

Waldemar Izdebski\*, Jacek Skudlarski\*\*, Stanisław Zajac\*\*\*

\*Politechnika Warszawska, \*\* Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,

\*\*\*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie

## ANALIZA KOSZTÓW WYKONANIA ZABIEGÓW AGROTECHNICZNYCH CIĄGNIKAMI O ZRÓŻNICOWANYM STOPNIU ZAAWANSOWANIA TECHNICZNEGO<sup>1</sup>

*COST ANALYSIS OF CULTURAL PRACTICES WITH THE APPLICATION  
OF FARM TRACTORS WITH VARYING TECHNICAL SOPHISTICATION*

**Słowa kluczowe: ciągniki rolnicze, koszty eksploatacji**

*Key words: farm tractors, operating costs*

**Abstrakt.** Analizowano koszty wybranych zabiegów agrotechnicznych wykonywanych ciągnikami o zróżnicowanym stopniu zaawansowania technicznego. Potwierdzono wpływ zaawansowania technicznego ciągników na koszty wykonywanych zabiegów agrotechnicznych. Najwyższe koszty wykonania zabiegów agrotechnicznych generują ciągniki wysoko zaawansowane charakteryzujące się wyższą ceną. Stwierdzono, że tańsze modele z grupy ciągników wysoko zaawansowanych generują niższe koszty niż droższe modele z grupy ciągników średnio zaawansowanych.

### Wstęp

Koszty mechanizacji (czyli koszty eksploatacji ciągników maszyn własnych lub najmu usług mechanicznych) odgrywają istotne znaczenie w kosztach produkcji rolniczej [Tomaszewski, Lorencowicz 1992, Olszewski 1999, Kowalski 2005, Zajac 2010b]. W sytuacji, gdy głównym elementem konkurencyjności staje się minimalizacja kosztów produkcji, dużego znaczenia nabiera optymalizacja wykorzystania sprzętu technicznego [Szuk 2005]. Decydujący wpływ na koszty mechanizacji w gospodarstwie ma poziom wykorzystania rocznego ciągników i maszyn. Niemniej ważny jest także dobór ciągników dla gospodarstw, który nie powinien ograniczać się wyłącznie do mocy silnika, ale powinien także uwzględniać wielkość parametrów techniczno-eksploatacyjnych, a także poziom zaawansowania technicznego ciągnika. Analiza oferty ciągników rolniczych na rynku polskim pozwala stwierdzić, że w ofercie producentów sukcesywnie zwiększa się udział ciągników o wyższym zaawansowaniu technicznym. Pomimo zapewnień producentów, że bardziej zaawansowane technicznie ciągniki rolnicze cechują się wyższą efektywnością ekonomiczną niż tańsze, mniej zaawansowane modele, to w dostępnej literaturze można znaleźć publikacje polemizujące z tym twierdzeniem [Pleshakov 2000, Shmidt 2003, Tabakov 2005, Zajac 2010b]. Przeprowadzone studia literaturowe przedmiotu wykazały, że liczba publikacji dotyczących problematyki zależności ekonomicznej efektywności pracy ciągników od stopnia ich zaawansowania jest niewielka. Na podstawie dostępnych publikacji nie można potwierdzić ekonomicznych korzyści wynikających z wyższego zaawansowania technicznego ciągników. Niniejszy problem jest przedmiotem badań w ramach realizowanego przez autorów projektu badawczego MNiSW N N 115 089639: „Wpływ nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ciągnikach rolniczych na ekonomiczną efektywność ich pracy oraz decyzje rolników dotyczące zakupu tych maszyn”.

Celem badań, których wyniki przedstawiono artykule była analiza kosztów wykonania wybranych prac agrotechnicznych ciągnikami o zróżnicowanym stopniu zaawansowania technicznego.

<sup>1</sup> Badania przeprowadzono w ramach zadania badawczego MNiSW N N 115 089639 „Wpływ nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych w ciągnikach rolniczych na ekonomiczną efektywność ich pracy oraz decyzje rolników dotyczące zakupu tych maszyn”.

