

Józef MATUSZEK, Politechnika Łódzka, Filia w Bielsku-Białej
Ryszard SAWWA, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów „PIAP” w Warszawie
Waldemar WOŹNIAK, Politechnika Zielonogórska

WARIANTOWANIE STRATEGII RECYKLINGU SAMOCHODÓW – ANALIZA KOSZTÓW

Streszczenie. W przedstawionym artykule wskazano na pojawiający się problem złomowisk samochodów oraz zaproponowano ogólny model krajowego systemu recyklingu wraków samochodów. Dodatkowo dla opracowanego modelu przedstawiono metodę kalkulacji według nośników kosztów.

VARIANTS OF STRATEGY OF RECYCLING OF CARS – ANALYSIS OF COSTS

Summary. In the presented article, the problem of scrap yards of cars is presented. The general model of the national end of vehicle recycling system is presented. Additionally for the presented model, the calculation method based on carriers of costs is prepared.

1. Wprowadzenie

Rozwój gospodarczy cywilizacji, a przede wszystkim zwiększenie i zróżnicowanie produktów na rynku, powoduje wzrost produktów ubocznych, a w szczególności wzrost ilości odpadów. To z kolei przyczynia się do zanieczyszczenia i degradacji środowiska naturalnego. Zjawisko takie jest szczególnie widoczne w wysoko uprzemysłowionych regionach, w których gospodarka wprowadziła nieodwracalne zmiany w środowisku naturalnym. Zmienia się również krajobraz, w którym coraz częściej obserwujemy szybko rosnące wysypiska śmieci, hałdy ziemi jako skutek uboczny procesów wydobywczych, czy też złomowiska usuniętych z eksploatacji samochodów. Podstawowym kierunkiem walki z tak rozwijającym się problemem odpadów jest recykling rozumiany jako odzysk, zwrot materiałów do powtórnego przetworzenia lub ich neutralizacja.

Szczególne znaczenie ma recykling samochodów, który staje się koniecznością dla większości krajów, w których dynamicznie rozwija się rynek samochodowy. Przykładem może być rynek europejski, gdzie zwiększenie sprzedaży samochodów oraz zmniejszenie czasu ich eksploatacji powoduje wzrost liczby wycofywanych samochodów, zwiększając tym

samym liczbę składowisk wraków samochodowych tzw. „szrotów”. Natomiast wymogi Unii Europejskiej, nakazujące ograniczać odpady związane z wrakami samochodów do 5% ich wagi (do 2015 roku), wyznaczają drogę rozwiązywania tych problemów przez recykling [1]. W ślad za dyrektywami Unii Europejskiej nasuwa się pytanie, czy proces recyklingu samochodów w Polsce jest opłacalny i dla kogo?

Jak należy zachęcić użytkowników starych, zużytych samochodów do ich wyrejestrowywania i oddawania do stacji recyklingu?

Jak powinna wyglądać logistyka recyklingu w rozumieniu łańcucha wzajemnych powiązań, od momentu przyjęcia zużytego samochodu do stacji recyklingu, do momentu odzysku części lub surowców oraz neutralizacji i złomowania pozostałych elementów samochodu?

I w końcu, czy i jak można oszacować opłacalność odzysku części lub surowców z samochodu poddawanego procesom recyklingu?

W niniejszym artykule przedstawiono model recyklingu samochodów, który zgodnie z dyrektywami Unii Europejskiej w sprawie ograniczania odpadów po zużytych samochodach przedstawia metodę odzyskiwania części, podzespołów samochodowych i surowców oraz neutralizacji pozostałych elementów po procesie recyklingu.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wariantów kalkulacji do oszacowania kosztów w zależności od wybranej metody recyklingu samochodów. W związku z tym zaprezentowano przykładową kalkulację, ze szczególnym uwzględnieniem nośników kosztów powstających w procesie recyklingu samochodów oraz przykład pozwalający oszacować opłacalność wybranej metody recyklingu.

