

PRZEMYSŁAW KURCZEWSKI
ROBERT LEWICKI
JĘDRZEJ KASPRZAK
ZBIGNIEW KŁOS

Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska

Ekoprojektowanie na przykładzie sprzętu chłodniczego. Część II. Planowanie i projekt

Wprowadzenie

Procedury ekoprojektowania obecnie próbuje się wdrażać w nielicznych zakładach różnych branż i gałęzi przemysłu, poczynając od opakowań, poprzez sprzęt elektroniczny i obiekty mechaniczne, na konstrukcjach budowlanych kończąc. Mają one bardzo zróżnicowany zakres i przypisuje się im różną ważność wśród metod wytyczania kierunków rozwoju obiektów technicznych. Niemniej jednak coraz więcej jest przedsiębiorstw, dla których dobrowolne projektowanie produktów przyjaznych środowisku przekształca się z mody w strategię rozwoju, a inicjatywy z zakresu doskonalenia środowiskowego zbierane są w bazach danych i tworzą zbiory wytycznych ekoprojektowych. Firmom tym niezbędne jest wsparcie w postaci rozwiązań metodycznych, których stosowanie pozwoli osiągać zamierzone cele środowiskowe. Stąd też na *Politechnice Poznańskiej* podjęto się realizacji projektu ukierunkowanego na ich opracowanie poszerzone o weryfikację na konkretnym przykładzie. Przykład ten zaprezentowano w niniejszej (drugiej) części artykułu.

Założenia do przykładu ekoprojektowania

Do prezentacji sposobu wykorzystania opracowanych procedur ekoprojektowania zdecydowano się skoncentrować na wybranej grupie urządzeń z rodziny sprzętu chłodniczego – chłodziarko-zamrażarkach. Przyczyną dokonanego wyboru to fakt, że obiekty te wykazują wiele cech charakterystycznych dla sprzętu elektrycznego i elektronicznego, będąc jednocześnie znaczącym źródłem zużycia energii elektrycznej w gospodarstwach domowych. Ponadto wzięto pod uwagę, że chłodziarko-zamrażarki posiadają cechy, które upodabniają je do wielu maszyn i urządzeń. Dodatkowym argumentem przemawiającym za takim wyborem jest fakt, że rynek AGD w Polsce rozwijał się w ostatnich latach w tempie nienotowanym dotychczas w przeszłości [1].

Planowanie

Kolejne działania zrealizowane w ramach procesu ekoprojektowania zostały scharakteryzowane zgodnie z opracowaną procedurą, przedstawioną w cz. 1 artykułu. W pierwszym etapie skoncentrowano się na planowaniu, w ramach którego dążono do uzyskania odpowiedzi na pytania, których odpowiedzi sprowadziły się do określenia:

- chłodziarko-zamrażarki, jaką uznaje się za obiekt odniesienia,
- wizji chłodziarko-zamrażarki, która spełniałaby wymagania zainteresowanych stron oraz zalecenia sformułowane po kluczowych analizach, np. LCA, LCC i SLCA,

– różnicy w zaawansowaniu technologicznym, jako efektu podjęcia ekoprojektowania.

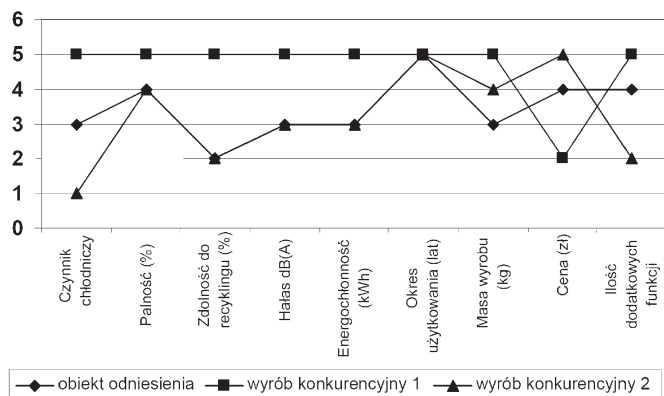
W ramach prezentowanego przykładu cel ekoprojektowania zdefiniowano jako „określenie kierunków dalszego doskonalenia wybranej chłodziarko-zamrażarki, które byłyby korzystne środowiskowo i uzasadnione ekonomicznie oraz które spełniałyby wymagania zainteresowanych stron, w tym unijnego znaku ekologicznego”. Przy tak szeroko zdefiniowanym celu, w zakres ekoprojektowania wchodzi następujące elementy:

- zidentyfikowanie głównych źródeł obciążenia środowiska przez obiekt odniesienia,
- zidentyfikowanie głównych źródeł kosztów w cyklu życia obiektu odniesienia,
- zidentyfikowanie najważniejszych stron zainteresowanych obiektem odniesienia,
- określenie kierunków rozwoju projektowanej chłodziarko-zamrażarki,
- wybór optymalnego rozwiązania.

W analizowanym przypadku za obiekt odniesienia przyjęto konkretną, już istniejącą chłodziarko-zamrażarkę należącą do grupy sprężarkowych. Pojemność komory chłodzenia wynosi 226 litrów, natomiast komory zamrażania 92 litry. Chłodziarko-zamrażarka jest klasy energetycznej A+, a roczne przeciętne zużycie energii wynosi 252 kWh, co odpowiada zużyciu 0,69 kWh na dzień. Układ chłodniczy składa się z dwóch niezależnych obiegów dla komory chłodzącej i zamrażającej, w skład których wchodzi dwa kompresory. Czynnikiem chłodzącym jest R600a (izobutan).

Na podstawie danych producenta, uzupełnionych o informacje uzyskane od użytkowników chłodziarko-zamrażarek oraz dane dostarczone przez firmy zajmujące się utylizacją zużytego sprzętu AGD, przeprowadzono środowiskową analizę cyklu życia (LCA) przedmiotowej chłodziarko-zamrażarki oraz analizę ukierunkowaną na ocenę aspektów ekonomicznych cyklu życia tegoż obiektu, w której oparto się na metodzie LCC.

Na podstawie wyników tych analiz sformułowano szereg zaleceń ekoprojektowych dotyczących chłodziarko-zamrażarki, będącej obiektem odniesienia. Na ich podstawie opracowano listę 36 wymagań, uznanych za istotne z punktu widzenia wszystkich zainteresowanych stron potencjalnie występujących w cyklu życia chłodziarko-zamrażarki. Wymagania zaklasyfikowano do pewnych ogólnych obszarów tematycznych, jak: koszty, zasoby, demontaż (DfD – *Design for Disassembly*), końcowe zagospodarowanie (DfR – *Design for Recycling*), zdrowie ludzkie, stan ekosystemu, komfort użytkownika.



Rys. 1. Wyniki benchmarkingu środowiskowego dla obiektu odniesienia [2]

Zainteresowane strony wypełniając odpowiednie formularze przypisywały poszczególnym wymaganiom współczynniki ważności w skali 0-10 (0 – nieistotne, 10 – najważniejsze). Jednocześnie zebrano informacje na temat wymagań odniesionych do wyrobu, a wynikających z jego porównania z wyrobami konkurencyjnymi. Wykorzystano przy tym koncepcję benchmarkingu środowiskowego (EB), którego wybrane wyniki zaprezentowano na rys. 1.

Następnie, na podstawie uzyskanych wyników benchmarkingu środowiskowego sformułowano szczegółowe wymagania, którym przypisano współczynniki wagowe, określone wcześniej przez zainteresowane strony. Dzięki tym działaniom określono następujące zadania ekoprojektowe [2]:

- osiągnięcie wyższej klasy energetycznej (A++) i redukcja energochłonności do poziomu 218 kWh/rok (redukcja o 13,5% w porównaniu do energochłonności obiektu odniesienia),
- zredukowanie ilości substancji szkodliwych o 25%,
- obniżenie hałasu na etapie użytkowania do poziomu 38 dB (A),
- uzyskanie wskaźnika odzysku na poziomie 80%,
- skrócenie czasu demontażu do 30 minut,
- obniżenie masy wyrobu o 5% w porównaniu do masy obiektu odniesienia,
- zapewnienie dostępności części zamiennych przez 12 lat od daty produkcji,
- zapewnienie serwisu przez 12 lat od daty produkcji,
- oznakowanie materiałów,
- opracowanie odpowiedniego systemu zwrotu zużytych urządzeń.

Projekt koncepcyjny

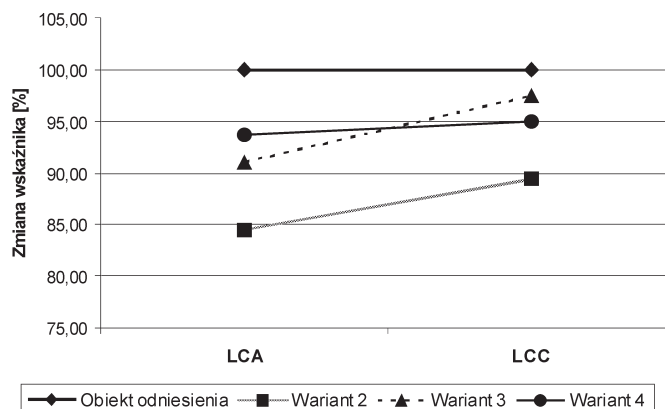
Na podstawie zadań ekoprojektowych zaproponowano warianty rozwiązań konstrukcyjnych, które poddano ocenie przy użyciu wielowymiarowej analizy porównawczej (WAP). Podstawą do opracowania projektu koncepcyjnego chłodziarko-zamrażarki stały się trzy sugerowane warianty zmian będące rezultatem analizy wielokryterialnej WAP. Zmiany te ukierunkowały prace projektowe na zmniejszenie liczby agregatów, modyfikację czynnika chłodniczego i poprawę izolacji chłodziarko-zamrażarki. Kilka powstałych koncepcji konstrukcyjnych ocenionych zostało pod względem opłacalności i technicznych zdolności do ich wprowadzenia. Stały się one przedmiotem wnikliwych analiz na etapie powstawania projektu szczegółowego.

Projekt szczegółowy i badania

Na etapie kształtowania projektu szczegółowego chłodziarko-zamrażarki dokonano uszczegółowienia i specyfikacji opracowanych projektów koncepcyjnych i ich wariantów. Wykazano, że istnieje kilka możliwości osiągnięcia wytyczonych celów zapewniających zamierzoną optymalizację środowisko-ekonomiczną. Za warcie 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 [2]:

- czynnika chłodniczego z R600a (izobutan) na RC270 (cyklopropan),
- materiału izolacyjnego z pianki PUR na jej odmianę (PIR), charakteryzującą się mniejszym współczynnikiem przewodzenia ciepła,
- liczby agregatów chłodniczych (ich ograniczenie z dwóch do jednego).

W ramach czwartego etapu procedury ekoprojektowania dokonano badań, mających na celu dostarczenie odpowiedzi na pytanie, który z wariantów wybranych na drodze analizy wielokryterialnej jest najlepszy (Rys. 2). Podstawą do realizacji tych badań stały się dane ze specyfikacji projektów szczegółowych, które wykorzystano w analizach LCA i LCC.



Rys. 2. Rezultaty wprowadzania wariantów realizacji zadań ekoprojektowych [2]

Podsumowanie

Z przeprowadzonych analiz wynika, że do przygotowania prototypu i testów powinien zostać wybrany wariant 2, który charakteryzuje się najwyższym stopniem redukcji oddziaływań na środowisko oraz kosztów występujących w całym cyklu życia analizowanego wyrobu. Redukcja wskaźnika środowiskowego sięga 15,47%, a wskaźnika ekonomicznego 10,56%. Wszystkie analizowane warianty wykazują niższe wartości kosztów środowiskowych i ekonomicznych w porównaniu do obiektu odniesienia, jednak korzyści uzyskiwane z wprowadzenia wariantu 2 są najwyższe.

LITERATURA

1. A. Krakowiak: Rzeczypospolita, 5 (02) 2008.
2. P. Kurczewski, A. Lewandowska (pod red.): Zasady projektowania środowiskowego obiektów technicznych dla potrzeb zarządzania ich cyklem życia, Parkowo, Wydawnictwo KMB Druk, 2008.