## Metodyka badań

Analizę kosztów wykonania prac agrotechnicznych przeprowadzono na przykładzie dwóch grup ciągników. W grupie 1 zestawiono ciągniki mocy ok. 60 kW (80 KM), zaś w grupie 2 ciągniki o mocy ok. 85 kW (117 KM). W każdej grupie mocy zestawiono ciągniki różnych producentów dostępne na rynku w Polsce, których wyposażenie odpowiadało czterem scenariuszom zaawansowania technicznego. Scenariusz 1 obejmował ciągniki nisko zaawansowane technicznie, sterowane przy użyciu urządzeń mechanicznych, scenariusz 2 – ciągniki sterowane mechanicznie wyposażone w układ klimatyzacji, Scenariusz 3 – średnio zaawansowane technicznie ciągniki, w których niektóre funkcje (skrzynie przekładniowe, podnośnik hydrauliczny, WOM) sterowane są za pomocą urządzeń elektrohydraulicznych, pozostałe zaś funkcje sterowane są mechanicznie. Scenariusz 4 obejmował ciągniki wysoko zaawansowane, w których wszystkie funkcje sterowane są za pomocą urządzeń elektrohydraulicznych. Ze względu na znaczne różnice cenowe pomiędzy ciągnikami różnych producentów w danej grupie mocy i zaawansowania technicznego, w analizach ekonomicznych uwzględniano ciągniki najtańsze i najdroższe w danej grupie.

Pierwszy etap analiz obejmował obliczanie godzinowych kosztów eksploatacji ciągników i współpracujących z nimi maszyn, według zależności [Muzalewski 2009]:

$$K_{ei} = \left( \frac{Cm_i \times W_{Ri}}{T_{hi}} + K_{UBI} + 0,01 \times Cm_i \right) / W_{Ri} + \frac{(k_{ni}/100 \times Cm_i)}{T_{hi}} + 1,04 \times Z_{pi} \times C_p$$

gdzie:

- $F_k$  – powierzchnia do wykonania *i*-tego zabiegu w *k*-tej uprawie [ha],
- $k$  – liczba uprawianych w gospodarstwie roślin,
- $T_{max}$  – maksymalna liczba dyspozycyjnych godzin w szczytowej dekadzie [h],
- $W_{Ri}$  – wykorzystanie roczne *i*-tej maszyny [h/rok],
- $K_{ei}$  – koszt eksploatacji *i*-tej maszyny (ciągnika) [zł/h],
- $C_{mi}$  – cena *i*-tej maszyny (ciągnika) [zł/h],
- $K_{ubi}$  – koszt ubezpieczenia *i*-tej maszyny (ciągnika) [eur/rok],
- $k_{ni}$  – współczynnik kosztów napraw (procentowa wartość ceny nowego ciągnika) [%],
- $T_{hi}$  – normatywne wykorzystanie ciągnika (maszyny) w okresie trwania [h],
- $Z_{pi}$  – godzinowe zużycie paliwa *i*-tego ciągnika (maszyny samobieżnej) [l/h],
- $C_{pi}$  – cena paliwa [zł/l].

Niezbędne do obliczeń ceny ciągników przyjmowano na podstawie danych pozyskanych od przedstawicieli handlowych firm. Wielkości wskaźników eksploatacyjnych (koszty napraw, zużycie paliwa) przyjmowano na podstawie literatury [Lorencowicz 2008, Muzalewski 2009].

Analiza cen ciągników o wyposażeniu odpowiadającym analizowanym scenariuszom wykazała, że w przypadku niektórych scenariuszy różnica cen ciągników poszczególnych producentów jest niewielka. Stąd w analizach operowano uśrednioną ceną wyznaczoną na podstawie cen ciągników poszczególnych producentów, co miało miejsce w przypadku scenariuszy 1, 2 i 3 w grupie mocy 86 kW. Natomiast w przypadku znacznych rozbieżności cenowych, analizowano koszty wykonania prac agrotechnicznych ciągnikiem najdroższym w danej grupie mocy i scenariuszu zaawansowania technicznego (cena maksymalna) oraz ciągnikiem najtańszym (cena minimalna).

Ze względu na brak doniesień literaturowych dotyczących kosztów napraw ciągników zależności od stopnia ich zaawansowania technicznego, w obliczeniach kosztów eksploatacji dla wszystkich ciągników przyjęto taką samą wartość współczynnika kosztów napraw (90%) oraz normatywnego wykorzystania w okresie trwania (10 000 h) na podstawie literatury [Muzalewski 2009].

Koszty eksploatacji ciągników i maszyn obliczono dla trzech założonych poziomów wykorzystania rocznego, odzwierciedlających trzy poziomy wykorzystania normatywnego wykorzystania w okresie trwania (zdolności przerobowej). W wariantcie I założono, że zdolność przerobowa w okresie 10 lat eksploatacji ciągnika (maszyny) jest wykorzystana w 40% (co odpowiada wykorzystaniu rocznemu ciągnika na poziomie 400 h/rok), zaś w wariantcie II w 80%. Wariant III zakładał intensywne wykorzystanie ciągnika (maszyny) w wyniku czego zdolność przerobowa jest wykorzystywana w okresie poniżej 10 lat (odpowiada to wykorzystaniu rocznemu ciągnika na poziomie 1200 h/rok).

Dla ciągników w tej samej grupie mocy dobrano identyczne zestawy maszynowe tego samego producenta, tak aby nie generować różnic w kosztach wynikających z cen maszyn.

W dalszej kolejności obliczono koszty wykonania następujących zabiegów agrotechnicznych: kultywacja ścierniska, doprawianie gleby + siew zboża (zabieg wykonywany agregatem uprawowo-siewnym) oraz ochrona chemiczna.

Koszt wykonania zabiegu agrotechnicznego dla poszczególnych agregatów obliczano na podstawie zależności:

$$K_{zab_i} = \frac{K_{agri}}{A_{p_i}}$$

gdzie:

$K_{zab_i}$  – koszt wykonania *i*-tego zabiegu agrotechnicznego [zł/ha],

$K_{agri}$  – koszt eksploatacji agregatu (suma kosztów eksploatacji ciągnika oraz maszyny) [zł/h],

$A_{p_i}$  – wydajność praktyczna powierzchniowa agregatu [ha/h].

Wydajność praktyczną powierzchniową agregatów obliczano na podstawie zależności:

$$A_{p_{ij}} = 0,36 \times b_i \times v_i \times K_{07_i} \times \eta_{v_i} \times \eta_{b_i} \times \Delta A_{p_{ij}}$$

gdzie:

$A_{p_{ij}}$  – wydajność praktyczna powierzchniowa *i*-tego agregatu współpracującego z ciągnikiem o wyposażeniu odpowiadającemu *j*-temu scenariuszowi [ha/h],

$b_i$  – szerokość robocza agregatu [m],

$v_i$  – prędkość robocza agregatu [m/s],

$K_{07_i}$  – współczynnik wykorzystania czasu ogólnego zmiany,

$\eta_{v_i}$  – współczynnik wykorzystania prędkości roboczej,

$\eta_{b_i}$  – współczynnik wykorzystania szerokości roboczej,

$\Delta A_{p_{ij}}$  – współczynnik korekcyjny uwzględniający zmianę wydajności praktycznej agregatu zależnie od współpracy z ciągnikiem o wyposażeniu odpowiadającemu *j*-temu scenariuszowi.

Powyższa zależność oparta jest na formułach matematycznych i współczynnikach prezentowanych w literaturze [Krok, Piotrowski 1985, Lorencowicz 2008]. Ze względu na fakt, że prezentowana w literaturze zależność na wydajność praktyczną powierzchniową agregatu nie uwzględnia stopnia zaawansowania technicznego ciągnika, uzupełniono ją o współczynnik korekcyjny uwzględniający zaawansowanie techniczne ciągnika w pracach korzystnych oraz mniej korzystnych (np. konieczność dokonywania częstych manewrów, pole na wzniesieniach).

Wartość współczynnika korekcyjnego została wyznaczona na podstawie wiedzy ekspertów w ramach badań przewidzianych w projekcie badawczym MNiSW N N 115 089639. W artykule ograniczono się do przedstawienia wyników analiz kosztów tylko dla wariantu wydajności agregatów wykonujących zabiegi w korzystnych warunkach.

## Wyniki badań

Przeprowadzone analizy pozwalają potwierdzić wpływ zaawansowania technicznego ciągników na koszty wykonywanych zabiegów agrotechnicznych. Analiza kosztów wykonania zabiegów agrotechnicznych ciągnikami o mocy ok. 60 kW (tab. 1) pozwala stwierdzić, że najniższe koszty generują ciągniki o niskim stopniu zaawansowania technicznego (scenariusz 1), natomiast najwyższe koszty generują ciągniki wysoko zaawansowane charakteryzujące się wysoką ceną. Wpływ ceny ciągnika na koszty jego eksploatacji jest bardzo istotny co widać na przykładzie tańszych ciągników wysoko zaawansowanych (scenariusz 4 – cena minimalna), które generują niższe koszty niż najdroższe ciągniki z grupy średnio zaawansowanych technicznie (scenariusz 3 – cena maksymalna).

Zjawisko to jest widoczne szczególnie w przypadku ciągników o mocy ok. 86 kW (117KM) (tab. 2). Najtańsze ciągniki z grupy wysoko zaawansowanych technicznie generują koszty nieznacznie wyższe niż modele z grupy średnio zaawansowanych, a w przypadku zabiegów ochrony chemicznej i nawożenia koszty wykonywane tańszymi ciągnikami wysoko zaawansowanymi technicznie są zbliżone do kosztów wykonywanych ciągnikami nisko zaawansowanymi technicznie.

Tabela 1. Koszty wykonania zabiegów agrotechnicznych agregatów współpracujących z ciągnikami o mocy ok. 60 kW (80 KM)

Table 1. Costs of cultural practices' implementation by farm tractors with power of 60 kW (80 HP) working with equipment

Scenariusz/Option	Wr [h/rok]/ [h/year]	Koszty [zł/ha]/Costs [PLN/ha]			
		kultywacja ścierniska/ cultivation	doprawianie gleby + siew zbóż/fertilizer spreading and planting + seeding	ochrona chemiczna/ chemical protection	wysiew nawozu mineralnego/ fazure spreading
1 – cena ciągnika maksymalna/ maximum price of farm. tractor	400	44,48	64,89	60,14	46,87
	800	37,40	50,21	56,59	42,42
	1200	36,99	49,58	56,04	41,98
1 – cena ciągnika minimalna/ minimum price of farm tractor	400	36,75	45,08	39,32	37,13
	800	31,39	36,87	37,28	34,20
	1200	31,09	36,49	36,98	33,90
2 – cena ciągnika maksymalna/ maximum price of the argi. tractors	400	44,67	64,93	60,22	47,04
	800	37,56	50,29	56,62	42,55
	1200	37,14	49,65	56,07	42,10
2 – cena ciągnika minimalna/ minimum price of the argi. tractors	400	40,08	60,35	55,63	42,45
	800	33,69	46,42	52,75	38,68
	1200	33,35	45,86	52,28	38,31
3 – cena ciągnika maksymalna/ maximum price of farm tractors	400	52,78	72,11	67,62	55,05
	800	44,42	56,55	62,59	49,17
	1200	43,84	55,77	61,89	48,57
3 – cena ciągnika minimalna/ minimum price of the argi. tractors	400	41,41	60,74	56,24	43,67
	800	34,82	46,95	52,99	39,58
	1200	34,44	46,37	52,49	39,17
4 – cena ciągnika maksymalna/ maximum price of farm tractors	400	61,83	80,66	76,28	64,04
	800	52,06	63,88	69,76	56,69
	1200	51,31	62,93	68,89	55,92
4 – cena ciągnika minimalna/ minimum price of the argi. tractors	400	47,24	66,07	61,69	49,45
	800	39,74	51,56	57,45	44,38
	1200	39,25	50,87	56,83	43,86

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Tabela 2. Koszty wykonania zabiegów agrotechnicznych agregatów współpracujących z ciągnikami o mocy ok. 86 kW (117 KM)

Table 2. Costs of cultural practices by farm tractors with power of 86 kW (117 HP) working with equipment

Scenariusz/Option	Wr [h/rok]/ [h/year]	Koszty [zł/ha]/Costs [PLN/ha]			
		kultywacja ścierniska cultivation	doprawianie gleby + siew zbóż/ soil fertilization +seeding	ochrona chemiczna/ chemical protection	wysiew nawozu mineralnego/artificial manure seeding [see question above]
Scenariusz 1/ Option 1	400	54,17	73,59	135,36	116,07
	800	43,12	55,93	129,43	101,45
	1200	42,66	55,26	128,22	100,30
Scenariusz 2/ Option 2	400	55,50	74,78	136,12	116,97
	800	44,26	56,98	129,96	102,19
	1200	43,77	56,28	128,74	101,01
Scenariusz 3/ Option 3	400	57,53	75,91	134,41	116,15
	800	46,09	58,22	127,82	101,33
	1200	45,54	57,47	126,57	100,13
4 – cena ciągnika maksymalna/maximum price of farm tractor	400	81,18	99,09	156,08	138,29
	800	66,11	77,93	145,73	119,93
	1200	65,14	76,77	144,08	118,32
4 – cena ciągnika minimalna/minimum price of farm tractor	400	59,77	77,68	134,67	116,88
	800	48,04	59,86	127,67	101,86
	1200	47,45	59,07	126,39	100,63

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

## Podsumowanie

Zaawansowanie techniczne ciągnika ma wpływ na koszty wykonywanych zabiegów agrotechnicznych. Można stwierdzić, że wraz z zaawansowaniem technicznym wzrastają koszty wykonania prac agrotechnicznych. Jednakże stwierdza się bardzo istotny wpływ ceny ciągnika. Najdroższe z grupy wysoko zaawansowanych technicznie ciągników generują bardzo wysokie koszty wykonania zabiegów w gospodarstwie. Natomiast najtańsze z grupy ciągników wysoko zaawansowanych technicznie generują koszty niższe niż najdroższe ciągniki z grupy średnio zaawansowanych technicznie.

Obserwacje autorów dotyczące oferty producentów ciągników pozwalają stwierdzić, że cena ciągnika jest w dużej mierze związana z marką (uznaniem) producenta i jego pozycją na rynku. Stąd ceny ciągników znanych producentów są wyższe niż ceny ciągników oferowanych przez mniej znanych. Ponadto, cenę ciągnika generują inne dodatki wyposażenia, niekoniecznie mające wpływ na wydajność pracy i koszty eksploatacji.

Ostateczną ocenę wpływu zaawansowania technicznego ciągników na koszty wykonywanych prac agrotechnicznych umożliwiłaby znajomość kosztów napraw i obsługi technicznej (w zależności od poziomu zaawansowania technicznego), które to informacje nie są dostępne w literaturze.

## Literatura

- Kowalski S.** 2005: Poziom kosztów i efektywność mechanizacji w wybranych gospodarstwach Polski i Niemiec. *Inżynieria Rolnicza*, 6, 369-375.
- Krok A., Piotrowski S.** 1985: Ćwiczenia z eksploatacji sprzętu rolniczego. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Lorencowicz E.** 2008: Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach. APRA, Bydgoszcz.
- Muzalewski A.** 2009: Koszty eksploatacji maszyn. IBMER, Warszawa.
- Olszewski T.** 1999: Otworzyć oczy na koszty mechanizacji. *Magazyn Nowoczesne Rolnictwo*, 12, 22-23.
- Pleshakov V.N.** 2000: Ekonomicheskaja ocenka otechestvennogo kompleksa mashin i firmy John Deere v uslaviah Krasnodarskogo kraja. *Mechanizacja i Elektryfikacja Selskogo Hozjastva*, 6, 24-25.
- Shmidt R.G.** 2003: Ocenka efektywnosti ispolzovaniya otechestvennyh i zarubiezhnyh mashin. *Traktory i Selskhozjastvennyje Mashiny*, 4, 12-13.
- Szuk T.** 2005: Wpływ powierzchni gospodarstw indywidualnych na poziom kosztów eksploatacji mechanicznej siły pociągowej. *Rocz. Nauk. SERiA*, Warszawa, t. VIII, z.1, 243-248.
- Tabakov A.** 2005: Effektivost ekspluatatsii tratktorov "Belarus". *Traktory i Selskhozjastvennyje Mashiny*, 4, 44-46.
- Tomaszewski K., Lorencowicz E.** 1992: Kierunki racjonalnej eksploatacji maszyn w gospodarstwach chłopskich. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 403, 57-65.
- Zajac S.** 2010a: Ekonomiczno-organizacyjne skutki awarii ciągników rolniczych. Rozprawa doktorska. Wydział Nauk Ekonomicznych SGGW, Warszawa.
- Zajac S.** 2010b: Koszty eksploatacji ciągników rolniczych i ich wpływ na koszty produkcji rolniczej. Uczelnia dla gospodarki – gospodarka dla uczelni. T. 1. Wyd. PWSZ w Krośnie, 169-176.

## Summary

*Degree of technical sophistication of farm tractors has a significant effect on costs of implementing cultural practices. It can be concluded, that with increasing technical sophistication, the price of the implementation also increases. On the other hand, the price of farm tractors is very important. The most expensive tractors with the technologically advanced attached equipment generate very high costs of cultural practices' implementation. However, the least expensive farm tractors with the technologically advanced t attached equipment generate lower prices than the most expensive agricultural tractors with the medium-advanced technology of attached equipment.*

### Adres do korespondencji:

dr inż. Jacek Skudlarski  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji  
ul. Nowoursynowska 164  
02-787 Warszawa  
tel. (22) 593 45 81  
e-mail:jacek\_skudlarski@sggw.pl