

## EFFICIENCY OF REGENERATION OF MACHINE PARTS IN THE ASPECT OF ENVIRONMENT PROTECTION

*The condition of the quality increase and reduction of the costs of renewable machines and devices exploitation in the aspect of environment protection is improvement of the phases of the renovation process. Regeneration of the used parts and renovation of the damaged machine sub-assemblies is an efficient form of recycling influencing the environment protection and strongly reducing material costs of the repaired machines and devices. Efficiency elements of the regeneration of machine parts and devices were analyzed in this study. Considerations presented here are showing the purposefulness of doing this.*

## EFEKTYWNOŚĆ REGENERACJI CZĘŚCI MASZYN W ASPEKCIE OCHRONY ŚRODOWISKA

### Streszczenie

*Warunkiem podwyższenia jakości i obniżenia kosztów eksploatacji odnawianych maszyn i urządzeń w aspekcie ochrony środowiska jest usprawnienie poszczególnych faz procesu odnowy. Regeneracja zużytych części i odnowa uszkodzonych podzespołów maszyn jest efektywną formą recyklingu wpływającą na ochronę środowiska oraz istotnie obniżającą koszty materiałowe naprawianych maszyn i urządzeń. W opracowaniu poddano analizie wybrane elementy efektywności regeneracji części i odnowy maszyn. Przedstawione rozważania wykazują celowość prowadzenia tej działalności.*

### 1. Wprowadzenie

Współczesne zasady gospodarowania w nowoczesnych zakładach i przedsiębiorstwach wymuszają zwracanie szczególnej uwagi na zagadnienia dotyczące ochrony środowiska. Cechą charakterystyczną każdego użytkowanego urządzenia lub maszyny jest to, iż w trakcie eksploatacji ulegają one złożonym procesom, głównie zużycia tribologicznego, w którym dominującym zjawiskiem jest tarcie. Konsekwencją tego są ubytki materiału, procesy zmęczeniowe, zmiany strukturalne, odkształcenia plastyczne itp., wynikiem czego są częste przestoje maszyn i kosztowne ich naprawy. Koszty te można znacznie zmniejszyć obniżając koszt materiałowy naprawy (odnowy), stosując w miejsce fabrycznie nowych części i podzespołów – zregenerowane części bądź odnowione podzespoły.

Regeneracja dotyczy wybranych np. części maszyn i jest to proces technologiczny, w którym zostają przywrócone ich pierwotne cechy konstrukcyjne i jakościowe w stopniu zbliżonym do odpowiednich cech części nowych. Natomiast recykling – to powtórne wprowadzenie do obiegu (produkcji, eksploatacji) zużytych części i materiałów w postaci odzyskanych surowców wtórnych ze zużytych i wycofanych z dalszej eksploatacji maszyn, urządzeń i pojazdów. Jest to najskuteczniejszy sposób na ochronę środowiska przed często niebezpiecznymi i uciążliwymi odpadami. Istota procesu odnowy (naprawy) uszkodzonych maszyn i urządzeń polega na tym, iż w procesach naprawczych stosuje się części fabrycznie nowe oraz uprzednio zregenerowane.

Wieloletnie badania wykazały, iż koszty i w efekcie ceny regenerowanych części są znacznie niższe od skalkulowanych wartości tychże części i podzespołów i przyjmuje się, iż koszty regeneracji stanowią zwykle od 30-60% kosztów wytwarzania części nowych [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12,

13, 14 i in.]. Analiza powyższych badań pozwala na stwierdzenie, iż regeneracja istotnie zmniejsza zapotrzebowanie na części i podzespoły wymienne, wpływa czynnie na ochronę środowiska i jako taka powinna stanowić stałą działalność gospodarczą.

