

УДК 631

WŁAŚCIWOŚCI TRAKCYJNE UNIWERSALNEGO CIĄGNIKA ROLNICZEGO W TRANSPORCIE DROGOWYM

Zbigniew Kiernicki

Paweł Żelazo

Politechnika Lubelska, Polska

Some traction parameters of farm tractor used for transport work on solid surfaces have been presented in the paper. Basic traction parameters as dynamic properties, acceleration, wheel power and fuel consumption, have been determined and analyzed. Calculations have been conducted with the MS Excel calculation sheet prepared for this goal.

В работе представлены некоторые тракционные параметры сельскохозяйственного трактора в аспекте транспортных работ на твердых дорожных покрытиях. Определено и анализировано основные тракционные параметры такие как: динамические свойства, ускорения, мощность на колёсах, разгон через ходы а также путевой расход топлива. Расчёты выполнено с помощью подготовленного калькуляционного листа MS Эксель.

Wstęp

Wykonanie obliczeń trakcyjnych jest żmudnym i czasochłonnym procesem szczególnie, gdy należy rozpatrywać ciągnik rolniczy wyposażony w wielobiegową skrzynię przekładniową (8 biegów). Z wykresu trakcyjnego ciągnika rolniczego można odczytywać warunki równowagi sił napędowych i oporów ruchu oraz oszacować możliwości jezdne ciągnika. Możliwe jest porównywanie ciągników oraz analiza działania ciągnika w różnych warunkach ruchu.

W prezentowanym referacie rozpatrzono właściwości jezdne ciągnika obciążonego 1 przyczepą 10 t (masa zestawu – 15000 kg), 2 przyczepami 7,5 t (masa zestawu – 20000 kg), i 2 przyczepami 10 t (masa zestawu – 25000 kg).

1. Metodyka obliczeń trakcyjnych ciągnika rolniczego

1.1. Dane wejściowe do obliczeń

Do wykonania obliczeń trakcyjnych należy przyjąć następujące dane: masa zestawu ciągnik-przyczepa, rodzaj kół jezdnych, przebieg charakterystyki silnika, warunki drogowe, itp. charakterystykę silnika należy przedstawić w postaci stabelaryzowanej.

Tabela 1

Stabelaryzowany wykres charakterystyki zewnętrznej silnika i obliczona moc na kołach

n (obr/min)	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1550	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
Ns [kW]	34	38	42	46	50	53	55	57	60	63	65	67	68	68	68
MS [N*m]	320	328	334	337	340	339,9	340	339	336,9	334	327	319	308	296	283
ge [g/kWh]	212	211	210	209,5	209	209	209,3	209,7	210,5	212	213,3	215	216,4	218,3	220
Nk [kw]	30,49	34,38	38,16	41,80	45,36	48,58	50,14	51,68	54,57	57,24	59,27	60,70	61,55	61,95	61,91

Zaprojektowany do obliczeń arkusz kalkulacyjny umożliwia łatwe wprowadzanie danych i bieżący podgląd wyników obliczeń.

1.2. Zależności podstawowe

Właściwości trakcyjne obliczano posługując się zależnościami [1, 2, 3]:

- a) związek między momentem obrotowym, mocą i prędkością obrotową:
b)

$$T_s = 9550 \cdot \frac{N_s}{n_s} \quad (1)$$

- b) moc na kołach:

$$N_k = N_s \cdot \eta_m, \quad \eta_m = 0,9 \quad (2)$$

- c) prędkość jazdy na danym biegu:

$$v = \frac{\pi \cdot r_d \cdot n_s}{30 \cdot i_b \cdot i_g} \quad (3)$$

- d) jednostkowy opór toczenia:

$$f_t = f_t^0 \cdot (1 + CV^2), \quad C = 5 \cdot 10^{-5}; \quad f_t^0 = 0,012 \quad (4)$$

- e) jednostkowy opór powietrza:

$$f_p = \frac{0,047 \cdot c_x \cdot (1 + k \cdot 0,1) \cdot A \cdot V^2}{m \cdot g} \quad (5)$$

- f) współczynnik mas zredukowanych ciągnika ciągnącego k przyczep, dla danego biegu:

$$\delta_i = \frac{m_c \cdot (1,04 + 0,05 \cdot i_b^2) + 1,04 \cdot k \cdot m_p}{m_c + k \cdot m_p} \quad (6)$$

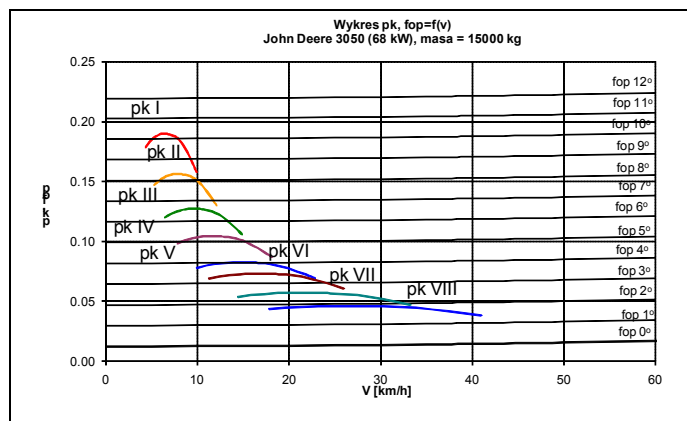
2. Wyniki obliczeń trakcyjnych

2.1. Wykres trakcyjny

Wykres trakcyjny, zastosowany w programie, przedstawia wartości jednostkowej siły napędowej p_k oraz siły oporu ruchu f_{op} w funkcji prędkości jazdy ciągnika.

