text{ [Nm]}$$

$$i = \frac{\pi \cdot r_d \cdot n_s}{30 \cdot V}$$

2) metoda energetyczna [13]

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \Delta V^2 \text{ [J]}$$

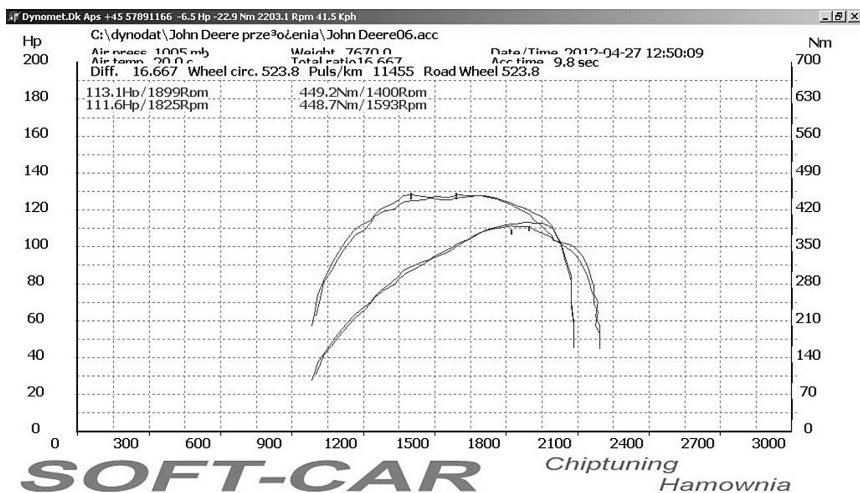
$$N_s = \frac{E_K}{1000 \cdot \Delta t} \text{ [kW]}$$

$$M_s = \frac{N_s \cdot 9550}{n_s} \text{ [Nm]}$$

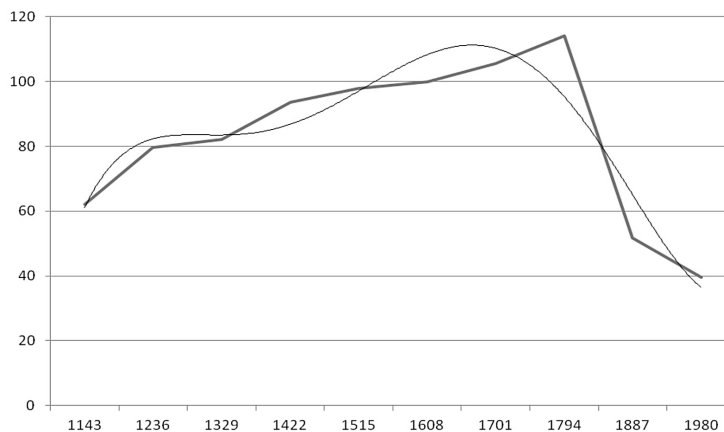
Charakterystyka silnika ciągnika rolniczego John Deere 6930 wyznaczona na podstawie pomiarów w warunkach pracy

Charakterystyka silnika została otrzymana na drodze pomiarów w terenie w warunkach pracy ciągnika rolniczego z wykorzystaniem urządzenia Dynomet DK.

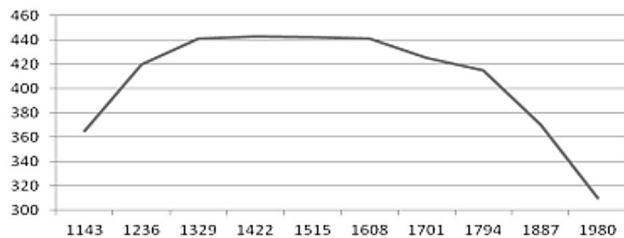
Wykresy uzyskane z badań przedstawiono na rysunkach 11–13.



Rys. 11. Charakterystyka pracy silnika rolniczego John Deere 6930



Rys. 12. Wykres przedstawiający zależność mocy od prędkości obrotowej silnika



Rys. 13. Wykres przedstawiający zależność momentu obrotowego od prędkości obrotowej silnika

Analizując otrzymane wyniki pomiaru mocy i momentu obrotowego silnika nawiązuje się wniosek, iż przedstawione przez producenta hamowni Dynomet DK wzory (metoda energetyczna) nie pozwalają w miarodajny sposób określić charakterystyki badanego silnika. Wyniki otrzymane klasyczną metodą obliczeniową z wykorzystaniem mechaniki ruchu ciągnika okazują się zbliżone do tych otrzymanych w rzeczywistym pomiarze w terenie.

PODSUMOWANIE

Ze względu na dosyć dużą masę oraz znaczną średnicę kół napędowych ciągników kołowych, nie zawsze możliwe jest wykorzystanie hamowni podwoziowych do pomiaru parametrów użytkowych ciągnika. W związku z tym najlepszymi wydają się rozwiązania przenośne, które można podłączyć bądź zamontować na ciągniku. Największą dokładność uzyskać można przy pomocy hamowni podłączanej do WOM, jednakże hamownia taka ma możliwość pomiaru jedynie parametrów silnika: mocy, momentu oraz przebiegu charakterystyk powyższych parametrów w funkcji prędkości obrotowej wału korbowego. Aby określić zarówno charakterystyki pracy silnika, jak i zmierzyć osiągi ciągnika kołowego najwygodniej zastosować hamownię dynamiczną montowaną przy pomocy specjalnego adaptera do koła napędowego ciągnika. Przy założeniu pewnych uproszczeń dotyczących pomiarów można na takiej hamowni uzyskać zadowalającą dokładność przy niewielkich nakładach ekonomicznych oraz bez konieczności przewożenia samego ciągnika na miejsce pomiarów.

LITERATURA

1. Michalski R. Mechatroniczny system monitorowania stanu ciągnika kołowego. Biuletyn WAT, vol. LX 1 (661) Warszawa 2011.
2. Michalski R. Pokładowe systemy nadzoru maszyn ze sztuczną inteligencją. ART. Olsztyn 1997.
3. Gajek A., Juda Z. Czujniki. WKŁ, Warszawa 2009.
4. http://www.godula.pl/hamownia_pl/?page=rodzaje_hamowni
5. <http://www.sensycontrol.pl/dyno>
6. <http://www.realtimedyno.com/contact.html>
7. http://www.traktormoc.pl/pomiar_mocy.html
8. <http://www.progress-chem.pl/news.php?nid=65>
9. http://www.hamownia.win.pl/h_przen.htm
10. Rolniczy Przegląd Techniczny, nr 1, 2007.
11. http://www.hamownia.win.pl/h_przen.html
12. www.dynomet.dk/iuk.htm

APPOINTMENT OF THE EXTERNAL WHEELED TRACTOR USING PORTABLE INERTIAL DYNO

Abstract

Presents different types of dynamometer used to determine the characteristics of wheeled tractors. Describes the design and operation. Algorithm developed external characteristics of tractor wheel with DK dynamometer and working conditions determined in the characteristics of farm tractor John Deere 6930, which are given in the diagrams in the form of power and torque depending on speed.

Key words: circular tractor, inertial dynamometer, specifications.