2. Model recyklingu samochodu w Polsce zgodny z dyrektywami Unii Europejskiej

Przedstawiony poniżej model recyklingu samochodów w Polsce (rysunek 1) obejmuje cztery fazy w dwóch poziomach organizacyjnych. Pierwszy poziom organizacyjny to lokalna stacja recyklingu RS, która jest odpowiedzialna za:

- diagnostykę wraków samochodów ze względu na zapotrzebowanie na używane części lub podzespoły samochodowe uzyskane z bazy danych (on-line) – określana mianem fazy I,
- częściowy demontaż i segregacja na stanowiskach ekologicznych, na materiały do utylizacji oraz materiały do kolejnej fazy recyklingu – określane mianem fazy II,

- demontaż ze względu na wybór metody recyklingu, na podstawie informacji z bazy danych (on-line) o zapotrzebowaniu na używane części, podzespoły lub surowce, w kontekście opłacalności i wolnych zasobów – określony mianem fazy III.

W stacji recyklingu RS stosuje się cztery metody recyklingu, realizowane w zależności od jego opłacalności, do których należą:

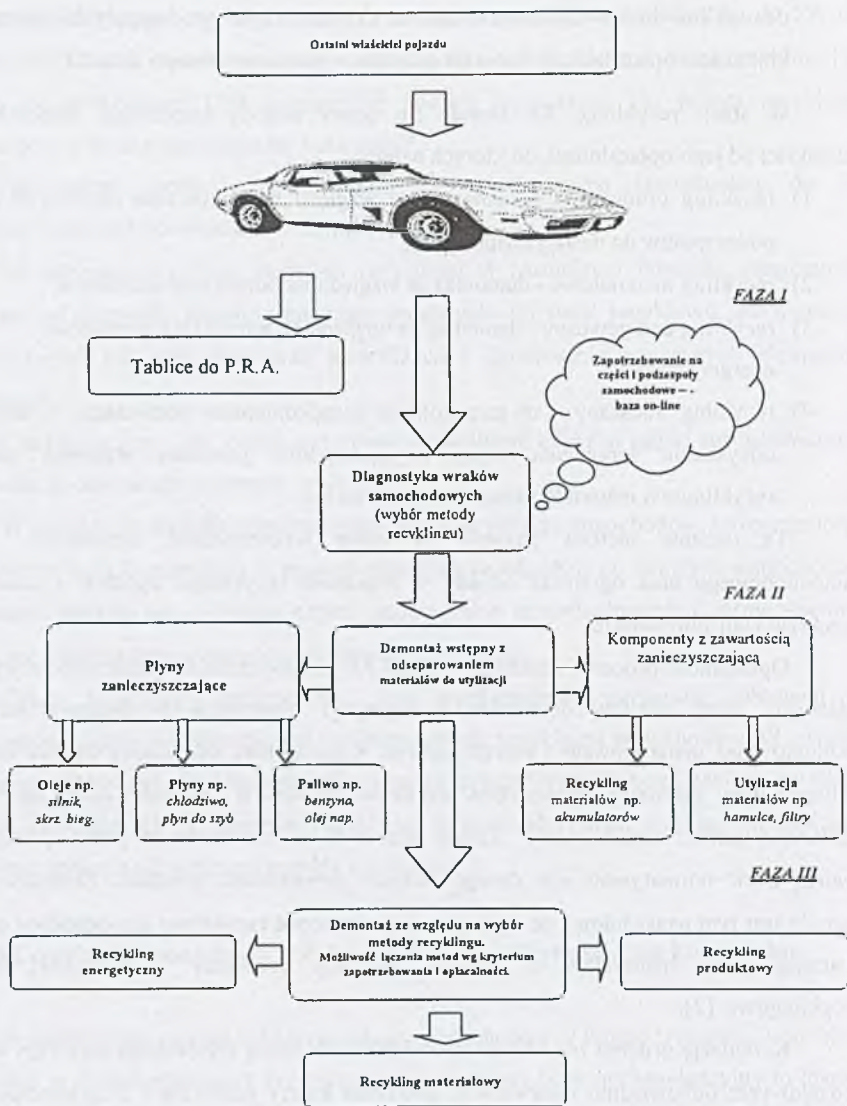
- 1) recykling produktowy - demontaż ze względu na odzyskanie sprawnych części i podzespołów do dalszej odsprzedaży,
- 2) recykling materiałowy - demontaż ze względu na odzyskanie surowców,
- 3) recykling energetyczny - demontaż ze względu na odzyskanie surowców energetycznych,
- 4) recykling mieszany - ze szczególnym uwzględnieniem demontażu, w którym po odzyskaniu sprawnych części i podzespołów pozostałe elementy podlegają recyklingowi materiałowemu i energetycznemu.

