

ANALIZA PARAMETRÓW ENERGETYCZNYCH CIĄGNIKA URSUS 1134

Jan R. Kamiński

Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem pracy była ocena energetyczna ciągnika U1134 na tle innych tego typu ciągników zagranicznymi oferowanych na polskim rynku. W porównaniu z ciągnikami importowanymi silnik ciągnika U1134 cechuje: jednostkowe zużycie paliwa dla mocy maksymalnej $258,6 \text{ g}\cdot\text{kWh}^{-1}$ (ciągniki importowane od $225,0$ do $273 \text{ g}\cdot\text{kWh}^{-1}$), praca na jednostkę paliwa dla mocy maksymalnej $3,2 \text{ kWh}\cdot\text{dm}^{-3}$ (ciągniki importowane $3,1$ do $3,7 \text{ kWh}\cdot\text{dm}^{-3}$), elastyczność momentu obrotowego $1,22$ (ciągniki importowane $1,27$ do $1,41$), elastyczność prędkości obrotowej silnika $1,37$ (ciągniki importowane $1,46$ do $1,63$), elastyczność silnika $1,67$ (ciągniki importowane $1,86$ do $2,29$). Parametry energetyczne ciągnika (silnika) uzyskane w wyniku tego typu badań pozwalają na ocenę nasycenia energetycznego ciągnika, jego energochłonności oraz przystosowania do zmiennych warunków pracy, tym samym przystosowania do zmiennych obciążeń i zmiennej prędkości obrotowej. Jednostkowe zużycie paliwa ciągnika U1134 kształtuje się na poziomie średniej dla ciągników importowanych do Polski, pozostałe parametry poniżej najniższych wartości dla ciągników importowanych.

Słowa kluczowe: silnik, ciągnik, parametry energetyczne, zużycie paliwa, elastyczność silnika

Wstęp

W polskim rolnictwie wykorzystywane są ciągniki następujących klas uciągu: $0,4$ ($18\text{--}25 \text{ kW}$), $0,6$ ($25\text{--}35 \text{ kW}$), $0,9$ ($35\text{--}50 \text{ kW}$), $1,4$ ($55\text{--}75 \text{ kW}$), $2,0$ ($85\text{--}120 \text{ kW}$). Dominują ciągniki klas $0,6$ i $0,9$. Gospodarstwa $50\text{--}100$ hektarowe i większe posiadają co najmniej jeden ciągnik klasy $1,4$ lub $2,0$ i co najmniej jeden klasy $0,4$, $0,6$ lub $0,9$. Zasadniczy powód jest taki, że w gospodarstwach $50\text{--}100$ hektarowych i większych nieopłacalne i nieefektywne jest wykorzystywanie ciągników dużej mocy do lekkich prac polowych [Szeptycki i inni 2005]. Do tych prac niezbędny jest ciągnik mniejszej mocy (niższej klasy). W gospodarstwach mniejszych $10\text{--}50$ hektarowych dominują ciągniki klas $0,4$, $0,6$ i $0,9$, którymi można wykonać wszystkie prace polowe. Najmniejsze gospodarstwa, do 10 hektarów powierzchni posiadają zazwyczaj jeden ciągnik niższej klasy $0,4$ lub $0,6$ [Kruczkowski, Żukowski 1995]. Ze względu na kierunki przemian zachodzących w kraju, związanych z restrukturyzacją i modernizacją rolnictwa należy stwierdzić, że ciągnik klasy $1,4$ może być wiodącym w gospodarstwach rodzinnych ($50\text{--}100 \text{ ha}$) oraz pomocniczym w wielkoobszarowych gospodarstwach farmerskich liczących kilkaset czy nawet kilka tysięcy hektarów powierzchni, gdzie mogą być wykorzystane nawet ciągniki klasy $3,0$ (powyżej 150 kW). Stąd też ocenie ze względu na parametry energetyczne poddano ciągnik Ursus 1134 klasy $1,4$. Celem pracy była ocena energetyczna ciągnika Ursus 1134 oraz jego porównanie z innymi tego typu ciągnikami zagranicznymi oferowanymi na polskim rynku.

