

*Stanisław Stężala*

*Instytut Inżynierii Rolniczej*

*Akademia Rolnicza w Szczecinie*

*Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa*

*Pomorskie Centrum Badań w Gdańsku*

*Władysław Ambroziak, Jan Wojdak, Andrzej Małkiewicz*

*Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa*

*Pomorskie Centrum Badań w Gdańsku*

## **TECHNICZNO-EKONOMICZNA OCENA EFEKTYWNOŚCI OBSŁUGI KONSERWACYJNEJ MASZYN ROLNICZYCH**

### **Streszczenie**

Metodą zbierania informacji na podstawie uprzednio przygotowanych kwestionariuszy o strukturze zamkniętej i jawnym celu, oraz odpowiednich zestawień i porównań ww. informacji, przeprowadzono badania, na podstawie których oceniono stan zużycia korozyjnego oraz sytuację w zakresie konserwacji oraz obsługi i napraw bieżących maszyn rolniczych. Na podstawie wyników uzyskanych w trakcie badań populacji 970 maszyn, przeprowadzonych w 56 gospodarstwach oceniono, że możliwe jest dokonywanie oceny efektywności obsługi konserwacyjnej maszyn rolniczych przez wyznaczenie zależności pomiędzy technicznie uzasadnionymi nakładami ponoszonymi na konserwację, a stopniem stanu zużycia korozyjnego oraz nakładami ponoszonymi na obsługę i naprawę bieżącą ww. maszyn.

**Słowa kluczowe:** maszyny rolnicze, konserwacja, korozja, obsługa techniczna

### **Wstęp**

Od wielu lat w różnych krajach prowadzone są prace zmierzające do zmniejszenia strat korozyjnych w rolnictwie przez stosowanie skutecznych metod konserwacji i przechowywania maszyn i urządzeń. Wymienić tu można takie kraje jak: Węgry, Niemcy, Polska, były Związek Radziecki, Holandia, Wielka Brytania. Znakomita ich większość ukierunkowana jest na opracowywanie i wdrażanie nowych środków i metod oraz urządzeń i stanowisk konserwacji sprzętu rolniczego, poczynając od operacji mycia i czyszczenia, a kończąc na pomieszczeniach i placach służących do przechowywania maszyn [Ambroziak, Stężala 1999, 2005; Kulikow i in. 1998; Michalski 1999; Pawlak 1998; Schouten, Gellings 1985; Wieczorek 2001; Wojdak 1987].

Jednocześnie poza nielicznymi próbami [Ambroziak, Stężala 2005; Matuszak 2004] brakuje opracowań i rozwiązań, które precyzowałyby, jaki istotnie jest wpływ konserwacji na efektywność użytkową maszyn rolniczych, rozumianą jako ich potencjał użytkowy. Z logicznego i intuicyjnego punktu widzenia można postawić hipotezę, że stosując w odpowiednim czasie właściwe zabiegi, metody i środki konserwacyjne oraz przechowując maszyny i urządzenia rolnicze w warunkach zmniejszających do minimum ich zużycie korozyjne w okresach międzykampanijnych, podwyższamy ich efektywność użytkową w stosunku do efektywności, jaką charakteryzowały się pod koniec sezonu pracy, a tym samym przydatność eksploatacyjną lub co najmniej uniemożliwiamy jej obniżenie.

Uwzględniając powyższe założono, że możliwe jest dokonywanie oceny efektywności obsługi konserwacyjnej maszyn rolniczych, zwanej dalej konserwacją maszyn, przez wyznaczenie zależności pomiędzy nakładami (kosztami) ponoszonymi na konserwację a stopniem stanu zużycia korozyjnego oraz nakładami ponoszonymi na ich obsługę i naprawy bieżące. Spodziewano się, że związane z poprawą jakości konserwacji zwiększenie kosztów wpłynie na zmniejszenie zakresu i częstotliwości obsługi i napraw bieżących maszyn, a tym samym na obniżenie kosztów ww. napraw i obsługi.

Celem pracy było empiryczne, oparte na naukowych podstawach, sprawdzenie powyższej hipotezy i w przypadku potwierdzenia jej słuszności, praktyczne wykorzystanie jej wyników do oceny efektywności ekonomicznej zastosowanych metod konserwacji.

### **Metodyka badań**

Badania prowadzono na liczbie 970 maszyn na terenie województw: pomorskiego, zachodniopomorskiego, lubuskiego, świętokrzyskiego, podkarpackiego i warmińsko-mazurskiego metodą zbierania informacji na podstawie uprzednio przygotowanych kwestionariuszy o strukturze zamkniętej i jawnym celu [Bazarnik i in. 1992]. Przeprowadzono je w latach 1998-2002 na celowo dobranej grupie 56 gospodarstw. Informacje zbierali w wytypowanych gospodarstwach merytorycznie przygotowani pracownicy Ośrodków Doradztwa Rolniczego oraz IBMER.

Kwestionariusz obejmował informacje techniczno-eksploatacyjne na temat: powierzchni gospodarstwa, szacunkowej wartości maszyn i urządzeń, rocznych kosztów zakupów nowych maszyn, rocznych kosztów obsługi i napraw bieżących, rocznych kosztów konserwacji oraz rodzaju i liczby maszyn znajdujących się na wyposażeniu. Na podstawie informacji wyznaczano wskaźniki techniczno-eksploatacyjne, tj. procentowy udział zakupów nowych maszyn, obsługi i napraw bieżących oraz konserwacji w stosunku do wartości odtworzeniowej posiadanego przez gospodarstwo parku maszynowego.

Dokonywano również oceny stopnia stanu zużycia korozyjnego maszyn, informującego o zniszczeniach korozyjnych, wpływających w istotny sposób na ich stan techniczny. Jako kryterium stanu zużycia korozyjnego przyjęto stopień stanu zużycia korozyjnego  $W_{sk}$  [Wojdak 1987], wyznaczany z zależności:

$$W_{sk} = \frac{\sum \alpha_i \cdot x_i}{\sum \alpha_{max} \cdot x_i} \quad (1)$$

gdzie:  $W_{sk}$  - stopień stanu zużycia korozyjnego,  
 $x_i$  - liczba maszyn wykazujących określoną wartość współczynnika stanu korozyjnego,  
 $\alpha_i$  - wartość współczynnika stanu korozyjnego,  
 $\alpha_{max}$  - maksymalna wartość współczynnika stanu korozyjnego.

Wartość współczynnika  $\alpha$  dla różnych stanów zagrożenia korozyjnego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Kryteria oceny stanu zagrożenia korozyjnego maszyn rolniczych  
 Table 1. Criteria to evaluating the state of corrosion risk in agricultural machines

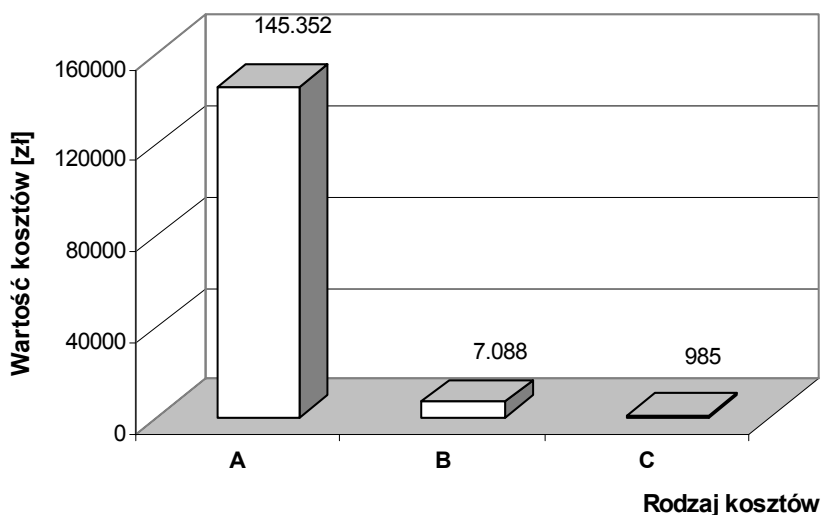
Wartość współczynnika stanu korozyjnego $\alpha$	Opis poziomu zagrożenia korozyjnego
0,2	Brak problemów korozyjnych ze względu na bardzo dobry stan zabezpieczenia lub prostotę maszyny.
0,45	Powierzchniowe uszkodzenia korozyjne: łuszczenie powłok, rdzewienie śrub i nakrętek, małe naloty i plamy rdzy, niemające wpływu na stan techniczny maszyny.
0,6	Nieznaczące uszkodzenia korozyjne: wżery o małej głębokości (do 10% grubości materiału) oraz zardzewiałe części na znacznym polu powierzchni (do 35% powierzchni nominalnej).
0,8	Większe uszkodzenia korozyjne: pocienienie elementów konstrukcyjnych o dużych przekrojach, perforacja w elementach cieńszych i obłachowaniu, eksploatacyjna niesprawność mechanizmów na skutek skorodowania (np. sworzni, dźwigni itp.)
0,9	Bardzo duże uszkodzenia korozyjne: zniszczone elementy, niebezpieczeństwo pęknięcia lub odłamania się fragmentu, odkształcanie się elementów nośnych maszyn, konstrukcja załamuje się, konieczność wymiany elementów i zespołów lub kasacji maszyny.

Na podstawie informacji uzyskanych z wypełnionych kwestionariuszy wyznaczano wartość średnią stopnia stanu zużycia korozyjnego  $W_{sk}$  wszystkich użytkowanych maszyn w badanym gospodarstwie i porównywano z wartością nakładów NK na konserwację oraz NN na naprawy bieżące.

Na podstawie wyników uzyskanych z 56 gospodarstw, ustalano te zależności jako funkcje  $W_{sk} = f(NK)$ ,  $NN = f(W_{sk})$  i  $NN = f(NK)$ . Przyjęto, że nakłady na konserwację będą ekonomicznie uzasadnione tylko wtedy, kiedy w ich efekcie zmniejszone zostaną nakłady na naprawy bieżące w większym stopniu niż wzrost nakładów na konserwację.

### Wyniki badań

Wyniki badań zilustrowano na rysunkach 1-7 oraz w tabelach 1 i 2. Na ich podstawie oszacowano średnie wartości użytkowanych maszyn, średnie nakłady na obsługę i naprawy bieżące oraz średnie nakłady na konserwację, przypadające na jedno gospodarstwo (rys. 1).

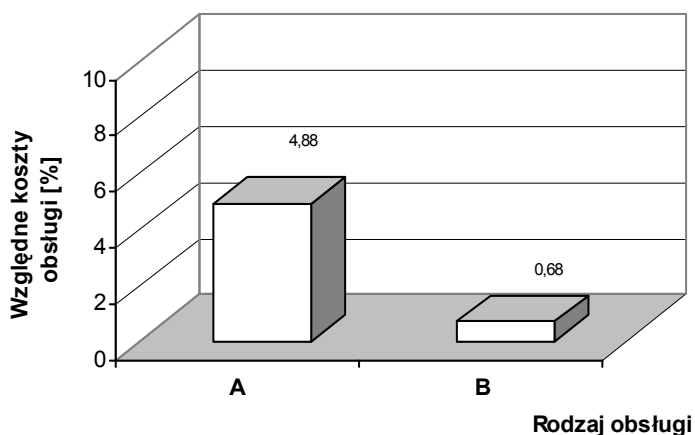


Rys. 1. Średnie wartości kosztów techniczno-eksploatacyjnych przypadających na jedno gospodarstwo: A – szacunkowa wartość użytkowanych maszyn, B – nakłady na naprawy bieżące, C – nakłady na konserwację

Fig. 1. Average values of technical-operating costs per one farm: A – estimated value of the machines in use, B – inputs on running repairs, C – inputs on the maintenance

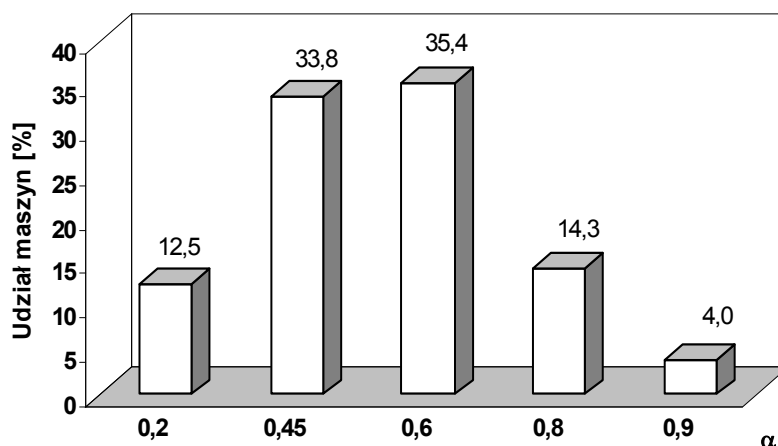
Wynoszą one: wartość użytkowanych maszyn 145352 zł, nakłady na obsługę i naprawy bieżące 7088 zł, nakłady na konserwację 985 zł, przy czym nakłady na obsługę i naprawy bieżące stanowią tylko 4,88% wartości wszystkich użytkowanych maszyn, a nakłady na konserwację zaledwie 0,68% (rys. 2).

Charakterystycznie niski jest również stosunek kosztów konserwacji do kosztów napraw, który wynosi zaledwie 14%. W poszczególnych analizowanych gospodarstwach stosunek ten wynosi w skrajnych przypadkach od 1,25% do 189%.



Rys. 2. Względne koszty obsługi odniesione do wartości użytkowanych maszyn w średnim gospodarstwie: A – udział kosztów obsługi i napraw bieżących w stosunku do wartości wszystkich użytkowanych maszyn, B - udział kosztów konserwacji w stosunku do wartości wszystkich użytkowanych maszyn

Fig. 2. Relative costs of service in relation to the value of machines used in a middle-size farm: A– share of the service and running repair costs in relation to the value of all machines in use, B– share of the maintenance costs in relation to value of all machines in use



Rys. 3. Zużycie korozyjne badanych maszyn i urządzeń wyznaczone współczynnikiem stanu korozyjnego  $\alpha$

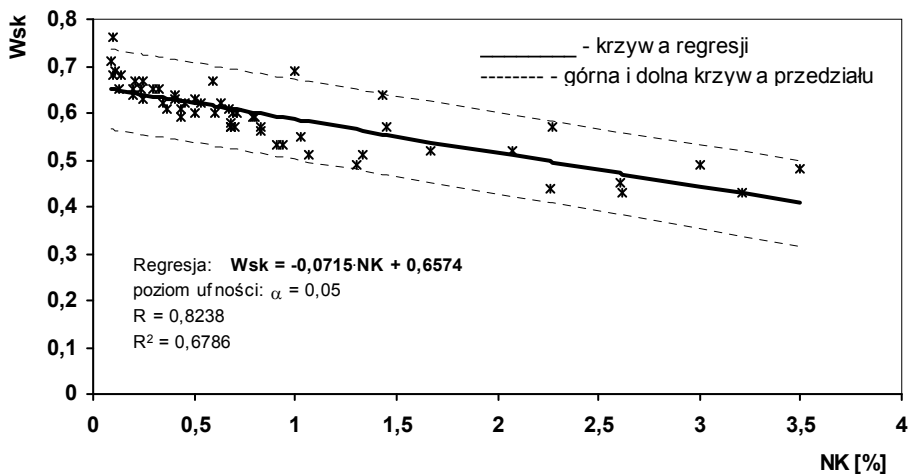
Fig. 3. Corrosive wear of tested machines devices, determined by corrosion state coefficient  $\alpha$

Oceniając zużycie korozyjne badanych maszyn współczynnikiem stanu korozyjnego  $\alpha$  stwierdzono, że zaledwie 12,5% charakteryzuje się współczynnikiem  $\alpha = 0,2$ . Natomiast 18,3% kwalifikuje się do dwóch grup największego zużycia, odpowiadającego  $\alpha = 0,8$  i  $\alpha = 0,9$ , co zwiększa znacznie nakłady, na ich konserwację ( $\alpha = 0,8$ ) lub powoduje ich wycofanie ( $\alpha = 0,9$ ). Największą liczbę maszyn (69,2%) zakwalifikować można do grup charakteryzujących się współczynnikiem stanu korozyjnego  $\alpha = 0,45$  i  $\alpha = 0,6$ .

Wyznaczone dla całej populacji 970 maszyn, na podstawie współczynników stanu korozyjnego „ $\alpha$ ”, średni stopień stanu zużycia korozyjnego  $W_{sk}$ , wynosi 0,58. W poszczególnych analizowanych gospodarstwach wynosi on w skrajnych przypadkach od 0,43 do 0,76.

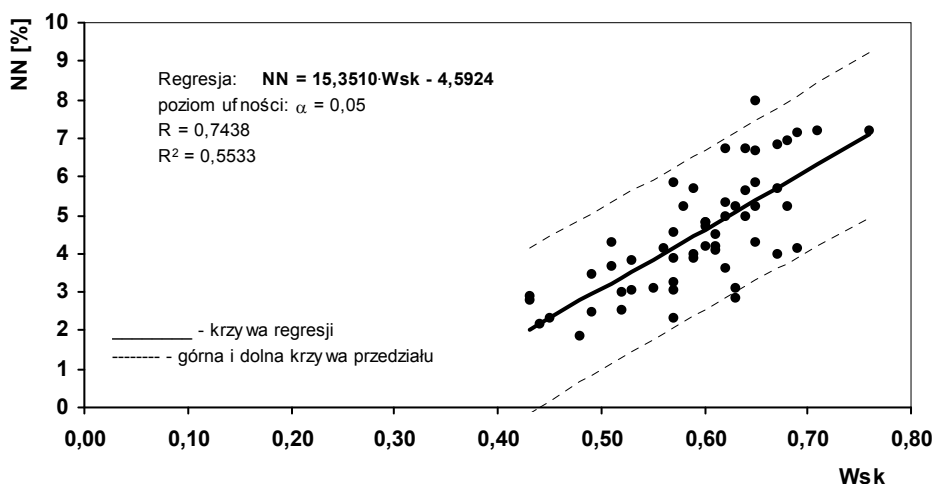
Zaobserwowano, że nie zawsze, ale w przeważającej liczbie wyników, tam gdzie nakłady na konserwację są wyższe, tam wyraźnie niższy jest współczynnik  $W_{sk}$  (rys. 4), natomiast wzrost wartości tego współczynnika powoduje wzrost nakładów na obsługę i naprawy bieżące (rys. 5).

Wynika stąd, że przy prawidłowo wykonywanej konserwacji, wzrost nakładów na konserwację powoduje zmniejszenie średniego stopnia stanu zużycia korozyjnego  $W_{sk}$ , co z kolei wpływa na zmniejszenie nakładów na obsługę i naprawy bieżące. W rezultacie wzrost nakładów na konserwację powoduje zmniejszenie nakładów na obsługę i naprawy bieżące (rys. 6), co przyczynia się do utrzymania potencjału użytkowego maszyny na wymaganym w trakcie jej użytkowania poziomie przy mniejszych kosztach obsługi i napraw, niezbędnych do poniesienia dla utrzymania tego poziomu.

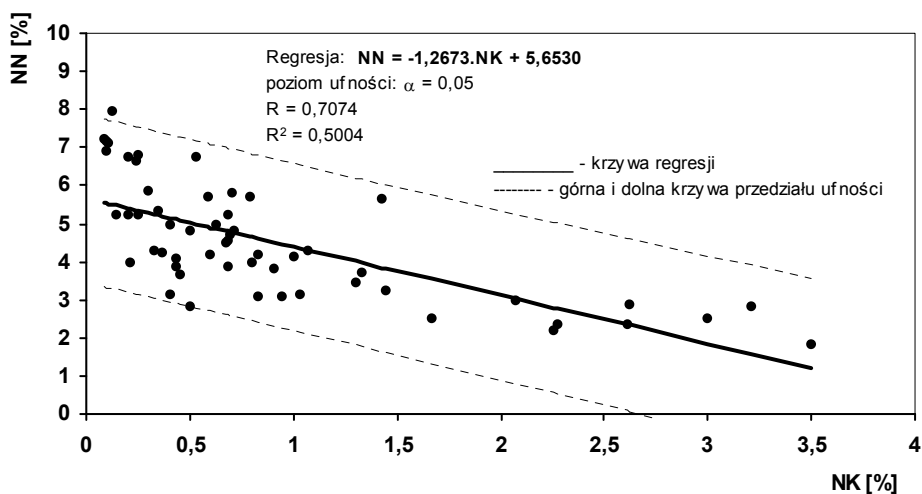


Rys. 4. Regresja wyznaczająca zależność stopnia stanu zużycia korozyjnego  $W_{sk}$  od udziału kosztów konserwacji  $NK$  odniesionych do wartości maszyn

Fig. 4. Regression determining the state of corrosive wear  $W_{sk}$  as depended on the share of maintenance costs  $NK$  related to value of the machines



Rys. 5. Regresja wyznaczająca udział kosztów napraw bieżących NN odniesionych do wartości maszyn, od stopnia stanu zużycia korozyjnego  $W_{sk}$   
 Fig. 5. Regression determining the share of running repair costs NN related to machinery value, as dependent on the degree of corrosive wear  $W_{sk}$



Rys. 6. Regresja wyznaczająca zależność udziału kosztów napraw bieżących NN odniesionych do wartości maszyn, od udziału kosztów konserwacji NK odniesionych do wartości maszyn  
 Fig. 6. Regression determining the share of running repair costs NN related to machinery value, as dependent on the share of maintenance costs NK related to machinery value

Analizując wyniki uzyskane na przykładzie ocenianej populacji maszyn, można stwierdzić, że średnia ich wartość, odniesiona do jednego gospodarstwa wskazuje na ekonomiczne uzasadnienie nakładów poniesionych na konser-

wagę maszyn rolniczych, ponieważ nakłady na naprawy bieżące uległy większemu zmniejszeniu niż zwiększono nakłady na konserwację (tab. 2, rys. 7).

Tabela 2. Zestawienie uzyskanych wskaźników, charakteryzujących efektywność ekonomiczną konserwacji badanej populacji 970 maszyn rolniczych w 56 gospodarstwach rolnych

Table 2. Table of indices characterizing economic efficiency of the maintenance for tested population of 970 agricultural machines on 56 farms

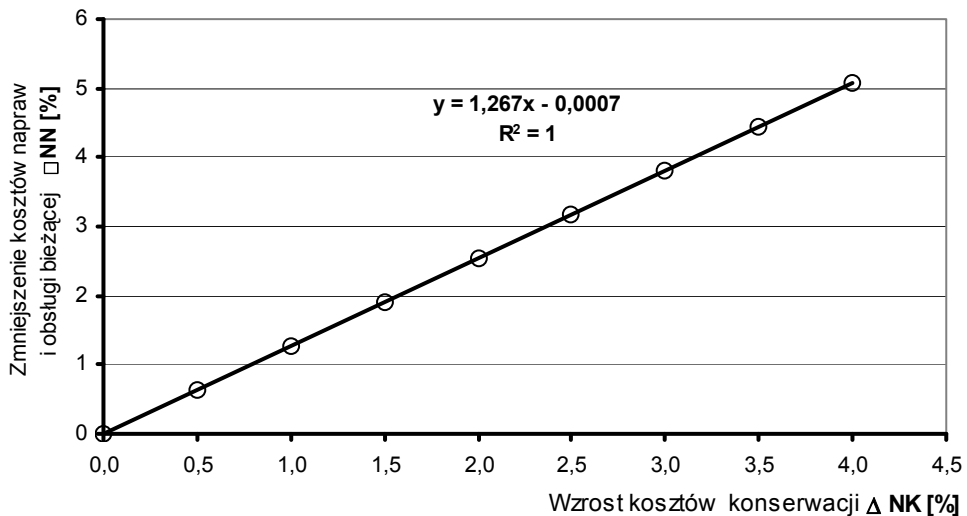
NK (%)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
NN (%)	5,65	5,02	4,38	3,75	3,12	2,48	1,85	1,22	0,58
$\Delta NN$ (%)	0	0,63	1,27	1,90	2,53	3,17	3,80	4,43	5,07
$\Delta NK - \Delta NN$ (%)		-0,13	-0,27	-0,40	-0,53	-0,67	-0,80	-0,93	-1,07

Objaśnienia:

NK: nakłady na konserwację odniesione do wartości całego parku maszynowego  
 NN: nakłady na obsługę i naprawę bieżącą, odniesione do całego parku maszynowego

$\Delta NN$ : różnica pomiędzy nakładami na obsługę i naprawę bieżącą przy kosztach konserwacji NK = 0 i kolejnym ich zwiększaniu do NK = 4

$\Delta NK - \Delta NN$ : różnica pomiędzy nakładami na konserwację NK a nakładami na obsługę i naprawę bieżącą NN



Rys. 7. Regresja wyznaczająca wpływ zwiększania kosztów konserwacji  $\Delta NK$  na różnicę  $\Delta NN$  pomiędzy nakładami na obsługę i naprawę bieżącą

Fig. 7. Regression determining the impact of increasing maintenance costs  $\Delta NK$  on the differences  $\Delta NN$  between the inputs on service and running repairs



W rozpatrywanym przypadku zwiększenie o 1% nakładów na konserwację (NK) powoduje zmniejszenie nakładów na obsługę i naprawę bieżącą (NN) o 1,27%, a zwiększenie NK o 4% powoduje zmniejszenie NN o 5,07%. W efekcie, w skali rocznej uzyskać można, przy wartości parku maszynowego  $Q = 200$  tys. zł, oszczędności w wysokości 540 zł przy  $\Delta NK = 1\%$  oraz 2.014 zł przy  $\Delta NK = 4\%$  (tab. 2).

## **Wnioski**

1. Na podstawie uzyskanych wyników oceniono, że możliwym jest dokonywanie oceny efektywności obsługi konserwacyjnej maszyn rolniczych poprzez wyznaczenie zależności pomiędzy technicznie uzasadnionymi nakładami ponoszonymi na konserwację a stopniem stanu zużycia korozyjnego oraz nakładami ponoszonymi na obsługę i naprawę bieżącą ww. maszyn.
2. Technicznie uzasadniony wzrost nakładów na konserwację wpływa na zmniejszenie stopnia stanu zużycia korozyjnego i przyczynia się do zmniejszenia nakładów na obsługę i naprawę bieżącą maszyn.
3. Na podstawie wyników uzyskanych w trakcie badań w 56 gospodarstwach populacji 970 maszyn, można w przeliczeniu na jedno gospodarstwo ocenić, że konserwacja w takim przypadku jest efektywna ekonomicznie, ponieważ zmniejszenie nakładów na obsługę i naprawę bieżącą jest wyższe niż zwiększenie kosztów konserwacji. W badanym zakresie nakładów na konserwację od  $NK_i = 0$  do  $NK_i = 4$ , zwiększenie o 1% nakładów na konserwację odniesionych do wartości całego parku maszynowego gospodarstwa, zmniejsza o 1,27% nakłady na obsługę i naprawę bieżącą, odniesione do całej wartości tego parku. Zwiększając o  $\Delta NK_i$  nakłady na konserwację, zmniejszamy o  $\Delta NK_i \times 1,27\%$  nakłady NN na obsługę i naprawę bieżącą.

## **Bibliografia**

Ambroziak W., Stężala S. 1999. Próba zastosowania zunifikowanego miernika oceny stanu zużycia korozyjnego maszyn rolniczych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2(24): 69-76

Ambroziak W., Stężala S. 2005. Wlijanije konserwacii na techniczeskoje sostojanije i stoimost tekuszczewo remonta selskochozjajstwiennych maszin. *Sbornik Naucznych Trudow. Rosijskaja Akademia Nauk. Kirow*, 2005, t. 7, ss. 350-357

Bazarnik J. i in. 1992. *Badania marketingowe*. Akademia Ekonomiczna, Kraków

Kulikow N.N., Rożancew W.A., Saranczuk W.D., Taraskin N.A. 1988. Ocena kaczestwa sochranianija maszyn. *Tiechnika w sielskom chozjajstwie*, 8: 18-27

Matuszak K. 2004. Wpływ jakości konserwacji i przechowywania na koszty eksploatacji maszyn rolniczych. Rozprawa doktorska. Akademia Rolnicza, Szczecin

Michalski R. 1999. Analiza zagrożeń korozyjnych i skutków korozji maszyn i urządzeń rolniczych. Sprawozdanie z Projektu Badawczego Zamawianego. ATR, Olsztyn

Pawlak J. 1998. Dane do opracowania Klubu Bolońskiego nt. stanu mechanizacji rolnictwa w świecie. IBMER Warszawa

Schouten J.C., Gellings P.J. 1985. Quantitative measures of corrosion and prevention: II, Application to corrosion in agriculture. Twente University of Technology, Holandia

Wieczorek S. 2001. Ocena wybranych inhibitorów korozji stali konstrukcyjnej w olejowych powłokach ochrony czasowej. Rozprawa doktorska. Politechnika Wrocławska, s. 116

Wojdak J. 1987. System organizacji i technologii konserwacji oraz przechowywania sprzętu rolniczego-praca zbiorowa. Akademia Rolnicza, Szczecin