

OCENA PODATNOŚCI MASZYN ROLNICZYCH NA RECYKLING METODĄ STRUKTURALNĄ

Czesław Rzeźnik, Piotr Rybacki

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Streszczenie. Ważnym kryterium oceny maszyn rolniczych staje się zagrożenie, jakie stwarzają one dla środowiska po zakończeniu eksploatacji. Ogólnie akceptowanym sposobem zagospodarowania tych maszyn jest recykling, który minimalizuje ich negatywny wpływ na środowisko. O podatności maszyny na recykling należy myśleć już w procesie konstrukcji. Do wartościowania podatności na recykling stosowane są różne metody. W pracy wykonano ocenę podatności maszyn na recykling, korzystając z metody strukturalnej. Uzyskane wyniki wskazują, że ocena metodą strukturalną jest bardziej adekwatna w porównaniu z metodą masową.

Słowa kluczowe: maszyna rolnicza, metoda, podatność na recykling

WSTĘP

Likwidacja, to ostatnie ogniwo cyklu istnienia maszyny rolniczej, polegające na ostatecznym usunięciu jej z eksploatacji. Jest to stan, w którym maszyna osiągnęła graniczną wartości zużycia i dalsza jej eksploatacja jest niemożliwa lub nieekonomiczna. Pozostaje problem zagospodarowania zużytych części i materiałów likwidowanej maszyny przy minimalnym obciążeniu środowiska i uzyskania pewnych efektów ekonomicznych [Dreszczyk 2004]. We współczesnych gospodarkach problem ten rozwiązuje się poprzez stosowanie recyklingu. Określany jest on jako sposób zagospodarowania wycofanych z eksploatacji maszyn, w którym maksymalna ilość uzyskanych z nich materiałów jest włączana ponownie w proces produkcji, minimalizując ilość odpadów i wynikające stąd obciążenie środowiska. Stosowanie recyklingu wymaga odpowiedniego przygotowania maszyn już w procesie konstrukcji, aby po ich wycofaniu z eksploatacji były podatne na recykling.

W literaturze niewiele jest informacji dotyczących metod oceny podatności maszyn na recykling, które umożliwiają określenie stopnia negatywnego oddziaływania likwidowanego obiektu na środowisko. Spotyka się natomiast wiele zaleceń opisowych cech,

Adres do korespondencji – Corresponding Author: Czesław Rzeźnik, Piotr Rybacki; Instytut Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 50, 60-625 Poznań, e-mail: rzeznik@au.poznan.pl, prybacki@au.poznan.pl

które winna posiadać maszyna, aby była podatna na recykling. Recykling, w odniesieniu do maszyn starej konstrukcji, wykonanych ze stopów żelaza, polega na ich złomowaniu w całości i wykorzystaniu otrzymanego materiału jako surowca w procesach metalurgicznych lub regeneracji części. Działanie takie przestaje być racjonalne w odniesieniu do nowoczesnych maszyn, których części składowe wykonane są z różnych materiałów i wymagają oddzielnego potraktowania. Wtedy koniecznym staje się ocenianie podatności tych maszyn na recykling na etapie konstrukcji, aby zminimalizować zagrożenie środowiska po ich wycofaniu z eksploatacji. W pracy zostanie wykonana ocena podatności maszyn na recykling z wykorzystaniem metody strukturalnej.

METODA

Podatność maszyn na recykling określa się w literaturze [Korzeń 2001] względnym udziałem masowym części podatnych na recykling odniesionym do ogólnej masy maszyny, co nazwano metodą masową (równanie 1):

$$W_{r1} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{ri}}{m} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: W_{r1} – masowy wskaźnik podatności maszyn na recykling, m_{ri} – masa części podatnych na recykling, m – ogólna masa maszyny.

Podział wycofanej z eksploatacji maszyny na grupy materiałowe polega głównie na demontażu połączeń gwintowych, a związanych z tym trudności nie uwzględnia metoda masowa (równanie 1). Ocenic je można, stosując metodę strukturalną oceny podatności maszyn na recykling [Rzeźnik i Rybacki 2004], która pozwala ocenić, oprócz masy materiałów, także wpływ struktury maszyny i rozmieszczenia w niej części na jej podatność na recykling, co przedstawia równanie 2:

$$W_r = \frac{\sum_{i=1}^n m_{ri}}{m} \cdot k_s \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie: W_r – strukturalny wskaźnik podatności maszyn na recykling, k_s – współczynnik struktury maszyny.

Po wycofaniu maszyny z eksploatacji trzeba wydzielić poszczególne grupy materiałowe, ponieważ do ich zagospodarowania stosowane są odmienne metody recyklingu, a niektóre materiały stanowią odpady. Wtedy to bardzo ważnym zagadnieniem staje się proces demontażu, który jest zbiorem operacji podziału maszyn na składowe elementy konstrukcyjne.

Obydwie metody zostaną wykorzystane w pracy do badań porównawczych oceny podatności maszyn rolniczych na recykling.

WYNIKI

Badania wykonano dla opryskiwaczy „Raupol” i „Pilmet 412”. Są to maszyny zbudowane z podobnych materiałów, ale różnie połączonych (tab. 1).

W pierwszym etapie określono obiekty charakterystyczne w procesie demontażu analizowanych opryskiwaczy, czyli demontowane zespoły i części oraz operacje demontażu. Operacje określają w pewien sposób związek pomiędzy demontowanym zespołem, podzespołem lub częścią a resztą maszyny.

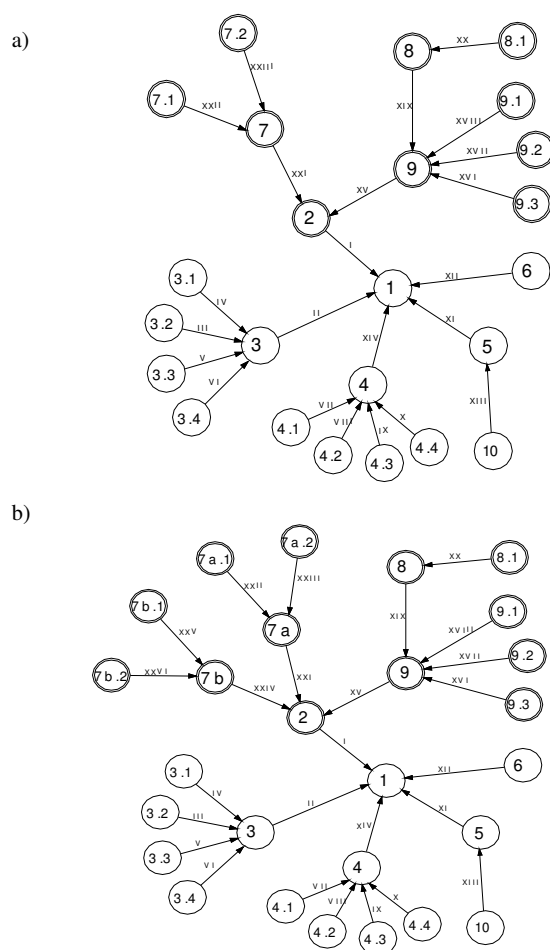
Tabela 1. Zestawienie mas materiałów analizowanych opryskiwaczy
Table 1. List of materials mass in analyzed spraying machines

Rodzaj materiału The kind of material	Typ maszyny – The type of machine			
	Opryskiwacz „Raupol” Spraying machine „Raupol”		Opryskiwacz Pilmet 412 Spraying machine Pilmet 412	
	kg	%	kg	%
Polietylen Polypropylene	40,00	20,00	45,00	17,31
Poliamid Polyamide	5,50	2,75	6,50	2,50
Polichlorek winylu Polyvinyl chloride	2,00	1,00	1,50	0,58
Inne tworzywa sztuczne Other plastics	7,00	3,50	5,00	1,92
Guma Rubber	8,00	4,00	6,00	2,31
Olej przekładniowy Gear oil	0,50	0,25	0,50	0,19
Części metalowe Metal parts	157,00	78,50	195,50	75,19
Suma Sum	200,00	100,00	260,00	100,00

Analizowane opryskiwacze potraktowano jako zbiory części różniących się kształtem, pełnionymi rolami, masą oraz rodzajem materiału, z którego są wykonane. W strukturze opryskiwacza „Raupol” (rys. 1a) wyróżniono zespoły i części określone dalej jako jednostki strukturalne. Są to: rama 1, zbiornik z pokrywą i sitem wlewowym 2, pompa przeponowa z powietrznikiem 3. Z przodu opryskiwacza na wysięgniku zamontowany jest zawór sterujący 4, składający się z zaworu głównego, zaworu regulacyjnego, manometru, filtra i zaworków odcinających klawiszowych. Z tyłu zbiornika znajduje się rama belki opryskującej 5, na której wahadłowo zawieszono belkę opryskiwacza z rozpylaczami 10. Belka opryskująca jest podnoszona i opuszczana za pomocą liny stalowej i mechanicznego układu podnoszącego, napędzanego korbą ręczną 6. Opaska 7 mocuje zbiornik do ramy. Pozostałe zespoły opryskiwacza, to: gumowy przewód mieszadła 8 i jego końcówka 9, przewód doprowadzający ciecz roboczą ze zbiornika do pompy i przelewu cieczy, oraz przewód łączący końcówki rozpylające z zaworem sterującym i filtrem.

Odpowiednio opryskiwacz „Pilmet 412” (rys. 1b) składa się z ramy 1, zbiornika z pokrywą i sitem wlewowym 2, pompy przeponowej z powietrznikiem 3. Z przodu

opryskiwacza zamontowany jest rozdzielacz 4, z zaworem głównym, regulacyjnym, manometrem, filtrem i zaworkami odcinającymi klawiszowymi. Z tyłu zbiornika jest rama belki opryskującej 5, na której wahadłowo zawieszono belkę z rozpylaczami 10. Belka opryskująca jest podnoszona i opuszczana za pomocą liny stalowej i korby ręcznej 6. Ponadto w budowie analizowanego opryskiwacza znajduje się jeszcze gumowy przewód mieszadła 8 i jego końcówka 9, przewód doprowadzający ciecz roboczą ze zbiornika do pompy i przelewu cieczy, oraz rozpylacz i przewód łączący rozdzielacz z pompą. Zbiornik na ciecz roboczą zamocowany jest do ramy dwoma opaskami 7a, 7b.



Rys. 1. Modele relacyjne analizowanych opryskiwaczy: a) Raupol, b) Pilmet 412
Fig. 1. Relational models of analyzed sprayers: a) Raupol, b) Pilmet 412

Z punktu widzenia recyklingu ważny jest podział wyróżnionych elementów składowych opryskiwaczy według rodzaju materiału, z którego wykonano każdą z części, ponieważ w różny sposób są one zagospodarowywane. Jedną grupę stanowią części opryskiwaczy wykonane z materiałów, które są zwykle skupowane i włączane z powrotem do procesu produkcyjnego. Do tych materiałów należą stopy żelaza oraz metale kolorowe i ich stopy. Druga grupa obejmuje części opryskiwacza wykonane z materiałów, które nie są powszechnie skupowane i włączane ponownie do procesu produkcyjnego, np. tworzywa sztuczne, guma itp. Te materiały zwykle obciążają środowisko w postaci odpadów. Masa każdego z opryskiwaczy jest sumą tych dwóch mas, tj. części podatnych na recykling i niepodatnych na recykling.

Masy poszczególnych grup materiałowych analizowanych maszyn, określone na podstawie kart materiałowych, przedstawiono w tabeli 1. Opryskiwacze należą do maszyn nowej generacji, o czym świadczy między innymi duże zróżnicowanie materiałowe i ich podział na grupy materiałowe wymaga demontażu w dosyć szerokim zakresie. W metodzie strukturalnej ocena tych cech maszyny jest istotna. W opryskiwaczach pomiędzy poszczególnymi ich częściami składowymi występują określone związki w postaci różnych połączeń zapewniających odpowiednie mocowanie i położenie oraz związaną z tym dostępność i łatwość demontażu [Rzeźnik 1998].

Aby obliczyć wartość strukturalnego wskaźnika podatności maszyny na recykling W_r , trzeba dysponować jej modelem relacyjnym, który zbudowano na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej każdego z opryskiwaczy. Do zapisania struktury wykorzystano graf skierowany w postaci drzewa.

Na rysunku 1 przedstawiono modele relacyjne analizowanych opryskiwaczy. W modelach tych za węzły grafu przyjęto jednostki strukturalne, którymi są zwykle części składowe maszyny, natomiast krawędzie, to operacje ich demontażu.

Aby zagospodarować analizowane maszyny metodą recyklingu, należy wydzielić z nich części lub zespoły wykonane z odmiennych materiałów, co sprowadza się do ich demontażu. Wydzielenie ze struktury maszyny na przykład zbiornika, tj. części numer 2 wymaga zdemontowania części ją poprzedzających.

Wyniki analiz i obliczeń w celu wyodrębnienia jednej grupy materiałowej, którą jest zbiornik 2 zamieszczono w tabeli 2.

Obliczenia porównawcze przeprowadzone dla obydwu opryskiwaczy z wykorzystaniem równań 1 i 2 oraz literatury [Rzeźnik i Rybacki 2004] pokazują, że ocena podatności maszyny na recykling oparta tylko na masowym udziale w jej budowie materiałów podatnych na recykling i materiałów niepodatnych recyklingowi jest bardzo uproszczona i tym samym nieadekwatna do praktyki recyklingu, ponieważ nie uwzględnia trudności związanych z wyodrębnieniem poszczególnych grup materiałów z maszyny. Trudności te, to przede wszystkim łączna masa części wymagających demontażu i liczba połączeń, które trzeba w tym celu rozłączyć.

Jak wynika z przeprowadzonych analizy i obliczeń (tab. 2), wymontowanie zbiornika wymaga różnego zakresu demontażu w każdym z opryskiwaczy. W opryskiwaczu „Raupol” trzeba zdemontować 10 części i rozłączyć 10 połączeń. W opryskiwaczu „Pilmet 412” do wydzielenia zbiornika trzeba zdemontować 13 części i rozłączyć 13 połączeń. Przeprowadzona analiza ma aspekt praktyczny. Jeżeli użytkownik, w celu wydzielenia poszczególnych grup materiałowych, będzie musiał całkowicie zdemonto-

wać maszynę lub w bardzo dużym zakresie, to może zrezygnować z tych prac i pozostawić całą maszynę jako odpad zagrażający środowisku. W przypadku, gdy zakres demontażu będzie nieduży, jest większe prawdopodobieństwo, że zostanie wykonany demontaż i recykling otrzymanych grupy materiałowych.

Tabela 2. Wyniki analizy i obliczeń dla opryskiwaczy z rysunku 1
Table 2. Results of the analysis and calculations for sprayers in figure 1

Wyniki analiz i obliczeń Results of the analysis and calculations	Rodzaj opryskiwacza The kind of sprayer	
	Raupol	Pilmet 412
Numery części wymagających demontażu Number of parts requiring disassembly	2, 7, 7.1, 7.2, 8, 8.1, 9, 9.1, 9.2, 9.3,	2, 7.a, 7.a.1, 7.a.2, 7.b, 7.b.1, 7.b.2, 8, 8.1, 9, 9.1, 9.2, 9.3,
Numery relacji wymagających demontażu Numbers of the performed disassembly operations	I, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII,	I, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI,
Współczynnik struktury maszyny Coefficient of machine structure k_s	0,915	0,899
$p_r = \frac{R_d}{R}$ R_d – liczba połączeń wymagających demontażu – the number of joints requiring disassembly; R – liczba połączeń w maszynie – the total number of joints in the machine;	0,416	0,480
$p_m = \frac{m_d}{m}$ m_d – ogólna masa części wymagających demontażu – the total weight of parts requiring disassembly; m – masa maszyny – the total weight of the machine;	0,204	0,210
Wartość masowego wskaźnika podatności maszyny na recykling Value of mass index the susceptibility of machine to recycling $W_{r1}, \%$	78,500	75,190
Wartość strukturalnego wskaźnika podatności maszyny na recykling Value of structural index the susceptibility of machine to recycling $W_r, \%$	71,838	67,611