Ta ostatnia metoda pozwala na pełne wykorzystanie elementów wraku samochodowego oraz ogranicza odpady w procesach recyklingu, zgodnie z zaleceniami dyrektyw Unii Europejskiej.

Opłacalność procesu recyklingu w stacji RS jest związana z wyznaczeniem jej kosztu własnego, który dotyczy demontażu i segregacji materiałów w procesie recyklingu produktowego, materiałowego i energetycznego. Koszt własny jest liczony według kalkulacji doliczeniowej. Podstawą wyznaczania nośników kosztów w kalkulacji doliczeniowej jest zakładowy arkusz rozliczeniowy. Koszty pośrednie są rozliczane za pomocą narzutów i tworzą zbiór normatywów dla danego miejsca powstawania kosztów. Zastosowanie tej metody jest tym uzasadnione, że w różnorodnym procesie recyklingu samochodów powstaje znacząca ilość materiałów o różnych kosztach robocizny i o różnej wartości recyklingowej [2].

Kalkulację procesu recyklingu samochodów, w której wyróżniono dwa typy kosztów rodzajowych, odpowiednio nazywanych: pośrednie koszty nośników i bezpośrednie koszty nośników, przedstawiono na rysunku 2 [3].

Drugi poziom organizacyjny to centra recyklingu samochodów (CRS) – wirtualne sklepy części i podzespołów wymontowanych z wraków samochodowych, wirtualne magazyny materiałów do odzysku surowców oraz wirtualne organizacje posiadające wolne zasoby do odzysku surowców, określane mianem faza IV.



Rys.1. Projekt modelu recyklingu samochodów
 Fig. 1. Project model of recycling of cars

Do zadań centrum recyklingu samochodów CRS należy:

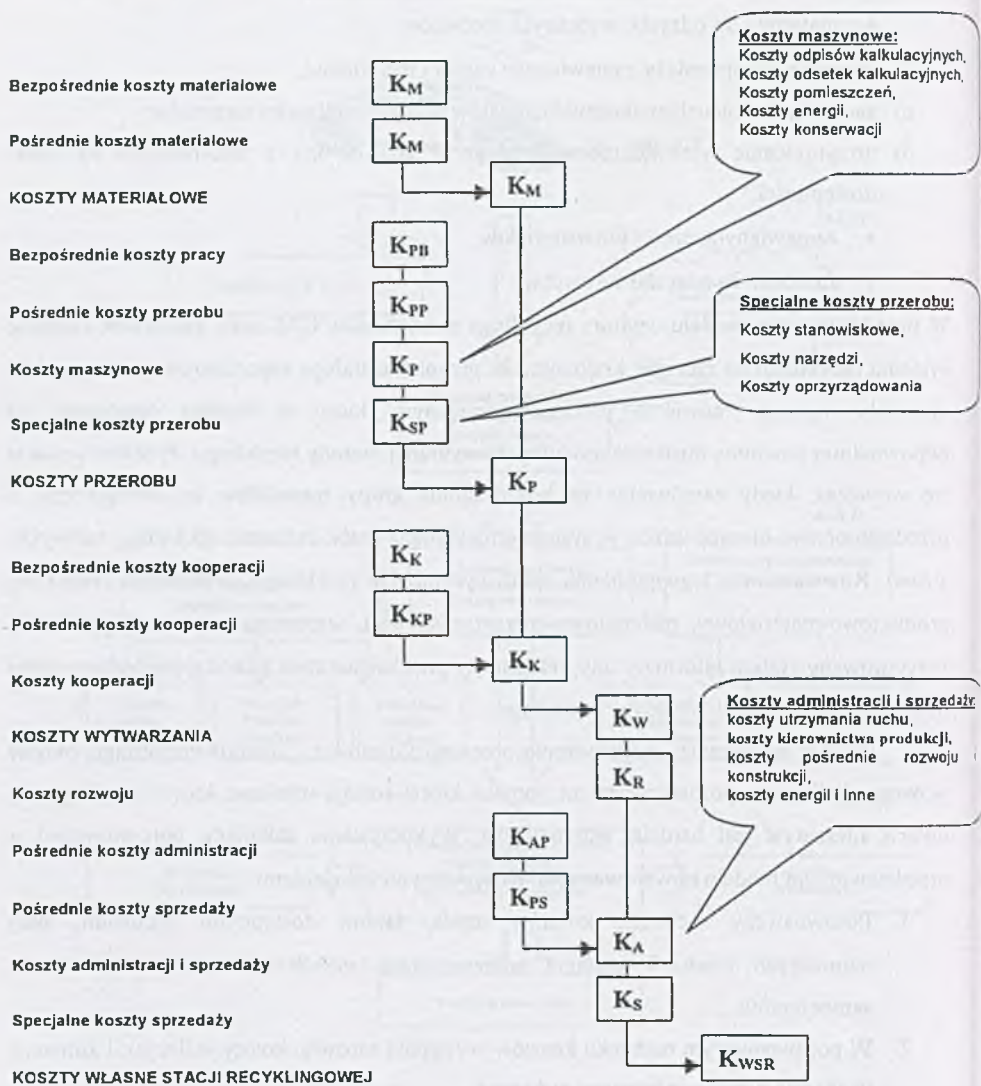
- a) zbieranie zamówień na
 - sprawne części i podzespoły z wymontowanych samochodów do sprzedaży,
 - materiały do odzysku wybranych surowców,
- b) prowadzenie sprzedaży zamawianych części i materiałów,
- c) zarządzanie łańcuchem dostaw materiałów do miejsc odzysku surowców,
- d) utrzymywanie systemu informatycznego – bazy on-line, z informacjami na temat dostępności
 - zamawianych części lub materiałów,
 - zasobów do odzysku surowców.

W przedstawianym modelu centrum recyklingu samochodów CRS musi zapewniać ciągłość systemu recyklingu na szczeblu krajowym. W przypadku stałego zapotrzebowania na części i materiały możemy mówić o procesie rytmicznym, który w wyniku demontażu na odpowiednim poziomie dostarcza produkty do wybranej metody recyklingu. Problem pojawia się wówczas, kiedy zamówienia na poszczególne grupy materiałów są nieregularne, a przedsiębiorstwa biorące udział w systemie recyklingu (huty, rafinerie itp.) mają nadwyżkę zleceń. Rozwiązaniem tego problemu może być metoda recyklingu mieszanego (recykling produktowo-materiałowy, materiałowo-energetyczny itp.), wspomagana przez odpowiednio przygotowany system informatyczny, integrujący przedsiębiorstwa posiadające wolne zasoby do realizacji wybranych procesów recyklingu.

Poziom stosowania - wyznaczenie proporcji ilościowej - metody recyklingu określa wówczas kalkulacja porównawcza, za pomocą której zostaje ustalone, która z co najmniej dwóch alternatyw jest bardziej ekonomiczna. Wykorzystanie kalkulacji porównawczej w przedstawionym modelu obwarowane jest następującymi założeniami:

1. Porównawczy rachunek kosztów ustala, jakimi dostępnymi środkami, przy najniższych kosztach, zostanie zdemontowana określona w wariantach liczba samochodów.
2. W porównawczym rachunku kosztów występują zarówno koszty stałe, jak i zmienne. Proporcja tych kosztów może być różna.
3. Koszty, które niewiele się różnią między sobą w poszczególnych wariantach, nie są brane pod uwagę przy ustalaniu kosztów porównawczych.

4. W przedstawionym poniżej rachunku statycznym (kalkulacji wg nośników kosztów) do obliczeń przyjęto przeciętne wartości dla określenia użytkowania albo okresu użytkowania (np. 10-letni okres użytkowania środka pracy).



Rys.2. Schemat kalkulacji kosztów demontażu i recyklingu samochodów na podstawie kalkulacji doliczeniowej

Fig.2. Schema of calculation of costs of disassembly and of recycling of cars on the ground of adding calculation

5. Założono, że środki produkcji lub środki pracy dla wszystkich wariantów są podobnie obciążone, a to oznacza, że koszty maszynowe dla poszczególnych wariantów (w zależności od liczby demontowanych sztuk w roku) są jednakowe.
6. W procesie recyklingu (produktowy lub materiałowy) dla każdego z trzech wariantów zmieniają się koszty maszynowe, które w tym przypadku są związane z dodatkową inwestycją w środki produkcji lub środki pracy, oraz w przypadku recyklingu produktowego wydłuża się czas jednostkowy i czas przygotowawczo-zakończeniowy procesu demontażu.

3. Opłacalność wyboru metody recyklingu samochodów

Aby pokazać opłacalność wybranej metody demontażu i segregacji w stacji recyklingowej w stosunku do liczby recyklingowanych samochodów, posłużmy się następującym przykładem. W stacji recyklingu RS następuje demontaż wraków samochodowych oraz segregacja materiałów ze względu na recykling produktowy, materiałowy i energetyczny.

Powstaje pytanie, który z typów recyklingu jest opłacalny? W celu odpowiedzi na to pytanie wykorzystano metodę porównawczego rachunku kosztów. Rachunek ten ustala, która z co najmniej dwóch alternatyw jest bardziej ekonomiczna.

W przedstawionym przykładzie porównano proces demontażu samochodów z punktu widzenia wyboru metody recyklingu produktowego lub materiałowego dla dwóch wartości (liczby) demontowanych samochodów w roku.

Wariant A określa demontaż 2000 samochodów rocznie, a wariant B – 4000 samochodów rocznie. Dodatkowo wprowadzono różnicę czasów jednostkowych w procesie recyklingu produktowego w stosunku do recyklingu materiałowego. I tak, dla recyklingu produktowego, z nastawieniem na odzyskiwanie części z wraków samochodów, czas jednostkowy demontażu wynosi 45 minut dla jednego samochodu, a w przypadku recyklingu materiałowego, z nastawieniem na odzyskiwanie surowców w postaci metali magnetycznych, czas jednostkowy demontażu waha się w granicach 30 minut na samochód. Dokładne dane wyjściowe do porównawczego rachunku kosztów przedstawiono w tabeli 1. Efekt przeprowadzonych obliczeń przedstawia tabela 2.

W obliczeniach przedstawiono koszt własny stacji recyklingowej dla określonego wariantu z podziałem na koszty stałe i zmienne.

Z analizy wartości kosztów w porównawczym rachunku kosztów można wyznaczyć krytyczną liczbę sztuk demontowanych wraków samochodowych, dla których recykling produktowy staje się nieopłacalny [4].

