

Przemysław KURCZEWSKI¹, Robert LEWICKI², Zbigniew KŁOS³

e-mail: przemyslaw.kurczewski@put.poznan.pl

¹ Instytut Silników Spalinowych i Transportu, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska, Poznań² Katedra Ekologii Produktów, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny, Poznań³ Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska, Poznań

LCA jako narzędzie analizy kierunków rozwoju artykułów gospodarstwa domowego

Wstęp

Celem niniejszej pracy jest podsumowanie cyklu badań, których przedmiotem było kształtowanie metodyki analizy cyklu życia LCA (*Life Cycle Assessment*) oraz określenie możliwości jej zastosowania w odniesieniu do różnych kategorii obiektów technicznych. Podjęcie tematu pracy wynika z faktu, że obok elementów technicznych i ekonomicznych w budowie maszyn i urządzeń rozważa się coraz częściej również czynniki środowiskowe (ekologiczne). Początkowo zagadnienia te były rozpatrywane głównie w odniesieniu do wytwarzania. Obecnie powszechne staje się podejście całościowe, uwzględniające cały cykl życia (istnienia) obiektów. Z racji prób ilościowego ujęcia oddziaływania na środowisko określa się je jako podejście ekobalansowe.

Pod pojęciem ekobalansowania rozumie się najczęściej sporządzanie analizy cyklu istnienia obiektów, której wykonanie oparte jest o skomplikowany model obliczeniowy i obejmuje przegląd oddziaływań środowiskowych, wynikających z realizacji różnych procesów w poszczególnych sferach i fazach istnienia obiektu od wytwarzania do jego likwidacji [1]. Ważniejsze metody realizacji badań ekobalansowych zaprezentowano w pracy [1], przy czym zauważono tam, że metoda środowiskowego oszacowania cyklu życia LCA (*Environmental Life-Cycle Assessment*) pozwala najpełniej określać szkodliwość środowiskową obiektów.

Metoda LCA i jej zastosowania

Metoda oceny cyklu życia LCA określana jest jako sposób oszacowania obciążenia środowiskowego, oparty na inwentaryzacji aspektów środowiskowych w odniesieniu do obiektu (wyrobu, urządzenia lub produktu), procesu albo działalności, w cyklu od wydobycia surowców do ich końcowego zagospodarowania [1]. Umożliwia ona więc identyfikację i ocenę emisji szkodliwych substancji oraz zużycia energii i materiałów we wszystkich etapach cyklu istnienia badanego obiektu, czyli w projektowaniu, produkcji, eksploatacji i likwidacji.

W ramach ekobalansu z wykorzystaniem metody LCA wyszczególnić można następujące główne fazy:

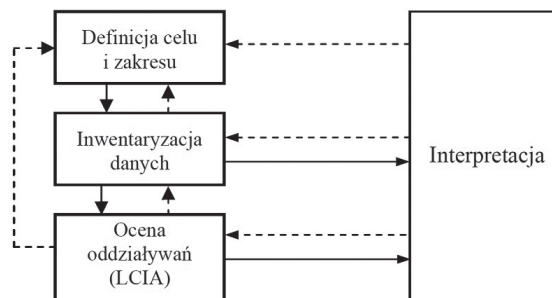
- zdefiniowanie celu i zakresu analizy,
- inwentaryzację danych (analizę zbioru wejść i wyjść, LCI),
- ocenę oddziaływań LCIA,
- interpretację.

Każda z tych faz stanowi odrębną całość, która jednak zajmuje ściśle określone miejsce w procesie bilansu (Rys. 1). Analiza metodą LCA nie ma charakteru procesu liniowego, dzięki czemu możliwa jest ciągła korekta stopnia jej szczegółowości. Jest to przydatne, gdy przykładowo po ocenie oddziaływań okazuje się, że nie uwzględniono pewnych istotnych dla ostatecznego wyniku danych, lub też, gdy rezultat fazy interpretacji ze względu na specyfikę jego zastosowania wskazuje na konieczność wprowadzenia uzupełnień.