Metodyka badań

Sprawdzono ogólną sprawność techniczną ciągnika. Sprawdzono układ paliwowy. Sprawdzono szczelność króćców i przewodów wysokociśnieniowych doprowadzających paliwo do wtryskiwaczy oraz filtr paliwa. Sprawdzono wtryskiwacze na stanowisku próbnika PRW – 3. Zmierzono rzeczywiste ciśnienia otwarcia wszystkich wtryskiwaczy oraz sprawdzono jakość rozpylania paliwa. Sprawdzono początek wtrysku paliwa (kąt wyprzedzenia wtrysku pompy wtryskowej) oraz luzy zaworowe. Sprawdzono filtr powietrza, szczelność połączeń turbosprężarki z filtrem powietrza i przewodem wydechowym.

Badania prowadzono na stanowisku wyposażonym w hamulec elektrowirowy Schenck W 450 z zamontowanym specjalnym wałem umożliwiającym połączenie hamulca z tylnym WOM badanego ciągnika. Podczas badań silnika ciągnik przyłączony był do stanowiskowego układu zasilania w paliwo (masowy pomiar zużycia paliwa). Za pomocą czujników kontrolowano temperaturę oleju silnikowego i płynu chłodzącego. Z urządzeń pomiarowych hamulca odczytywano prędkość obrotową silnika i WOM ciągnika, moment obrotowy i zużycie paliwa. Moc silnika (N_e) wyliczano wg wzoru: $N_e = M_o \cdot n_{WOM} \cdot \pi / 30000$ (gdzie: M_o - moment obrotowy na wale hamulca [Nm]; n_{WOM} - prędkość obrotowa WOM ciągnika [obr·min⁻¹]).

Zużycie jednostkowe paliwa (g_e) wyliczano wg wzoru: $g_e = 1000 \cdot G_e / N_e$ [g·kWh⁻¹] (gdzie: G_e – godzinowe zużycie paliwa [kg·h⁻¹]).

W celu ograniczenia wpływu warunków atmosferycznych wszystkie ciągniki badano przy temperaturze otoczenia zawierającej się w przedziale 23±7°C i ciśnieniu atmosferycznym nie niższym niż 96,6 kPa.

Średnie warunki atmosferyczne panujące w trakcie badań: temperatura 17°C, ciśnienie 99,8 kPa, wilgotność względna 59%. Maksymalne temperatury podczas prób osiągały: czynnik chłodzący 75°C, olej silnika 113°C, paliwo 40°C, powietrze na wlocie do silnika 26°C.

Badaniom poddano silnik z zapłonem samoczynnym, czterosuwowy, rzędowy, z bezpośrednim wtryskiem paliwa, doładowany, czterocyndrowo pojemności skokowej 4,562 [dm³]. Przeniesienie napędu odbywało się poprzez WOM 1000 [obr·min⁻¹]. Przełożenie silnik-WOM wynosiło $i = 1,92$.

Badania mocy maksymalnej (próba dwugodzinna)

Doprowadzono silnik do stanu cieplnego przez dostatecznie długi okres czasu tak, by ustaliły się jego parametry pracy. Pomiary prowadzono przy ustawieniu dźwigni sterującej dawką paliwa w położeniu maksymalnego podawania, w czasie dwóch godzin. W tym czasie dokonano odczytów parametrów (moc, prędkość obrotowa, zużycie paliwa) równomiernie rozłożonych w czasie próby. Podano wartości mocy maksymalnej wyznaczonej jako średnia wszystkich odczytów dokonanych w czasie próby.

Badania przy pełnym obciążeniu i zmiennej prędkości obrotowej (charakterystyka zewnętrzna)

Wykonano pomiary największych momentów obrotowych i zużycia paliwa w funkcji prędkości obrotowej. Pomiary w kierunku malejących prędkości obrotowych prowadzono do prędkości mniejszej o 15% od prędkości, przy której wystąpił maksymalny moment obrotowy, lub do prędkości obrotowej niższej co najmniej o 50% od znamionowej prędkości obrotowej.

