

WYDAJNOŚCIOWA ANALIZA W PROCESACH EKSPLOATACJI MASZYN ROLNICZYCH

Jan Banasiak

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Praca przedstawia metodyczne aspekty wyznaczania i wykorzystania wskaźników wydajności energetycznej i chronometrycznej w ocenie poziomu eksploatacji maszyn rolniczych oraz dla oceny środowiska ich pracy.

Słowa kluczowe: rolnictwo, eksploatacja maszyn, chronometraż, wydajność

Wstęp

Eksploatacyjną dzielność maszyn najczęściej wyrażają trzy cechy: wydajność pracy, jakość wykonanej pracy oraz odporność na złą obsługę. W odniesieniu do maszyn rolniczych wyróżnić należy jako czwartą cechę odporność na zmienne warunki pracy. W procesach decyzyjnych użytkownik maszyn rolniczych powinien konfrontować możliwą do uzyskania wydajność pracy z kosztami eksploatacji maszyn. Często jednak pomija się czasochłonną analizę kosztów oczekując jedynie maksymalizacji wydajności. Ograniczoność czasu dyspozycyjnego w okresach agrofenologicznych, stanowi, że szczególnie ważnym jest także racjonalne wykorzystanie czasu zmiany roboczej. W podstawowej mierze decyduje to, o wymaganej w rolnictwie terminowości wykonania poszczególnych prac. Pożądanym jest, więc zarówno wysoki techniczny potencjał wykonawczy maszyn, jak i wysoki udział efektywnie wykorzystanego czasu pracy. Stąd też, kryteriami oceny eksploatacyjnej „dobroci” maszyn rolniczych a także interakcji w układzie środowisko rolnicze-maszyna, mogą być poziom uzyskiwanych wskaźników wydajności i stopień wykorzystania czasu zmiany roboczej. Definiując słownie - wydajność jest to ilość pracy wykonanej Q w jednostce określonego czasu T lub przypadającej na jednostkę nakładu energii E . Odwrotności formuł wyznaczających wydajność przyjęto nazywać energochłonnością i czasochłonnością.

Przegląd metodyczny

Wiążąc określoną pracę wykonaną z pewnym wydatkiem energii, przyjmuje się uproszczenie, że samo wydatkowanie energii oznacza pracę, którą wykonuje samodzielnie każde źródło energii. Skuteczność wydatkowania energii poprzez pracę maszyn w rolnictwie opisywać (porównywać) możemy wskaźnikami wydajności energetycznej W_e , pamiętając jednak, że wydajność „uzyskuje” agrotechniczny podsystem (funkcjonujący agregat

maszynowy) a nie samodzielne źródło energii. Ilość pracy wykonanej Q , zmierzonej w fizycznych jednostkach masy, powierzchni drogi, odniesiemy wtedy do zużytego nakładu energii E , wyznaczonego w jednostkach technologicznych lub fizycznych np. w Rbh, kWh, J, itd., uzyskując:

$$W_e = \frac{Q}{E} \quad (1)$$

Ze względu na niejednorodność stosowanych w rolnictwie źródeł energii (człowiek, zwierzęta pociągowe, źródła silnikowe), nakłady pracy wyznaczone są różnymi trudno porównywalnymi jednostkami. Jednostki wyrażające fakt stosowania biologicznego źródła energii przez określony czas oznaczane Rbh i Rbd, knh i knd, nie uwzględniają wydatkowanej mocy w sensie fizycznym. Nakład pracy wyliczony w tych jednostkach stanowi iloczyn liczby robotników, koni i ich czasu pracy wyrażonego w godzinach lub dniach roboczych, najczęściej ośmiogodzinnych. Dla ciągników występujących w wielu wersjach i klasach o zróżnicowanym zasobie mocy, wskazane jest podawanie nakładów w cnh i cnd z indeksem informującym o typie, sile uciążu lub mocy ciągnika, np. cnd_{C360}, cnd_{kl.9kN}. Koniomechanicznogodziny (KMh) i kilowatogodziny (kWh) są jednostkami uniwersalnymi, stosowanymi dla wyrażenia nakładów pracy wszystkich silnikowych źródeł energii. Są one iloczynami czasu wykorzystania i efektywnego zasobu mocy – Nef, wyrażonego w KM lub kW (1kW = 1,36 KM). Stąd też z łatwością, pracę źródeł mechanicznych możemy wyznaczyć w jednostkach fizycznych (J). Potrzeba bilansowania nakładów pracy różnych źródeł energetycznych, wymaga także tworzenia jednostek wspólnych, pozwalających wyrazić nakłady pracy ludzi, koni i źródeł silnikowych łącznie. Jednostkami takimi są: ENT i RKCS. Powszechne zastosowanie zyskała jednostka RKCS, przyjmując, że: 1 RKCS = 1 rbh = 1 knh = 5 KMh = 3,7 kWh. Obecnie jednak przyjmuje się najczęściej, że jednostka RKCS odnoszona do pracy źródeł energii silnikowych, posiada wyższą wartość przeliczeniową: 1 RKCS = 8 KMh = 6 kWh. Z kolei, za jednostkę pociągową przyjmuje się 1 konia roboczego lub zasób mocy efektywnej ciągnika 8 KM lub ok. 6 kW. A zatem, ciągnik o mocy efektywnej (Nef) 30 KM to prawie 4 jednostki pociągowe.

Skuteczność wykonawczą maszyn opisywać będą wskaźniki wydajności chronometrażowej. Początkowy (obliczeniowy) potencjał wykonawczy maszyn roboczych, określają wskaźniki wydajności technicznej W_{tech} :

$$W_{tech} = 0,1 \cdot b_r \cdot v_r \quad [\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

$$\text{lub } W_{tech} = 0,1 \cdot b_r \cdot v_r \cdot q \quad [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}, \text{t} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3)$$

gdzie:

- b_r – szerokość robocza maszyny, narzędzia [m],
- v_r – konstrukcyjnie przyjęta dopuszczalna prędkość robocza agregatu [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$],
- q – dawka [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$], lub plon [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$].

Z kolei, eksploatacyjne efekty pracy maszyn (narzędzi) roboczych opisywać będziemy zakresem pracy wykonanej Q i jej wydajnością chronometrażową. Również tutaj (z wyjątkiem maszyn specjalnych i samojezdnych), odnosimy się do zespołu nazywanego

agregatem maszynowym składającego się zwykle z maszyny energetycznej i jednej lub kilku maszyn roboczych. Agregat taki uzupełniony zespołem o funkcji kontrolno-sterującej, stanowi w ujęciu teorii systemów, jednostkowy element struktury systemu nazywany podsystemem. Wtedy to, możliwości wykonawcze maszyn roboczych agregatów i podsystemów, określają wskaźniki wydajności wyznaczone z odniesienia ilości pracy wykonanej Q do czasów głównych zmiany roboczej $T_1, T_{02}, T_{04}, T_{07}$. określonych metodą pełnego chronometrażu (rys. 1).

T_{08}	T_{07}	T_{04}	T_{02}	T_1	Czas efektywny		
czas zmiany kontrolnej	czas ogólny zmiany	czas roboczy zmiany	czas operacyjny	T_2	T_{21}	czas nawrotów	
					T_{22}	czas przejazdów jałowych w miejscu pracy	
					T_{23}	czas przestojów technologicznych	
			T_3	czas obsługi technicznej	T_{31}	czas codziennej obsługi technologicznej	
					T_{32}	czas codziennej obsługi technicznej	
					T_{33}	czas regulacji przeprowadzanych w miejscu pracy	
		T_4	czas usuwania usterek	T_{41}	czas usuwania usterek technologicznych		
				T_{42}	czas usuwania usterek technicznych		
		T_5	czas odpoczynku				
		T_6	czas przejazdów środków transportowych	T_{61}	czas przejazdów z miejsca postoju maszyny na pole		
				T_{62}	czas przejazdów z pola na pole		
		T_7	czas codziennej obsługi technicznej maszyn towarzyszących				
		T_8	straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny	T_{81}	straty czasu z przyczyn organizacyjnych		
T_{82}	straty czasu z przyczyn meteorologicznych						
T_{83}	straty czasu z innych przyczyn						