Zakres zastosowań LCA jest bardzo szeroki. Rozróżnia się analizy LCA ukierunkowane na [2]:

- krótkoterminowe procesy projektowe i optymalizacyjne,
- wieloaspektowe porównywanie rozwiązań,
- długoterminowe planowanie strategii.

Najpopularniejszy obszar zastosowań to analizy porównawcze pozwalające na określenie, za pomocą syntetycznych wskaźników, który z porównywanych obiektów jest bardziej szkodliwy dla środowiska. W konsekwencji producenci są w stanie udoskonalić lub tak zmoderni-



Rys. 1. Fazy oceny ekobalansowej w metodzie LCA [3]; zasadniczy kierunek oceny cyklu istnienia, kierunek potencjalnych iteracji

zować konstrukcję tych obiektów, które są dla środowiska najbardziej uciążliwe, by ów szkodliwy wpływ zminimalizować. Wyniki uzyskane dzięki metodzie LCA mogą być również wskazówką dla konsumentów przy wyborze określonego rozwiązania konstrukcyjnego poszukiwanego produktu.

Analizowanie kierunków rozwoju obiektów technicznych to coraz częstsze zastosowanie LCA ściśle powiązane z procesami zarządzania cyklem życia LCM, a szczególnie ekoprojektowania. Wśród korzyści, jakie z niego płyną wymienia się [4]:

- obniżenie kosztów,
- stymulowanie innowacyjności i kreatywności,
- spełnianie lub przewyższanie oczekiwań klientów,
- poprawa wizerunku organizacji i/lub marki,
- zwiększanie lojalności klientów,
- zwiększanie wiedzy o wyrobie,
- zachęcanie do finansowania i inwestowania, szczególnie ze strony inwestorów, dla których problemy środowiskowe są ważne,
- poprawa relacji z władzami.

Zarówno samo stosowanie LCA jak i ekoprojektowanie stanowią składową działań badawczo-rozwojowych firmy i powinny wspomagać jej innowacyjność. Z tego względu należy je postrzegać jako element budowania przewagi konkurencyjnej prowadzonej zgodnie z przyjętą polityką i strategią organizacji.

LCA w analizie kierunków rozwoju AGD

W prezentacji roli LCA w analizie kierunków rozwoju sprzętu AGD skoncentrowano się na wybranej grupie urządzeń – chłodziarko-zamrażarkach. Zastosowanie LCA powiązane było ściśle z procesem ich ekoprojektowania. Wybór ten podyktowany był faktem, że obiekty te wykazują wiele cech wspólnych z innymi grupami produktów AGD, będąc jednocześnie największym źródłem zużycia energii elektrycznej w gospodarstwach domowych. Dodatkowym argumentem za takim wyborem był też fakt, że rynek AGD w Polsce rozwijał się w ostatnich latach w tempie nienotowanym dotychczas w przeszłości, a europejscy producenci AGD od 1995 roku zainwestowali w badania i rozwój około 10 miliardów euro, co stawia ich na czołowej pozycji w tym zakresie [5].

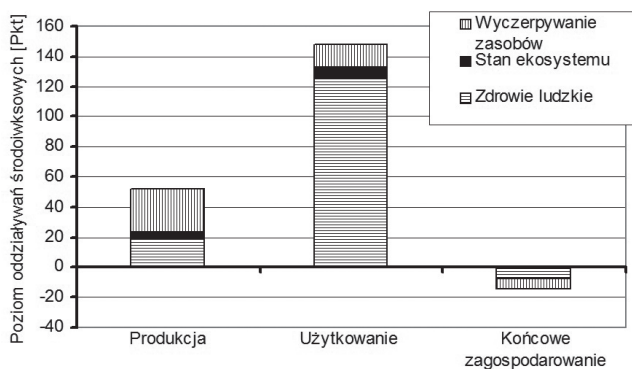
Można wyróżnić kilka kierunków udoskonaleń w zakresie sprzętu chłodniczego, które dokonały się na przestrzeni ostatnich 10-15 lat:

- redukcja energochłonności związane z wprowadzaniem tzw. klas energetycznych,

- wprowadzanie bardziej ekologicznych substytutów dla czynników chłodniczych,
 - obniżanie poziomu hałasu emitowanego przez lodówkę podczas jej użytkowania,
 - stosowanie materiałów izolacyjnych o lepszych parametrach użytkowych,
 - wprowadzenie lodówek dwudrzwiowych (z zamrażarką dolną lub górną),
 - wprowadzenie zdolności do samorozmrażania,
 - wprowadzenie urządzeń do zabudowy oraz typu *side by side*,
 - nasywanie sprzętu elektroniką.
- Pierwszym etapem ekoprojektowania opartego na wykorzystaniu LCA jest planowanie, w ramach którego przyjęto za niezbędne do określenia:
- chłodziarko-zamrażarki, jaką uznaje się za wyjściową w pracach projektowych (obiekt odniesienia),
 - wizji chłodziarko-zamrażarki, która spełniałaby wymagania zainteresowanych stron oraz zalecenia sformułowane po kluczowych analizach, w tym głównie LCA,
 - różnicę w zaawansowaniu technologicznym, jaka będzie efektem podjęcia ekoprojektowania.

W ocenie cyklu życia wyjściowej chłodziarko-zamrażarki wykorzystano metodę LCA opartą na modelu obliczeniowym *Eco-indicator 99 (H) V 2.03 / Europe EI 99 H/A*. Wyniki przyjęto wyrażać w punktach środowiskowych [Pkt], jednostce służącej obiektywnemu obrazowaniu poziomu oddziaływań środowiskowych identyfikowanych w poszczególnych procesach (etapach cyklu życia). Wyższa wartość ekowskaźnika, wyrażonego w dodatnich [Pkt], oznacza większy negatywny wpływ analizowanego przypadku na środowisko – większa wartość ujemna to większa korzyść środowiskowa.

Środowiskowy wpływ poddanych analizie etapów cyklu istnienia chłodziarko-zamrażarki będącej obiektem odniesienia przedstawiono na rys. 2. Wskazuje on na użytkowanie chłodziarko-zamrażarki jako źródło dominujących w cyklu życia obciążeń środowiska. Oddziaływania zidentyfikowane na etapie użytkowania stanowią bowiem 79,8% sumarycznego wpływu, jaki wywiera obiekt odniesienia w całym cyklu istnienia.



Rys. 2. Ocena wpływu etapów cyklu życia chłodziarko-zamrażarki będącej obiektem odniesienia [6]

Produkcja i eksploatacja analizowanej chłodziarko-zamrażarki wywierają negatywny wpływ na wszystkie kategorie oddziaływań, podczas gdy zagospodarowanie odpadów możliwych do pozyskania ze zużytego obiektu technicznego może przynieść korzyści środowiskowe w kategorii: wyczerpywanie zasobów poprzez ograniczenie wydobycia paliw kopalnych oraz zdrowie ludzkie poprzez ograniczenie wpływu nieorganicznych substancji na choroby układu oddechowego.

Kolejnym miejscem w procesie ekoprojektowania, gdzie może być zastosowana metoda LCA jest *benchmarking* środowiskowy. Nie jest to jednak regułą m.in. ze względu na ograniczony zazwyczaj dostęp do danych o wyrobach konkurencyjnych. Z przeprowadzonego *benchmarkingu* środowiskowego chłodziarko-zamrażarki wynikły wnioski wskazujące obszary, gdzie obiekt odniesienia uzyskuje gorsze, porównywalne i lepsze wyniki w porównaniu do obiektów konkurencyjnych.

Na ich podstawie sformułowano kierunki pożądanych zmian, wśród których znalazły się:

- stosowanie większej ilości materiałów podatnych do recyklingu,
- zastosowanie bardziej ekologicznego czynnika chłodniczego,
- obniżenie zużycia energii podczas użytkowania,
- obniżenie poziomu emitowanego hałasu,
- redukcja masy chłodziarko-zamrażarek.

Następnie opracowano zbiór wariantów rozwiązań technicznych, które mogłyby być zastosowane w projekcie koncepcyjnym i wszystkie je poddano analizie wielokryterialnej. Podstawą do opracowania wybranego projektu koncepcyjnego chłodziarko-zamrażarki stały się trzy warianty zmian prowadzące do: zmniejszenia liczby agregatów, modyfikacji czynnika chłodniczego i poprawy izolacji chłodziarko-zamrażarki. Powstałe koncepcje konstrukcyjne oceniono pod względem opłacalności i technicznych zdolności do ich wprowadzenia, ale także aspektów środowiskowych (z użyciem LCA).

Tab. 1. Wyniki badań LCA wariantów ekoprojektowych (wartości wskaźnika w [Pkt] ze wskazaniem zmiany wskaźnika (w %) [6])

	Warianty			
	bazowy	1	2	3
Produkcja	52,09	41,58 (↓20,18%)	51,81 (↓0,54%)	52,07 (↓0,04%)
Eksploatacja	148,01	128,49 (↓13,19%)	134,73 (↓8,97%)	136,21 (↓7,97%)
Końcowe zagospodarowanie	-14,8	-13,43 (↑9,26%)	-17,75 (↓19,93%)	14,80 (↓10,0%)
Cały cykl życia	185,30	156,64 (↓15,47%)	168,79 (↓8,91%)	173,48 (↓6,38%)

Wnioski

Badania różnych kategorii obiektów technicznych prowadzone z wykorzystaniem LCA dowodzą przydatności tej metody w zakresie zarówno oceny oddziaływania na środowisko jak i analizy kierunków ich rozwoju [7]. Potwierdza to przytoczony przykład ekoprojektowania sprzętu AGD, gdzie LCA wykorzystano ponadto w opracowaniu i weryfikacji wariantów projektowych.

Wykazano, że istnieje kilka możliwości osiągnięcia wytyczonych celów zapewniających zamierzoną optymalizację środowiskowo-ekonomiczną. Za warte rozpatrzenia w pierwszej kolejności uznano te, które nie wymagały wprowadzenia istotnych zmian w procesie produkcyjnym (tym samym nie zwiększałyby istotnie kosztów produkcji). Zaliczono do nich:

- zmianę czynnika chłodniczego z R600a (izobutan) na RC270 (cyklopropan),
- zmianę materiału izolacyjnego z pianki PUR na jej odmianę PIR, charakteryzującą się mniejszym współczynnikiem przewodzenia ciepła.

Ostatecznie LCA znalazło zastosowanie w analizie projektu szczegółowego, który zgodnie z założeniami ekoprojektowania poddany został również ocenie pod kątem ekonomicznym (zastosowano metodę LCC – *Life Cycle Costing*) i społecznym (w oparciu o metodę LCWE – *Life Cycle Working Environment*).

LITERATURA

- [1] Environmental Life Cycle Assessment of products. Part I – Guide. Part II – Backgrounds, NOH 1992.
- [2] R. Frischknecht., Goal and scope definition and inventory analysis, LCA-NET Theme report, w, Life Cycle Assessment, State-of-the-art and research priorities, Zurich, LCA Documents, 1997.
- [3] J. Kasprzak, P. Kurczewski: Inż. Ap. Chem., 49, nr 5, 55 (2010).
- [4] A. Lewandowska, Z. Kłos, P. Kurczewski, R. Lewicki: Inż. Ap. Chem., 48, nr 2, 84 (2009).
- [5] W. Konecki, M. Zakrzewski, Efektywność energetyczna – propozycje producentów AGD, Stanowisko CECED, Debata na temat *Białych Certyfikatów*, Warszawa 26 września 2007.
- [6] P. Kurczewski, A. Lewandowska: The International Journal of Life Cycle Assessment, 15, nr 8, 777 (2010).
- [7] P. Kurczewski: Inż. Ap. Chem., 49, nr 5, 67 (2010).