### 2. Analiza opłacalności regeneracji

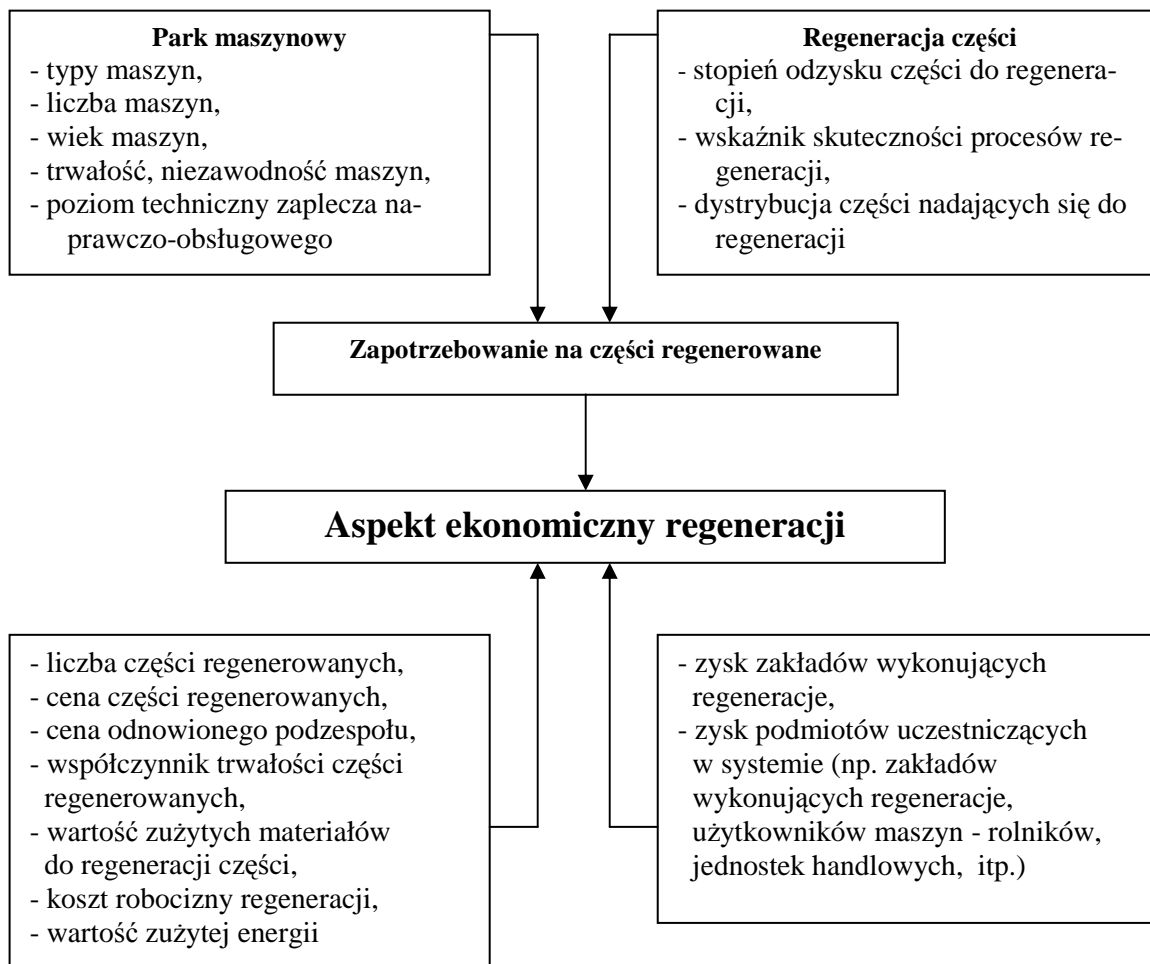
Efektywność ekonomiczna regeneracji jest złożonym problemem. Do ekonomicznych czynników warunkujących podjęcie się regeneracji należy zaliczyć:

- ekonomiczną analizę rynku części i podzespołów wymiennych,
- określenie ilości części nadających się do regeneracji,
- analiza możliwości pozyskania zużytych części nadających się do regeneracji,
- ustalenie form współpracy w zakresie obrotu częściami nadającymi się do regeneracji,
- ustalenie form współpracy w zakresie obrotu częściami i podzespołami przeznaczonymi do regeneracji i zregenerowanymi,
- sporządzenie kalkulacji kosztów regeneracji i ustalenie ceny części zregenerowanych oraz odnowionych podzespołów.

Schemat pokazany na rys. 1 przedstawia tok postępowania przy ustalaniu efektów ekonomicznych regeneracji i podzespołów wymiennych. Analiza powyższego schematu pozwala na stwierdzenie, iż najważniejszymi elementami takiego sposobu określenia efektów ekonomicznych jest:

- ustalenie wielkości puli części przeznaczonych do regeneracji,
- określenie poszczególnych składników kosztowych regeneracji części wymiennych.

Próbę rozwiązania tych problemów autor przedstawił we wcześniej prowadzonych badaniach [10, 11].



Rys. 1. Czynniki warunkujące efektywność regeneracji części maszyn  
 Fig. 1. Factors conditioning the efficiency of the machine parts regeneration

Wymierne efekty wynikające z odnowy podzespołów i regeneracji części maszyn można ponadto określić z następujących zależności:

- *Efekty finansowe:*

$$Z_j = (K_p - K_r) Q \quad (1)$$

gdzie:

$Z_j$  – zysk jednostkowy,

$K_p$  – koszt zakupu części nowej,

$K_r$  – koszt regeneracji części (odnowy podzespołu),

$Q$  – trwałość elementu regenerowanego (odnowionego zespołu) w stosunku do fabrycznie nowego.