Rys. 1. Schemat blokowy klasyfikacji czasów technologicznych

Fig. 1. Block diagram for production time classification

Ideowy wzór dla określenia wskaźników wydajności narzędzi i maszyn rolniczych, w oparciu o chronometraż zmiany roboczej, jest więc następujący:

$$W = \frac{Q}{T_{(1,02,04,07)}} \quad (4)$$

Przy stałej wielkości pracy wykonanej Q , czasy T pozostają zwykle, w szeregu rosnącym $T_1 < T_{02} < T_{04} < T_{07}$. Przez to, szereg wyznaczanych wskaźników maleje od $W_1 - W_{07}$, czyli $W_1 > W_{02} > W_{04} > W_{07}$. W konsekwencji odnoszenia pracy wykonanej do sumy odpowiedniego czasu wyznaczonego chronometrażem jednej lub kilku zmian roboczych, wyliczone wskaźniki wydajności podają średnią wielkość pracy wykonanej w jednej godzinie odpowiedniego czasu. Wydajność powierzchniowa agregatów maszynowych w rolnictwie mierzona jest w hektarach na godzinę ($ha \cdot h^{-1}$), mimo że w technice określana w $m^2 \cdot s^{-1}$, a wydajność masowa w tonach na godzinę ($t \cdot h^{-1}$) a nie w kg/s . Metodą pełnego chronometrażu mogą także zostać określone średnie wydajności roczne zwane także sezonowymi,

jako że w praktyce najczęściej dotyczą wykorzystania maszyn do prac polowych w okresie nazywanym sezonem gospodarczym. Wykorzystanie sezonowe maszyn (T_{sez}) stanowi sumę godzin pracy czasów T_{07} wszystkich zmian dziennych zrealizowanych w ciągu roku [h/rok] z kolei wydajność roczna – W_{sez} , stanowi sumę pracy wykonanej w ciągu całego roku. W oparciu o te dwie wielkości możemy określić średnią roczną wydajność eksploatacyjną maszyny, zgodnie z formułą:

$$\bar{W}_{07} = \frac{Q[h \cdot t \cdot rok^{-1}]}{T_{sez}[h \cdot rok^{-1}]} [h \cdot t \cdot h^{-1}] \quad (5)$$

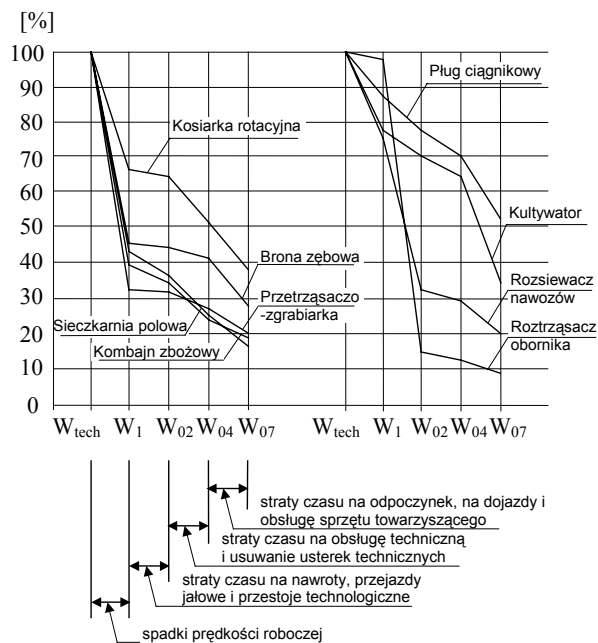
Wskaźniki wydajności technicznej W_{tech} są obliczeniowymi i nie uwzględniają ograniczającego wpływu środowiska rolniczego na wydajności maszyn. Pozwalają jednak na odniesienie wskaźników wydajności chronometrażowej do wydajności technicznej i wyznaczenie szeregu współczynników „k”:

$$k_1 = \frac{W_1}{W_{tech}}; \quad k_{02} = \frac{W_{02}}{W_{tech}}; \quad k_{04} = \frac{W_{04}}{W_{tech}}; \quad k_{07} = \frac{W_{07}}{W_{tech}}. \quad (6-9)$$

Wyznaczenie tych współczynników umożliwia przeliczanie wskaźników wydajności technicznej i chronometrażowej, wykonywanie analiz i ocen porównawczych. Znaczenie szczególne ma tu możliwość wyznaczania wskaźników wydajności eksploatacyjnej. Wydajność ta wyraża skumulowany efekt współdziałania wielu czynników środowiska pracy i walorów techniczno-eksploatacyjnych maszyny. Stąd więc zastosowanie wyznaczonych wskaźników wydajności eksploatacyjnej w doborze ilościowym maszyn pozwala prawidłowo określić niezbędną i optymalną liczbę maszyn w gospodarstwie oraz spodziewane skutki ich eksploatacji.

Przykładem analitycznego wykorzystania wskaźników wydajności chronometrażowej jest ich procentowe odniesienie do wskaźników wydajności technicznej. Kompleksowe ujęcie zespołu wskaźników wydajności pokazuje ich zmienność jako skutek interakcji środowiskowej, pozwala także na wyodrębnioną ocenę samego rolniczego środowiska wyrażającą stopień trudności w uzyskiwaniu wysokich wydajności pracy maszyn. Przedstawiony graf (rys. 2) pokazuje zmienność wskaźników wydajności maszyn identyfikując (określając) jej przyczyny. W przedziale $W_{tech} - W_1$, procentowy spadek wydajności maszyny należy wiązać z osiąganiem prędkości roboczej niższej od konstrukcyjnie przyjętej. W pozostałych przedziałach odpowiednie spadki wydajności należy wiązać ze stratami czasu roboczego.

Przedstawione „uporządkowania” metodologiczne i nazewnictwo powinny umożliwić czytelnikowi właściwe planowanie i prezentowanie swych osiągnięć badawczych i aplikacyjnych z zakresu eksploatacji i użytkowania maszyn w rolnictwie. Część z przedstawionych wyżej jednostek pracy i jednostek energetycznego wyposażenia procesów produkcji nie znajduje już zastosowania, jednak możliwość ich transformowania i przeliczania pozwoli wykorzystywać w publikacjach przeglądowych wcześniej opracowywane źródła bibliograficzne. Proponowana metodyka wyznaczania i interpretacji wskaźników wydajności pozwala na ocenę skuteczności maszyny w pewnych określonych warunkach środowiska pracy i określić stopień trudności w osiągnięciu wskaźników wysokich.



Rys. 2. Zakresy zmienności wskaźników wydajności wybranych maszyn i narzędzi rolniczych
 Fig. 2. Variability ranges of capacity indices for selected agricultural machines and tools

Zaprezentowane w przeglądzie poglądy ukształtowałem w oparciu o liczne opracowania następujących Autorów:

Karwowski T., Kowalski J., Lorencowicz E., Michałek R., Nowacki T., Pawlak J., Wójcicki Z., Zaremba W.

CAPACITY ANALYSIS IN THE PROCESSES OF AGRICULTURAL MACHINE USE

Abstract. The paper presents methodical aspects of setting and using indices of energetic and timing capacity for evaluating the level of agricultural machine use as well as for evaluating the operation environment.

Key words: agriculture, machine use, timing, capacity

Adres do korespondencji:

Jan Banasiak; e-mail: banasiak@imr.ar.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław