

*Dobrzycki Jacek, Koniuszy Adam*

*Akademia Rolnicza w Szczecinie*

## **MODELOWANIE PROCESU EKSPLOATACJI CIĄGNIKA ROLNICZEGO W WARUNKACH WOJEWÓDZTWA ZACHODNIOPOMORSKIEGO**

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono etapy budowania modelu eksploatacji ciągnika Ursus 912. Określono wartości najczęściej występujących obciążeń silnika na podstawie analizy zabiegów agrotechnicznych w badanych gospodarstwach rolnych. Przedstawiono charakterystykę gęstości czasowej silnika ciągnikowego Z 8401.12. Stwierdzono, że na podstawie modelu eksploatacji można optymalizować pracę silnika.

**Słowa kluczowe:** ciągnik rolniczy, model eksploatacji, optymalizacja

### **Wstęp**

Stosowanie silników ZS do napędu ciągników rolniczych wymaga prowadzenia procesu optymalizacji na etapie projektowania oraz samej eksploatacji ciągnika. Różnorodność wykonywanych przez ciągnik uniwersalny prac stwarza konieczność pogodzenia wielu, często sprzecznych ze sobą wymagań.

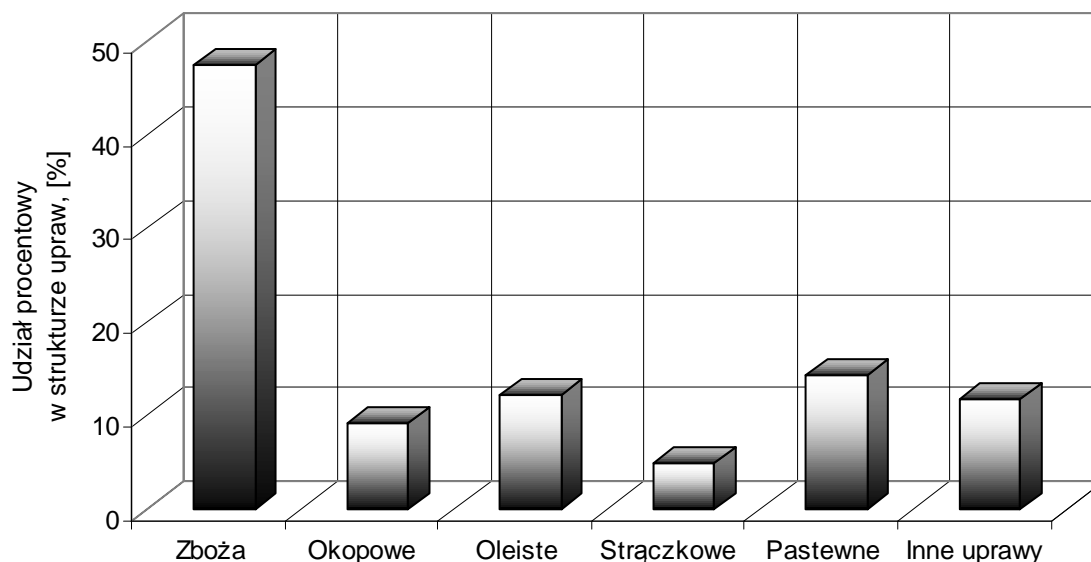
Badania nad poprawą właściwości użytkowych, szczególnie wskaźników ekonomiczności pracy silnika wymagają statystycznego przedstawienia warunków jego pracy, najlepiej w formie modeli procesu eksploatacji. W postaci graficznej, modele takie będące mapą rozkładu prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych obciążeń w obszarze charakterystyki ogólnej silnika, noszą nazwę charakterystyki gęstości czasowej [Cichy 1986].

Do generacji charakterystyki gęstości czasowej wykorzystywane są zazwyczaj testy jezdne, które pozwalają na ocenę rozkładu obciążeń silnika w typowych warunkach jego użytkowania. Testy te, prowadzone zgodnie z obowiązującymi normami, dotyczą przede wszystkim badań toksyczności spalin i w głównej mierze odnoszą się do pojazdów samochodowych. Brak jest natomiast porównywalnych testów (modeli eksploatacji), które mogłyby służyć do oceny wybranych właściwości silników stosowanych do napędu ciągników rolniczych [Chłopek 1999, Merkisz 1993].

Tworzenie i umiejętne wykorzystanie symulacyjnych modeli eksploatacji silników ciągnikowych jest jednym ze sposobów poprawy eksploatacyjnych wskaźników pracy. Niezbędna jest przy tym bardzo dokładna znajomość specyfiki prac wykonywanych przez ciągnik rolniczy. Opracowywane w ten sposób modele wymagają zarazem szeregu uproszczeń, dzięki którym możliwe jest odzwierciedlenie warunków eksploatacji. Jednym z istotnych czynników jest położenie geograficzne i środowiskowe przeciętnego gospodarstwa, stąd też opisany w badaniach model eksploatacji dotyczy określonego obszaru.

### **Metodyka badań**

Informacje o rodzaju i strukturze badanych gospodarstw rolnych oraz wykorzystaniu parku ciągnikowego w województwie zachodniopomorskim pozyskano na podstawie ankiet. W oparciu o analizę statystyczną ankiet, polegającą m. in. na charakterystyce powierzchni użytków rolnych określono strukturę zasiewu roślin uprawnych w badanych gospodarstwach, rys. 1.



Rys. 1. Struktura zasiewu roślin uprawnych w badanych gospodarstwach rolnych województwa zachodniopomorskiego

Fig. 1. The structure of crops of cultivated plants in the examined agricultural farms of West Pomerania

Jak wynika z rys. 1, największą część powierzchni wszystkich upraw w badanych gospodarstwach stanowią zboża. Kolejne grupy roślin, pod względem wielkości powierzchni zasiewu, to rośliny pastewne, oleiste oraz okopowe.

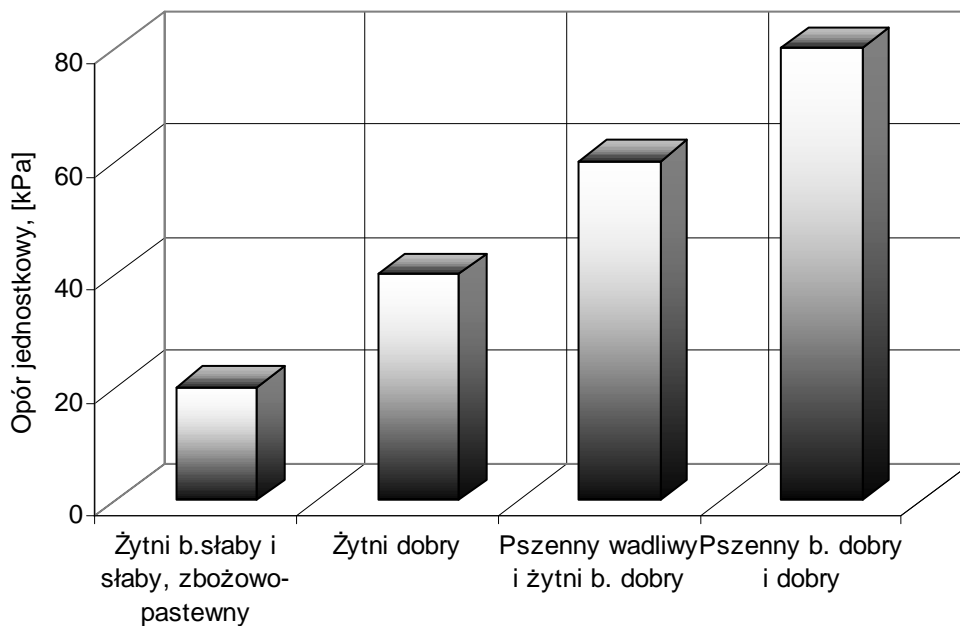
Dalsza analiza polegała na opracowaniu uproszczonych kart technologicznych uprawy poszczególnych roślin oraz zabiegów towarzyszących. Opracowanie kart technologicznych upraw wykonano z uwzględnieniem wykorzystania parku ciągnikowego w badanych gospodarstwach, które wykazało duże zróżnicowanie pod względem wieku i mocy użytkowanych ciągników. Stwierdzono, że najliczniejszą, a zarazem najstarszą grupę stanowią nadal ciągniki Ursus: C – 330, C – 360 i pochodne, będące głównym źródłem siły pociągowej w gospodarstwach małych i średnich. Gospodarstwa duże dysponowały, oprócz ww. ciągników przeznaczonych głównie do zabiegów pielęgnacyjnych i ochrony roślin, m.in. ciągnikami Ursus: C – 385, 912, 914, 1014, 1224, 1614, nie wliczając ciągników importowanych zza granicy. Do modelowania procesu eksploatacji przyjęto ciągnik Ursus 912.

Po rozwinięciu ogólnego bilansu mocy ciągnika (1) wyznaczono wartości poszczególnych składników bilansu z uwzględnieniem takich parametrów, jak: rodzaj podłoża, szerokość, głębokość oraz prędkość robocza narzędzia itp. [Kuczewski 1974, Dajniak 1985].

$$N_s = M_s \cdot \omega_s \cdot (1 - \eta) + W_{tc} \cdot v + P_n \cdot v_s + P_u \cdot v \quad [W] \quad (1)$$

gdzie:  $N_s$  - moc użyteczna silnika,  
 $M_s$  - moment obrotowy silnika,  
 $\omega_s$  - prędkość obrotowa silnika,  
 $\eta$  - sprawność układu przeniesienia napędu,  
 $W_{tc}$  - siła oporu toczenia ciągnika,  
 $v$  - prędkość ciągnika,  
 $P_n$  - siła tracona wskutek poślizgu kół napędowych,  
 $v_s$  - prędkość poślizgu kół napędowych,  
 $P_u$  - siła uciążu, użyteczna ciągnika.

Jednym z najistotniejszych czynników rozpatrywanych w bilansie mocy jest rodzaj podłoża, po jakim porusza się ciągnik. Związane jest to nie tylko z oporem toczenia samego ciągnika, ale przede wszystkim z oporem zastosowanych narzędzi uprawowych. Dlatego też, w celu wyznaczenia jednostkowego oporu narzędzi, przyporządkowano kompleksom przydatności rolniczej gleb występujących w badanych gospodarstwach właściwe opory jednostkowe przy optymalnym stanie uwilgotnienia gleby, rys. 2 [Skrobaccki 1980, Domżał i in. 1980].



Rys. 2. Zależność oporu jednostkowego gleby od rodzaju kompleksu glebowego

Fig. 2. The relationship between the elementary resistance of soil and the sort of soil complex

W ten sposób obliczono zapotrzebowanie mocy efektywnej dla każdej z maszyn rolniczych współpracującej z ciągnikiem Ursus 912. Określenie obciążenia silnika momentem oporowym stawianym przez agregat przy podanej mocy efektywnej było już tylko zależne od stopnia przełożenia i prędkości obrotowej silnika. Najczęściej przy wykonywaniu określonego zabiegu agrotechnicznego ciągnik porusza się ze stałą prędkością na jednym przełożeniu. To założenie znacznie uprościło metodykę wyznaczenia teoretycznych obciążeń silnika w zakresie jego charakterystyki ogólnej.

Wartość danego obciążenia oraz czas jego trwania dla silnika ciągnikowego Z 8401.12 w trakcie wykonywania określonego zabiegu agrotechnicznego zestawiono w postaci kilkudziesięciu stref. Otrzymano uproszczoną mapę gęstości czasowej, umożliwiającą określenie prawdopodobieństw występowania poszczególnych stanów obciążeń silnika.

Model eksploatacji zbudowano dzięki przyjętym założeniom upraszczającym: ciągnik podczas wykonywania zabiegu pracuje ze stałym obciążeniem, przełożeniem i prędkością, a charakterystyka ogólna silnika odzwierciedla charakter pracy silnika w warunkach rzeczywistych.

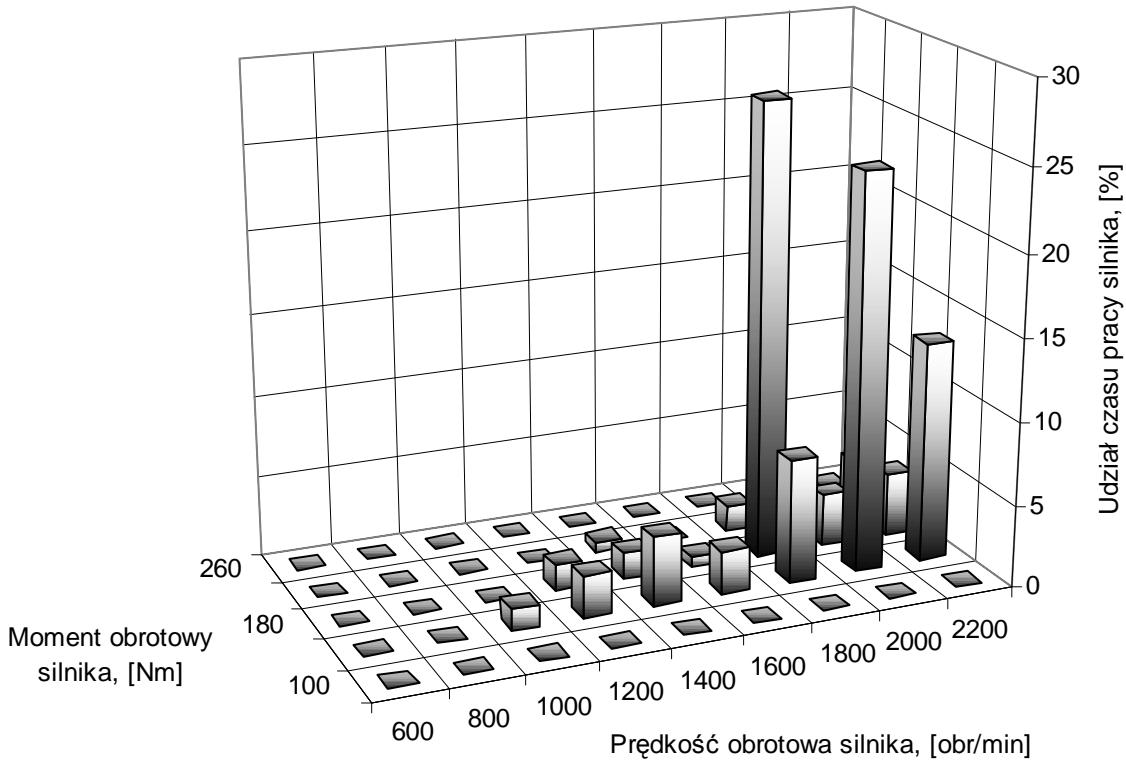
### **Wyniki i dyskusja**

Na podstawie przeprowadzonych analiz i obliczeń statystycznych stwierdzono, że łączny czas pracy potrzebny na wykonanie wszystkich zabiegów tylko przez jeden ciągnik Ursus 912 w średnim gospodarstwie rolnym województwa zachodniopomorskiego wynosi 2532 godziny w ciągu roku. Dzieląc czas pracy jednego ciągnika przez średnią liczbę ciągników pracującą w gospodarstwie otrzymano średni czas pracy ciągnika, który wynosi 506,4 godziny w ciągu roku.

Stwierdzono, że 39% ogólnego czasu eksploatacji ciągnika zajmuje orka, podorywka oraz przedsięwzięcia doprawianie gleby. Pozostałe 61% czasu eksploatacji zajmują inne zabiegi, wykazane w kartach technologicznych upraw.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że dla ustalonych warunków pracy silnika ciągnikowego średniego gospodarstwa rolnego zapotrzebowanie na moc efektywną wynosi przeciętnie 48% mocy nominalnej silnika.

Analiza mapy gęstości czasowej występowania obciążeń badanego silnika wykazała, że największy udział czasu eksploatacji silnika Z 8401.12 (ponad 27%) w dopuszczalnym polu charakterystyki ogólnej przypada w zakresie obciążenia momentem obrotowym od 140 Nm do 180 Nm, przy prędkościach obrotowych silnika od 1800 obr/min do 2000 obr/min. Określone przez producenta minimum jednostkowego zużycia paliwa dla badanego silnika wynosi około 230 g/kWh i mieści się w mniejszym od podanego zakresie prędkości obrotowej i większym momencie obrotowym. Istnieją zatem pola (strefy) pracy silnika, w których wystąpienie prawdopodobieństwa pracy nie zawsze jest równoznaczne utrzymaniem optymalnego, zbliżonego do minimum, jednostkowego zużycia paliwa przez silnik, rys. 3.



Rys. 3. Charakterystyka gęstości czasowej występowania obciążeń silnika Z 8401.12  
 Fig. 3. The characteristics of time density of Z 8401.12 engine load occurrence

Na podstawie uzyskanych wyników i przez analogię do istniejących testów jezdnych pojazdów samochodowych można, w odniesieniu do charakterystycznych warunków województwa zachodniopomorskiego, stworzyć test pracy silnika ciągnika Ursus 912. W rezultacie, w ciągu kilkunastu minut trwania testu hamownianego, przy zmiennym skokowo obciążeniu wg założonego programu, istnieje możliwość pomiaru i porównania wielkości ważnych z punktu widzenia optymalizacji pracy silnika w warunkach reprezentatywnych dla rzeczywistej eksploatacji.

### Wnioski

1. Uzasadnione jest opracowanie modeli eksploatacji silników. Za ich pomocą można mierzyć i porównywać wielkości ważne z punktu widzenia optymalizacji pracy silnika.
2. W czasie eksploatacji ciągnika Ursus 912 w średnim gospodarstwie rolnym województwa zachodniopomorskiego zapotrzebowanie na moc efektywną wynosi przeciętnie 48% mocy nominalnej silnika.
3. Silnik ciągnikowy Z 840.12 jest eksploatowany nierównomiernie w dopuszczalnym zakresie charakterystyki ogólnej, największy udział czasu eksploatacji silnika Z 8401.12 (ponad 27%) występuje przy obciążeniu momentem obrotowym od 140 Nm do 180 Nm, przy prędkościach obrotowych silnika od 1800 obr/min do 2000 obr/min, co nie jest równoznaczne z utrzymaniem optymalnego, jednostkowego zużycia paliwa. Istnieją również pola (strefy) pracy silnika, w których wystąpienie prawdopodobieństwa pracy jest minimalne.

## **Bibliografia**

- Chłopek Z. 1999. Modelowanie procesów emisji spalin w warunkach eksploatacji trakcyjnej silników spalinowych. Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 173, Mechanika, Warszawa.
- Cichy M. 1986. Nowe teoretyczne ujęcie charakterystyki gęstości czasowej. Silniki Spalinowe, nr 1, 2, 3.
- Dajniak H. 1985. Ciągniki. Teoria ruchu i konstruowanie. WKiŁ, Warszawa.
- Domżał H., Słowińska – Jurkiewicz A., Turski R. 1980. Gleboznawstwo z elementami geologii i mechaniki gleby. Akademia Rolnicza, Lublin.
- Kuczewski J. 1974. Podstawy eksploatacji agregatów rolniczych. PWRiL, Warszawa.
- Merkisz J. 1993. Wpływ motoryzacji na skażenie środowiska naturalnego. Wyd. Politech. Pozn., Poznań.
- Skrobaccki A. 1980. Wpływ czynników przyrodniczych i organizacyjnych na zużycie paliw silnikowych w procesach trakcyjnych w gospodarstwie rolnym. SGGW – AR, Warszawa.

## **MODELING PROCESS OF FARM TRACTOR USE IN WESTERN POMERANIA REGION**

### **Summary**

The aim of this paper is to present an use model for the farm tractor with the Z 8401.12 engine. It was put to trial in conditions characteristic for the Western Pomerania Region. According to the inquiry data, the simplistic technology cards of the work done by the tractor were made. That was the basis for defining the appearing load values of the engine. The quantity and duration of load values were presented graphically on the diagram of the general characteristic of the engine. These quantities constitute a characteristic TD – time density, which is the form of the exploitation model.

**Key words:** farm tractor, use model, optimization