Rachunkowe ustalenie krytycznej liczby sztuk przedstawia się następująco:

$$K_{WSR} = K_S + K_Z * M \quad (1)$$

gdzie:

- K_{WSR} - koszt własny stacji recyklingowej w PLZ na rok,
- K_S - koszty stałe stacji recyklingowej w PLZ na rok,
- K_Z - koszty zmienne stacji recyklingowej w PLZ na szt,
- M - wielkość demontażu w szt./rok,

przy czym:

$$K_Z = K_Z [PLZ/rok] / M [szt./rok] \quad (2)$$

Przy krytycznej liczbie sztuk M_{kr} koszt własny stacji recyklingowej przy recyklingu produktowym jest równy kosztowi własnemu stacji recyklingowej przy recyklingu materiałowym. Stąd wynika:

$$K_{S(te=0,75)} + K_{Z(te=0,75)} * M_{kr} = K_{S(te=0,5)} + K_{Z(te=0,5)} * M_{kr} \quad (3)$$

gdzie:

- $K_{S(te=0,75)}$ - koszty stałe w procesie recyklingu produktowego w PLZ/rok,
- $K_{Z(te=0,75)}$ - koszty zmienne w procesie recyklingu produktowego w PLZ/szt.,
- $K_{S(te=0,5)}$ - koszty stałe w procesie recyklingu materiałowego w PLZ/rok,
- $K_{Z(te=0,5)}$ - koszty zmienne w procesie recyklingu materiałowego w PLZ/szt.

z tego

$$M_{kr(2000)} = (K_{S(te=0,5)} - K_{S(te=0,75)}) / (K_{Z(te=0,75)} - K_{Z(te=0,5)}) \quad (4)$$

O ile za podstawę wyliczeń przyjmujemy wartości liczbowe wskazane w tabelicy 1 i wstawimy do równania, otrzymamy krytyczną liczbę sztuk, która wskazuje próg opłacalności recyklingu produktowego i materiałowego:

$$M_{kr(2000)} = (11262 - 6720) / (14268,33 / 2000 - 11050 / 2000) = 2838 \text{ szt./rok} \quad (5)$$

Oznacza to, że przy określonych zasobach produkcyjnych (środki produkcji) dla danej stacji recyklingowej:

- opłacalność wyboru metody recyklingu produktowego jest uzasadniona dla wariantu A, czyli dla przerobu 2000 sztuk rocznie,
- granicą opłacalności zmiany metody recyklingu produktowego na materiałowy jest przerób samochodów do wartości 2838 sztuk rocznie. Powyżej tej wartości granicznej

recykling produktowy jest nieopłacalny i resztę samochodów należy poddać procesom recyklingu materiałowego,

Ukierunkowując proces recyklingu samochodów na sprzedaż używanych części i podzespołów, czyli recykling produktowy, z powyższej kalkulacji wynikają następujące wnioski:

- zmniejszając czas jednostkowy demontażu w metodzie recyklingu produktowego (np. poprzez wprowadzenie zautomatyzowanych środków produkcji), zwiększamy opłacalną liczbę demontowanych samochodów w roku,
- aby zwiększyć liczbę demontowanych samochodów w roku metodą recyklingu produktowego, należy obniżyć koszty maszynowe lub zmniejszyć czas jednostkowy i czas zbrojenia w tej metodzie,
- wydłużając czas demontażu w metodzie recyklingu produktowego (głęboki demontaż) zmniejszamy opłacalną liczbę głębokiego demontażu samochodów do odzyskiwania części i podzespołów.

Przedstawiona powyżej kalkulacja porównawcza zależy w dużej mierze od zainwestowanego kapitału (np. koszt wyposażenia stanowiska demontażu) i opracowanej technologii demontażu samochodów (np. stopień zautomatyzowania stanowisk oraz czas przygotowawczy i jednostkowy demontażu).

Inwestycja kapitałowa związana jest z uwzględnieniem w kalkulacji kosztów maszynowych w kosztach przerobu. Oznacza to, że dla różnych metod recyklingu mamy różną wartość kapitału zainwestowanego w dany zasób – stanowisko (kredyt, leasing, wartość technologiczna, itp.), o innym poborze energii, o innej częstotliwości konserwacji. I tak, w przypadku procesów demontażu, gdzie każde stanowisko posiada podstawowe wyposażenie w narzędzia i oprzyrządowanie, koszty maszynowe mogą być liczone jako narzut bezpośrednich kosztów przerobu. Natomiast nieuwzględnienie kosztów maszynowych w przypadku stanowisk wysoko zautomatyzowanych może doprowadzić do błędów przy ustalaniu kosztów własnych odzysku części lub surowca.

Bardziej opłacalnym rozwiązaniem jest stosowanie mieszanych metod recyklingu, dla których w stanie ustalonym można:

- zdemontować i sprzedać, określoną zamówieniem, liczbę części i podzespołów samochodowych,
- pozostałe materiały po recyklingu produktowym przeznaczyć do odzysku surowców,

- odseparować materiały do utylizacji przy zagwarantowaniu bezpieczeństwa ekologicznego danego procesu.

Tablica 1

Dane wyjściowe do porównawczego rachunku kosztów dla procesu recyklingu produktowego i materiałowego

Określenie	Jednostka	Dane
<i>Czas na jednostkę (te A) dla metody A</i>	godz./szt.	0,75
<i>Czas na jednostkę (te B) dla metody B</i>	godz./szt.	0,50
<i>Czas zbrojenia (tr A) dla metody A</i>	godz./zlec.	24,00
<i>Czas zbrojenia (tr B) dla metody B</i>	godz./zlec.	12,00
<i>Liczba samochodów demontowanych - wariant A</i>	szt./rok	2 000,00
<i>Liczba samochodów demontowanych - wariant B</i>	szt./rok	4 000,00
<i>Wynagrodzenie przy stanowisku demontażu - metoda A</i>	PLZ/godz.	5,00
<i>Wynagrodzenie przy stanowisku demontażu - metoda B</i>	PLZ/godz.	3,50

Tablica 2

Porównawczy rachunek kosztów dla procesu demontażu samochodów w zależności od typu recyklingu

Koszty	Koszty porównawcze w PLZ/rok dla			
	M=2000 szt./rok		M=4000 szt./rok	
	$t_e = 0,75$ h	$t_e = 0,5$ h	$t_e = 0,75$ h	$t_e = 0,5$ h
Koszt własny	20 988,33 zł	22 270,00 zł	35 136,67 zł	33 320,00 zł
w tym:				
Koszty stałe	6 720,00 zł	11 262,00 zł	6 720,00 zł	11 262,00 zł
Koszty zmienne	14 268,33 zł	11 008,00 zł	28 536,67 zł	22 100,00 zł

W tym przypadku w kalkulacji nośnikami kosztów będą zarówno koszty własne odzyskiwanych części i podzespołów, jak i również posegregowanych materiałów do odzysku surowców, oraz koszty utylizacji i składowania materiałów zanieczyszczających.

4. Zakończenie

Wybór metody recyklingu samochodów uzależniony jest od zachowań rynku. Wprowadzenie krajowego systemu recyklingu wraków samochodowych może przynosić znaczne dochody finansowe. Warunkiem uzyskania efektów finansowych jest przygotowanie elastycznego systemu recyklingu samochodów, ukierunkowanego na zapotrzebowanie rynku w używane części i podzespoły samochodowe, a w dalszej kolejności w materiały do odzysku surowców (np. metali magnetycznych). System taki, wspomagany technologią

teleinformatyczną oraz narzędziami informatycznymi, musi jednoznacznie wskazywać opłacalność wyboru stosowanej metody recyklingu.