Badania przy różnych obciążeniach z działającym regulatorem prędkości obrotowej (charakterystyka regulatorowa)

Badania przeprowadzono przy ustawieniu dźwigni sterującej dawką paliwa na maksymalną moc przy znamionowej prędkości obrotowej silnika oraz znormalizowanej prędkości obrotowej WOM [1000 (obr·min⁻¹)]. Dokonano pomiarów momentu obrotowego, zużycia paliwa oraz prędkości obrotowej silnika. Określono moc maksymalną w próbie dwugodzinnej, przy znamionowej prędkości obrotowej silnika oraz przy znormalizowanej prędkości obrotowej WOM. Określono moc dla obciążeń częściowych przy znamionowej prędkości obrotowej silnika oraz przy znormalizowanej prędkości obrotowej WOM.

Wskaźnik elastyczności silnika wyliczano z następującego wzoru:

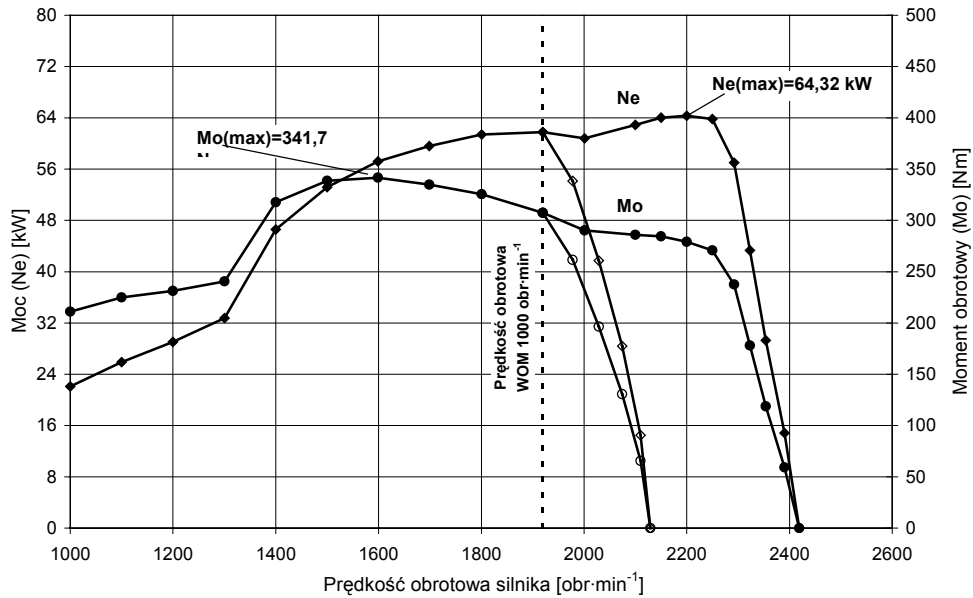
$$e = e_M \cdot e_n = \frac{M_{\max}}{M_N} \cdot \frac{n_N}{n_{M_{\max}}} \quad (1)$$

gdzie:

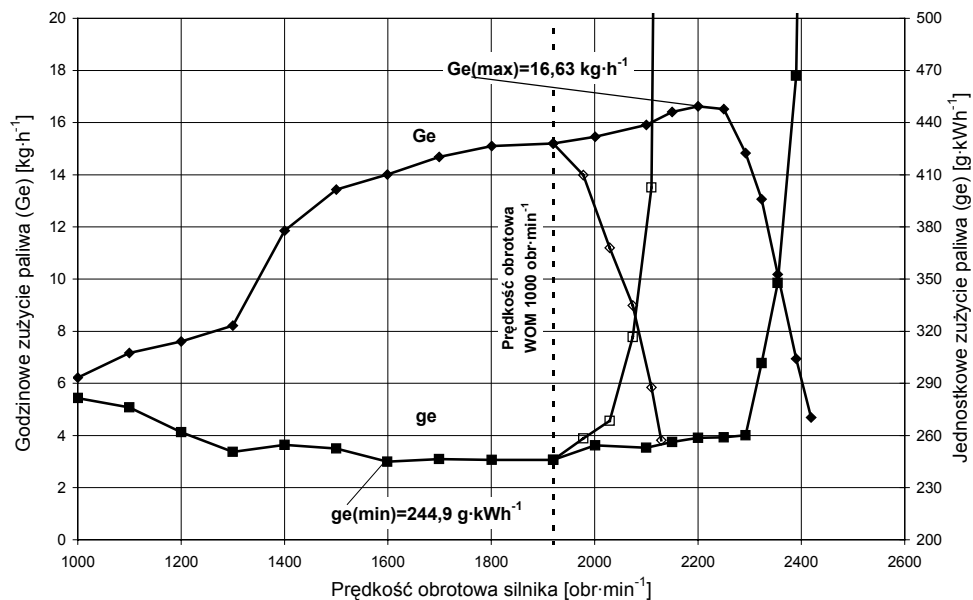
- e_M – elastyczność momentu obrotowego,
- e_n – elastyczność prędkości obrotowej,
- M_{\max} – maksymalny moment obrotowy silnika [Nm],
- M_N – moment obrotowy odpowiadający mocy znamionowej [Nm],
- $n_{M_{\max}}$ – prędkość obrotowa maksymalnego momentu obrotowego [obr·min⁻¹],
- n_N – znamionowa prędkość obrotowa silnika.

Wyniki badań

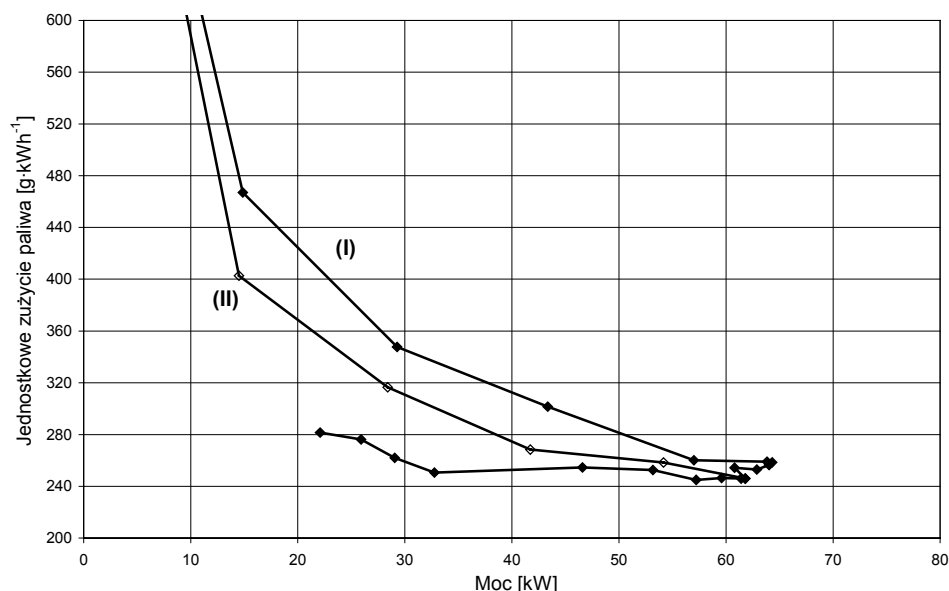
Graficzne przedstawienie wyników pomiarów z badań obejmuje wykresy sporządzone dla pełnego zakresu możliwych do uzyskania prędkości obrotowych silnika, następujących wielkości: mocy w funkcji prędkości obrotowej (z zaznaczeniem znormalizowanej prędkości WOM, rys. 1.), momentu obrotowego przeliczonego na wał korbowy silnika w funkcji prędkości obrotowej (rys. 1.), godzinowego i jednostkowego zużycia paliwa w funkcji prędkości obrotowej (rys. 2.), jednostkowego zużycia paliwa w funkcji mocy (rys. 3).



Rys. 1. Wykres mocy i momentu obrotowego silnika w funkcji prędkości obrotowej
 Fig. 1. Diagram of engine's power and torque as a function of rotary speed



Rys. 2. Wykres godzinowego i jednostkowego zużycia paliwa w funkcji prędkości obrotowej
 Fig. 2. Diagram of hourly and specific fuel consumption as a function of rotary speed



- (I) - przy ustawieniu dźwigni sterującej dawką paliwa na pełne podawanie;
 (II) - przy ustawieniu dźwigni sterującej dawką paliwa w pozycji odpowiadającej znormalizowanej prędkości obrotowej WOM przy pełnym obciążeniu

Rys. 3. Wykres jednostkowego zużycia paliwa w funkcji mocy
 Fig. 3. Diagram of specific fuel consumption as a function of engine's power

Zestawienia parametrów energetycznych wybranych ciągników dostępnych na polskim rynku dokonano dla typowych przebiegów charakterystyk zmian mocy, momentu obrotowego w funkcji prędkości obrotowej silnika (tabela).

Analiza wyników badań

Na możliwości trakcyjne (przystosowanie do zmiennych warunków pracy) wpływ mają m.in. właściwości eksploatacyjne silnika: jednostkowe zużycie paliwa, wskaźnik elastyczności silnika e (momentu obrotowego e_M , prędkości obrotowej silnika e_n).

Szeroki, możliwy do wykorzystania zakres prędkości obrotowych daje odpowiednio wysoki wskaźnik prędkości obrotowej. Dzięki temu ciągnik posiada lepsze właściwości trakcyjne, może pracować przy większych chwilowych obciążeniach oraz przez dłuższe okresy czasu będąc przeciążonym w porównaniu do ciągnika z silnikiem o gorszych wskaźnikach e_M i e_n . Silnik posiadający wyższe wartości tych wskaźników określamy mianem silnika bardziej elastycznego.

Ważnym parametrem roboczym silnika świadczącym o możliwości wykonania przez niego pracy użytecznej jest moment obrotowy. Ważnym jest też przebieg krzywej momentu obrotowego oraz położenie jego maksimum. Z analizy charakterystyki zewnętrznej silnika wynika, że przy tej samej mocy oraz tej samej znamionowej prędkości obrotowej

może on mieć różny przebieg krzywej momentu obrotowego, tym samym silnik wykona różną pracę wyrażoną w $\text{kWh}\cdot\text{dm}^{-3}$ w zakresie różnych (użytecznych) prędkości obrotowych.

Przebieg ten zależy od wielu czynników związanych z parametrami konstrukcyjnymi, charakterystykami technicznymi, eksploatacyjnymi silnika i jego układów. Zmieniając te parametry producent może wpływać na przebieg krzywej momentu obrotowego tak, żeby silnik był jak najlepiej przystosowany do wykonywanych prac. Klasycznie krzywa momentu obrotowego ma charakter opadający w zakresie użytecznych prędkości obrotowych silnika w kierunku od maksymalnego momentu obrotowego do znamionowych obrotów silnika (rys. 1.).

Tabela 1. Zestawienie parametrów energetycznych wybranych ciągników
Table 1. The comparison of energy parameters selected tractors

Ciągnik					
Ursus 1134	Massey Ferguson 6265	John Deere 6320	Renault Celtis 456	Fendt Farmer 309 C	New Holland TS 110
Silnik					
Martin (T)	Perkins (T)	John Deere (TI)	John Deere (T)	Deutz (TI)	New Holland (T)
Pojemność skokowa [cm^3]					
4 562	3 990	4 525	4 525	3 192	4 987
Moment obrotowy w punkcie maksymalnej mocy [Nm] (przy znamionowej prędkości obrotowej silnika [$\text{obr}\cdot\text{min}^{-1}$])					
279,2 (2200)	308,9 (2204)	275,0 (2300)	289,8 (2200)	320,0 (2200)	338,0 (2049)
Maksymalny moment obrotowy [Nm] (przy prędkości obrotowej [$\text{obr}\cdot\text{min}^{-1}$])					
341,7 (1600)	394,4 (1410)	390,0 (1404)	372,6 (1500)	410,0 (1411)	438,5 (1348)
Jednostkowe zużycie paliwa dla mocy maksymalnej [$\text{g}\cdot\text{kWh}^{-1}$]					
258,6	273,0	225,0	260,0	237,0	246,0
Praca na jednostkę paliwa dla mocy maksymalnej [$\text{kWh}\cdot\text{dm}^{-3}$]					
3,2	3,1	3,7	3,3	3,5	3,4
Elastyczność momentu obrotowego silnika					
1,22	1,27	1,41	1,28	1,28	1,29
Elastyczność prędkości obrotowej silnika					
1,37	1,56	1,63	1,46	1,55	1,52
Elastyczność silnika					
1,67	1,98	2,29	1,86	1,98	1,96

T – turbo doładowanie; I – intercooler

Podsumowanie i wnioski

Tego typu badania pozwalają ocenić właściwości silnika ciągnika uwzględniając to, jak stromo wznosi się lub opada krzywa momentu obrotowego i w jakim zakresie prędkości obrotowych. Wiele firm oferuje ciągniki z silnikami z zakresami prędkości obrotowych określanymi jako „ekonomiczne”. Najczęściej są to prędkości obrotowe silnika odpowiadające określonym obrotom WOM ciągnika (np.: 540, 750, 1000, 1400obr/min). Są to silniki

z tak dobranymi parametrami, aby umożliwiły uzyskanie tych prędkości w zakresie jak najmniejszych zużyć paliwa przy możliwie największej mocy uzyskiwanej na WOM ciągnika. Dla innych ciągników, gdzie moc na WOM nie jest najważniejszą parametrami silnika tak są dobrane, żeby najmniejsze zużycie paliwa przy możliwie największej mocy uzyskiwać w jeszcze innych zakresach prędkości obrotowych.

W większości przypadków krzywe momentu obrotowego, mocy i zużycia paliwa w funkcji prędkości obrotowej mają podobny charakter do przedstawionych na rys 1. i 2. Na podstawie tego typu badań można stwierdzić, że parametry i wskaźniki współczesnego ciągnika (mając na myśli URSUS), który mógłby konkurować z innymi na polskim rynku powinny być lepsze niż średnia dla wszystkich ciągników oferowanych na polskim rynku w danej grupie mocy. Tym samym URSUS powinien zbliżać się parametrami do ciągników typu New Holland, Fiat czy Renault, żeby być przydatnym dla polskiego rolnictwa i móc być konkurencyjnym na polskim rynku.

Bibliografia

- Kruczkowski M., Żukowski W. 1995. Kierunki i tendencje rozwoju kołowych ciągników rolniczych. IBMER Warszawa, s. 25.
- Szeptycki A. 2005. Stan i kierunki rozwoju techniki oraz infrastruktury rolniczej w Polsce. Praca zbiorowa pod redakcją A. Szeptyckiego. IBMER Warszawa, s. 237.
- Abstracts of agricultural tractor tests according to OECD Codes 1 and 2. 2003. Cemagref, s. 197.
- OECD standard Code for the official of agricultural and forestry tractors. 2002, Code 1, s. 80.
- OECD restricted standard Code for the official of agricultural and forestry tractors. 2002, Code 2, s. 42.

ANALYSIS OF ENERGY PARAMETERS OF TRACTOR URSUS 1134

Summary. The aim of research was to determine of energy parameters of the engine. Tractor's (engines) energy parameters, which were observed during the tests, can estimate tractor's power-intensity, its energy consumption and adaptation to different working conditions. It means we can estimate adaptation to changeable load and changeable rotary speed. The engine of U1134 tractor is characterised by: specific fuel consumption for maximum power $258,6 \text{ g}\cdot\text{kWh}^{-1}$, specific energy for maximum power $3,2 \text{ kWh}\cdot\text{dm}^{-3}$, flexibility of torque 1,22; flexibility of engine's rotary speed 1,37; engine flexibility 1,67.

Key words: engine, tractor, energetic parameters, fuel consumption, engine flexibility

Adres do korespondencji:

Jan R. Kamiński: e-mail: jan_kaminski@sggw.pl
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 164
02-787 Warszawa