$$p_k = \frac{T_s \cdot \eta_m \cdot i_g \cdot i_b}{r_d \cdot G} \quad (7)$$

$$f_{op} = f_p + f_t \quad (8)$$



Rys. 1. Wykres trakcyjny ciągnika rolniczego z jedną przyczepą 10 ton

Na rys. 1 przedstawiony jest wykres trakcyjny ciągnika rolniczego (JOHN DEERE 3050 TREKKER) uzyskany w wyniku działania omawianego programu. Na wykresie naniesione są krzywe sił napędowych dla wszystkich biegów, stąd można określić zakresy prędkości i wzniesienia, jakie mogą być pokonywane na poszczególnych biegach.

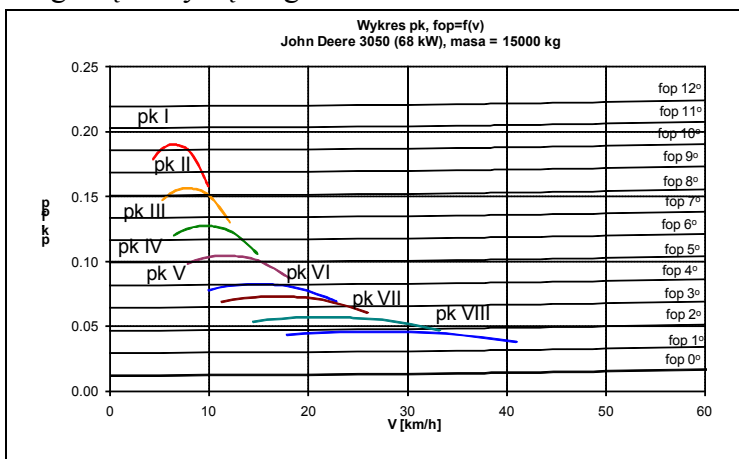
2.2. Wykres przyspieszeń i siły wolnej

W celu porównania własności ruchowych ciągników w różnych stanach obciążenia użyto jednostkowej siły rozporządzalnej wzór (9) i wyznaczonego na jej podstawie przyspieszenia na poszczególnych biegach – wzór (10) [1, 2]:

$$p_w = \frac{F_k - F_{op}}{G} = p_k - f_{op} \quad (9)$$

$$a = \frac{dV}{dt} = (p_w - f_{op}) \frac{g}{\delta} \quad (10)$$

Na rys. 2 przedstawiono przyspieszenia uzyskiwane przez ciągnik rolniczy JOHN DEERE 3050 TREKKER z 8-biegową skrzynią biegów.

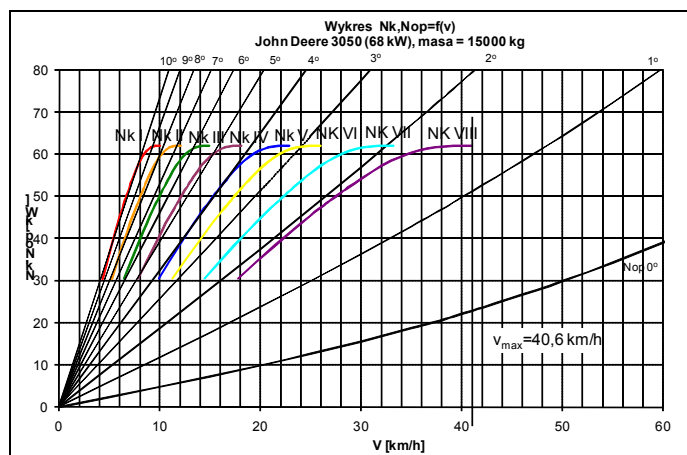


Rys. 2. Wykres przyspieszeń ciągnika rolniczego z jedną przyczepą 10 ton

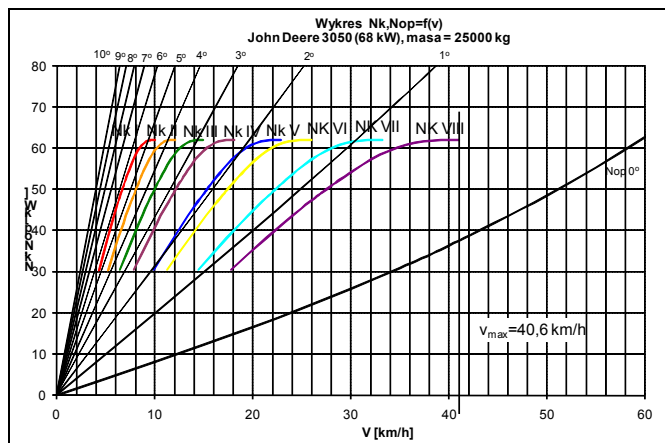
2.3. Bilans mocy na kołach

Moc oporów ruchu określa się mnożąc wartości sił oporów ruchu pojazdu przez prędkość jazdy ciągnika [1]:

$$N_{op} = 10^{-3} \cdot F_{op} \cdot v \quad [kW] \quad (11)$$



Rys. 3. Bilans mocy ciągnika rolniczego JOHN DEERE 3050 z jedną przyczepą 10 ton

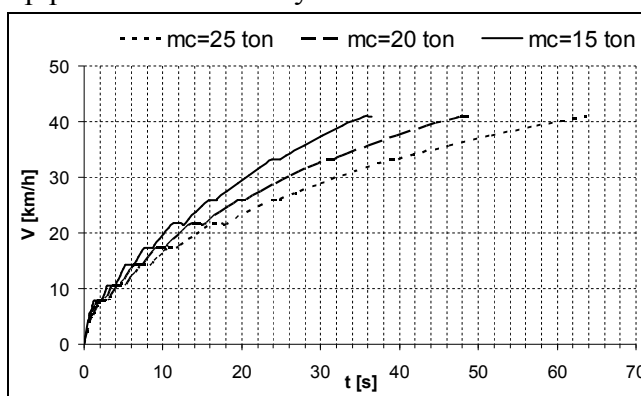


Rys. 4. Bilans mocy ciągnika rolniczego JOHN DEERE 3050 z dwoma przyczepami 10 ton

W transporcie drogowym wykorzystuje się tylko biegi szosowe. O ile w obu przypadkach obciążenia można jechać z prędkością maksymalną, to przy ciągnięciu dwóch przyczep mogą wystąpić problemy z pokonywaniem wzniesień.

2.4. Rozpędzanie przez biegi

Zdolność przyspieszania zestawu ciągnik-przyczepa określono według procedury rozpędzania przez biegi przedstawionej w [1,2]. Wykres porównujący rozpędzanie ciągnika z trzema zestawami przyczep przedstawiono na rys. 5.



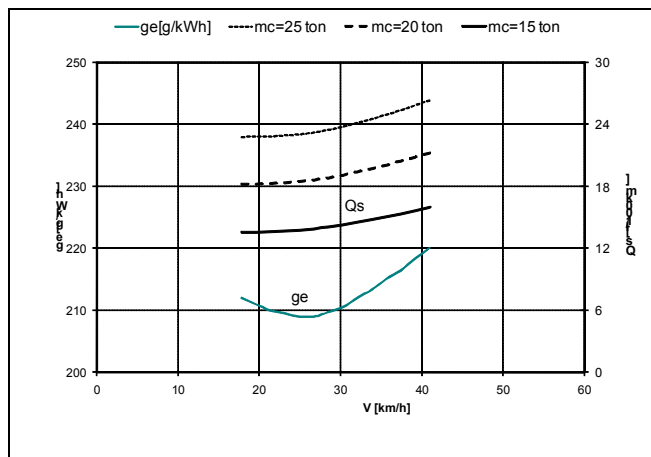
Rys. 5. Wykres rozpędzania przez biegi dla ciągnika (JOHN DEERE 3050 TREKKER)

2.5. Drogowe zużycie paliwa

Drogowe zużycie paliwa na biegu najwyższym obliczono według [1]:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_s}{10 \cdot \rho \cdot V} \left[\frac{dm^3}{100km} \right] \quad (12)$$

Na rys. 6 przedstawiono wynik obliczeń ciągnika JOHN DEERE 3050 ciągnącego trzy różne zestawy przyczep.



Rys. 6. Przebieg drogowego i jednostkowego zużycia paliwa ciągnika rolniczego z 8-biegową skrzynią biegów

3. Podsumowanie

Opracowany program obliczeniowy może być użyty także do wstępnej analizy zastosowania ciągnika rolniczego w pracach transportowych. W obrazowy sposób można ukazać wpływ licznych wielkości na własności jezdne zestawu. Łatwo można wprowadzać dane różnych wersji zestawu ciągnik-przyczepa i analizować ilość i koszty przewozu (zużycie paliwa). Wykorzystywanie programu przy wykonywaniu obliczeń trakcyjnych umożliwi znaczne skrócenie czasu wykonania obliczeń.

Zaprezentowany program obliczeniowy będzie rozwijany poprzez stworzenie elektronicznych bibliotek współczynników oraz menu użytkownika.

4. Literatura

1. Arczyński S.: *Mechanika ruchu samochodu*. WNT, Warszawa 1993.
2. Dębicki M.: *Teoria samochodu, teoria napędu*. WNT, Warszawa 1971.
3. Lanzendoerfer J.: *Mikrokomputerowe obliczenia zespołów samochodowych WKŁ*, Warszawa 1996.
4. Dajniak H. *Ciągniki, teoria ruchu i konstruowanie*. WKŁ Warszawa 1979