LITERATURA

1. Sawwa R., Jacórzyńska-Śmigiera M.: Zorganizowany recykling samochodów – nowo powstająca branża działalności gospodarczej i zagadnienia jej wspomagania komputerowego, Materiały PIAP, Warszawa 1999.
2. Matuszek J.: Inżynieria kosztów produkcji, Materiały z konferencji „Inżynieria Produkcji'99” Bielsko-Biała 1999.
3. Matuszek J., Plinta D.: Analiza kosztów produkcji w modelowaniu i symulacji procesów produkcyjnych, Materiały z konferencji „Inżynieria Produkcji'99” Bielsko-Biała 1999.
4. Bollmann P.: Besser führen mit „Brauchbaren” Kostendaten. Welches Kostenrechnungssystem eignet sich zur strategischen und operativen Unternehmensführung?, Verlag Industrielle Organisation 1983.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. E.Dudek-Dyduch

Abstract

Hereby in the article one introduced a model cars of recycling, which in accordance with instructions of European Union, concerning limiting of waste material of used cars, presents a method of recovering parts, and raw materials, and neutralization elements remaining after recycling process.

The aim of the present elaboration is presentation of variants of calculation used to estimation costs in dependence on selected method of cars recycling. One presented example-calculation, with special regard to carriers of costs coming into being in process of recycling of cars and example permitting to estimate profitability of selected method of recycling.

In figure 1 model of recycling of cars in Poland is introduced, which embraces four methods of recycling:

1. product recycling, with special regard of disassembly from regard on recovery working parts to further resale,
2. material recycling, with special regard of disassembly from regard on recovery of raw materials,
3. energetistic recycling, with special regard of disassembly from regard on recovery of energetistic raw materials,
4. mixed recycling, with special regard of disassembly, in which after recovery efficient, remaining elements are subject to recycling material and energetistic.

Profitability of process of recycling is connected with pointing out it own cost, which refers to disassembly and segregation of materials in process of product, material and energetistic recycling. Cost is counted according to adding calculation. Base of marking of carriers of costs in adding calculation is institutional accounting sheet. Indirect costs are reckoned up by means of coatings and create set of norms for given places of costs formation. Use of this method motivated in this, that in varying process of cars recycling, significant quantity of materials with different cost of labour and different recykling value comes into being.

Calculation of process of cars recycling, in which one favoured two types of generic costs, appropriate called indirect costs of carriers and direct costs of carriers, is introduced in figure 2.

To estimate a profitability of choice recycling method from regard on quantity of recycled cars in year, one used comparative calculation, by means of which it becomes settled, which from at least two alternatives is more economic.

To show profitability of selected method of disassembly and of segregation in recycling station in relation to quantities of recycled cars one used the following example.

Process of disassembly of cars from point of view choice of method of recycling product or material for two quantities of disassembled of cars in year is compared.

Exact output data for comparative bill of costs are presented in table No 1.

Effect performed calculations are presented in table No 2.

From analysis of costs value in comparative bill of costs one can point out the critical number of parts of disassembled car wrecks, for which product recycling becomes unprofitable.

Steering process of cars recycling on sale of used parts, ie. product recycling, some results follow above calculation.

Diminishing individual disassembly time in the product recycling method (eg by using automatized means of production), grows significantly profitable the quantity of disassembled cars in year.

To enlarge quantity of disassembled cars in year, with product recycling method, one should lower machine costs or diminish individual time in this method.

Lengthening time of disassembly in of product recycling method (deep disassembly) diminishes the quantity of profitable deep disassembly of cars to recovering parts.

More profitable solution is a usage of mixed methods of recycling, for which, in state one can:

- disassemble and to sell, given quantity of parts,
- intend to salvage remaining materials after product recycling,
- separate materials to utilization at guarantee of ecological safety of given process.

In this calculation cost carriers are both costs of recovered parts and segregated materials to salvage as well as costs of utilization and storage gift materials.