- *Oszczędność materiałów:*

$$M_j = M_g - M_r \quad (2)$$

gdzie:

$M_j$  – oszczędność jednostkowa materiału,

$M_g$  – masa wyrobu gotowego,

$M_r$  – masa materiałów niezbędnych do przeprowadzenia procesu regeneracji.

$$E_j = E_g - (E_p + E_r) \quad (3)$$

gdzie:

$E_j$  – jednostkowa oszczędność energii,

$E_g$  – energia zużyta na wytworzenie nowego elementu (części) przez producenta,

$E_p$  – energia zużyta na przygotowanie elementu (części) do regeneracji,

$E_r$  – energia zużyta na przeprowadzenie procesu regeneracji.

- *Zysk zakładów wykonujących regenerację:*

$$Z_z = n k \quad (4)$$

gdzie:

$Z_z$  – zysk zakładów wykonujących regenerację,

$n$  – liczba elementów nadających się do regeneracji:

$$n = n_w q \quad (5)$$

$n_w$  – ogólna liczba części pozyskanych do regeneracji,

$q$  – wskaźnik części spełniających kryteria regeneracji (po weryfikacji szczegółowej  $n_w$ )

$k$  – średni zysk jednostkowy zakładu wykonującego regenerację.

- *Zysk podmiotów (np. rolników) stosujących w naprawach części regenerowane lub odnowione podzespoły:*

$$Z_R = n_x (C_N - C_R - C_S) \quad (6)$$

gdzie:

$Z_R$  – zysk podmiotów stosujących w naprawach części regenerowane,

$n_x$  – liczba podmiotów stosujących w naprawach części zregenerowane,

$C_N$  – cena zakupu fabrycznie nowej części,

$C_R$  – cena zakupu części zregenerowanej,

$C_S$  – cena skupu części nadających się do regeneracji.

Zasadność prowadzenia regeneracji (odnowy) na przykładach wybranych części maszyn rolniczych przedstawiono w tab. 1 [4].

Tab. 1. Ocena efektów ekonomicznych regeneracji części i odnowy zespołów maszyn rolniczych [4]  
 Table 1. Estimation of the economical effects of machine parts and agriculture machines regeneration [4]

L.p.	Rodzaj maszyny	Typ maszyny	Koszt regeneracji (odnowy) $K_r$ [zł]	Koszt zakupu nowych $K_n$ [zł]	Efekty ekonomiczne regeneracji $K_r/K_n$ [%]
1.	Wał korbowy	C – 330	107	885	12
2.	Głowica	C – 330	129	280	46
3.	Pompa wtryskowa	C – 330	90	500	18
4.	Sprężarka	C – 330	107	500	21
5.	Rozrusznik	C – 330	65	530	12
6.	Wał korbowy	C – 385	240	1612	14
7.	Głowica	C – 385	280	1650	16
8.	Pompa wtryskowa	C – 385	150	840	18
9.	Sprężarka	C – 385	130	770	17
10.	Rozrusznik	C – 385	70	550	13
11.	Wał korbowy	Z – 056	488	4200	12
12.	Głowica	Z – 056	803	2800	29
13.	Pompa wtryskowa	Z – 056	130	840	15
14.	Pompa wodna	Z – 056	135	400	34
15.	Rozrusznik	Z - 056	107	480	22

Analiza danych przedstawionych w tab. 1 pozwala na stwierdzenie, iż wysoki poziom cen nowych części wymiennych i podzespołów powinien sprzyjać rozszerzaniu procesów odnowy i regeneracji. Tym sposobem powstają sprzyjające warunki do obniżenia kosztów materiałowych naprawy maszyn, urządzeń i pojazdów oraz prowadzenia racjonalnej gospodarki w zakresie napraw w warunkach gospodarki rynkowej w zgodzie z dyrektywami UE o poeksploatacyjnym zagospodarowaniu zużytych obiektów technicznych, w aspekcie ochrony środowiska.

Szeroko prowadzone badania eksploatacyjne wskazują, że podczas użytkowania maszyn intensywne procesy, głównie zużycia tribologicznego dotyczą ok. 20% asortymentu wszystkich części wyrobu finalnego. Technicznie i ekonomicznie uzasadnione jest objęcie regeneracją ok. 65% tych części, co stanowi ok. 15% wszystkich części składowych wyrobu finalnego [1, 2, 8, 9, 12, 13, 14 i in.].

Badania w zakresie kosztów regeneracji części z podziałem na koszty materiałowe, energii elektrycznej oraz robocizny, przedstawiają się następująco [12, 14]:

- wskaźnik zużycia materiałów = 1 – 3%,
- wskaźnik zużycia energii elektrycznej = 4 – 10%,
- wskaźnik kosztów robocizny = 23 – 40%.

Przedstawione wielkości wyraźnie wskazują na efektywność prowadzenia regeneracji części. Mówiąc o regeneracji należy również zwrócić uwagę na jej aspekt ekologiczny, ochrony środowiska i recyklingu zużytych maszyn, urządzeń i pojazdów. Problem ten jest w naszym kraju istotny, gdy uświadomimy sobie, że obecnie wg danych GUS po polskich drogach porusza się ok. 18 mln pojazdów, w tym ok. 79% to pojazdy liczące ponad pięć lat. Ponadto, wg PSR(2002), rolnictwo polskie posiada: 1364700 szt. ciągników rolniczych, 97058 szt. kombajnów zbożowych, 442706 szt. rozsiewaczy nawozów, 484233 szt. rozrzutników obornika, 439699 szt. kosiarek ciągnikowych, 104699 szt. pras zbierających, i wiele innego sprzętu – są to również obiekty techniczne o zaawansowanym wieku (ok. 80% tych maszyn liczy ponad 7 lat).

Mówiąc o regeneracji i recyklingu poeksploatacyjnym pojazdów, maszyn i urządzeń w aspekcie poszanowania norm Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska,

należy również uświadomić sobie, iż tym sposobem oddziałujemy korzystnie na ochronę wyczerpywanych zasobów naturalnych (rudy metali, nośniki energii, itp.), degradację środowiska przy ich wydobyciu (szkody górnicze) i przetwarzaniu na gotowe produkty i wyroby użytkowe.

### 3. Podsumowanie

Rosnące koszty eksploatacji maszyn i urządzeń, przestrzeganie rygorystycznych norm dotyczących ochrony środowiska naturalnego oraz wymagań i zasad w zakresie recyklingu surowcowo-materiałowego złomowanych obiektów technicznych, może przynieść wymierne korzyści ekonomiczne wszystkim zainteresowanym oraz korzystnie oddziaływać na środowisko naturalne.

Aspekty ekonomiczne regeneracji powinny sprzyjać rozwojowi usług regeneracyjnych i naprawczych. Lokalizacja tych usług na obszarach wiejskich w bezpośrednim otoczeniu rolnictwa może także sprzyjać tworzeniu nowych miejsc pracy na tych terenach.

Pozytywne efekty ekonomiczne regeneracji należy rozpatrywać także w aspekcie ekologicznym. Regeneracja to zmniejszenie nakładów energetycznych, materiałowych, skali produkcji części nowych oraz likwidacji złomowanych, to także ograniczenie destrukcyjnego oddziaływania pojazdów, maszyn i urządzeń na środowisko naturalne. Zasada „nic na wysypiska, co tylko się da – zrecyklingować”, obowiązuje w krajach UE od 2002 roku i obecnie dotyczy również Polski.

### 4. Literatura

- [1] Bocheński C., Problematyka regeneracji części maszyn rolniczych, Przegląd Techniki Rolniczej 2/1994.
- [2] Bocheński C., Naprawa maszyn i urządzeń rolniczych, Warszawa, 1995.
- [3] Bućko J. i in., Rachunek ekonomiczny efektywności regeneracji części wymiennych, MCNET – Radom, 1988.
- [4] Grześ Z., Rzeźnik Cz., Efekty ekonomiczne regeneracji maszyn rolniczych, Prace PIMR-Poznań 1/2000.

- [5] Haras H., Meyer H., Recycling von Landmaschinen. Interner Bericht für Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 1993.
- [6] Legutko St., Podstawy eksploatacji maszyn, Warszawa 2004.
- [7] Michałek R., Tomczyk W., Problem odnowy maszyn i urządzeń rolniczych w zapleczu naprawczym technicznej infrastruktury wsi, Problemy Inżynierii Rolniczej 4/2001.
- [8] Michalski R. i in., Procesy naprawy maszyn, Olsztyn-Kaliningrad, 2002.
- [9] Rzeźnik Cz., Podstawy obsługi technicznej maszyn rolniczych, Poznań 2002.
- [10] Tomczyk W., Sposób określenia wielkości puli podzespołów przeznaczonych do regeneracji, Zeszyty Naukowe AR – Kraków Z – 13/1994.
- [11] Tomczyk W., Metodyka ustalania efektów ekonomicznych regeneracji, Zeszyty Naukowe AR – Kraków Z – 13/1994r.
- [12] Wojdak J., O znaczeniu regeneracji, Eksploatacja maszyn 4/1986.
- [13] Wojdak J., Wybrane zagadnienia metodyczne regeneracji części, Eksploatacja maszyn 4/1988.
- [14] Wojdak J., Sędłak P., Oszczędność energii w procesach regeneracji części maszyn, Inżynieria Rolnicza 5/1999.