Dla analizowanych opryskiwaczy przeprowadzono obliczenia wskaźników podatności na recykling W_{r1} i W_r obydwiema metodami i wyniki zamieszczono w tabeli 2. Masowe wskaźniki podatności obydwu maszyn na recykling W_{r1} niewiele się różnią. Współczynniki uwzględniające strukturę maszyn W_r przyjęły nowe wartości, a bezwzględna różnica między nimi wzrosła. Wynikło to z większego spadku wartości wskaźnika W_r dla opryskiwacza „Pilmet 412”, ponieważ wymontowanie zbiornika w tym opryskiwaczu jest trudniejsze w porównaniu z opryskiwaczem „Raupol”.

WNIOSKI

Wykonane w pracy badania i analizy pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Ocena podatności maszyn rolniczych wykonana z zastosowaniem metody strukturalnej, w porównaniu z dotychczas stosowaną metodą masową, uwzględnia więcej cech likwidowanych maszyn i jest tym samym dokładniejsza. W analizowanych opryskiwaczach oceniano tylko wydzielenie zbiornika jako grupy materiałowej, które w przypadku opryskiwacza „Pilmet 412” jest trudniejsze w porównaniu z opryskiwaczem „Raupol”. Odzwierciedla to obliczony dla niego strukturalny współczynnik podatności na recykling będący jednoznaczną wskazówką dla modernizacji tej maszyny, która winna obejmować zastosowanie takiego sposobu mocowania zbiornika, aby jego demontaż był łatwiejszy.

2. Metoda strukturalna pozwala na wykonanie badań symulacyjnych i ocenę wpływu materiału części, struktury maszyny i miejsca określonych grup materiałowych w tej strukturze, sposobu mocowania jednostek konstrukcyjnych oraz liczby połączeń na podatność maszyny na recykling. Badania takie można wykonać w procesie konstruowania maszyny i stosownie do ich wyników dokonać korekt w doborze stosowanych materiałów i strukturze maszyny, co poprawi jej podatność na recykling.

PIŚMIENNICTWO

- Dreszczyk E., 2004. Systemowe ujęcie recyklingu maszyn i urządzeń technicznych na przykładzie techniki rolniczej i leśnej, cz. I i II. Recykling 4(40) i 5 (40) Wyd. ABRYŚ Poznań.
- Korzeń Z., 2001. Ekologistyka. Instytut Logistyki i Magazynowania. Poznań.
- Rzeźnik C., 1998. Modelowanie dostępności w procesach obsługi technicznej maszyn. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, 1, Wyd. PAN, Kraków.
- Rzeźnik C., Rybacki P., 2004. Structural method of evaluating the susceptibility of agricultural machines to recycling. EJPAU. Agricultural Engineering, Volume 7, Issue 2.

EVALUATING THE SUSCEPTIBILITY OF AGRICULTURAL MACHINES TO RECYCLING OF STRUCTURAL METHOD

Abstract. Important criterion evaluating of agricultural machines is threat, which they create on the environment, after they are taken out of use. Generally approve of way managing them is recycling, which reduce destructive impact on the environment. About susceptibility of machine to recycling we should think and evaluated her in process of construction. For evaluating the susceptibility to recycling is using different methods. In work we made evaluating the susceptibility of machines to recycling using structural method. The researches show, that structural method gives results more adequate to reality in comparison with mass method.

Key words: agricultural machine, method, recyclability

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 6.10.2004