

MODELE SZACOWANIA KOSZTU CYKLU ŻYCIA: PRZEGLĄD LITERATURY

Streszczenie

W artykule skupiono się na problematyce szacowania kosztu w całym cyklu życia produktu. Na podstawie informacji dostępnych w krajowej i zagranicznej literaturze scharakteryzowano istniejące modele kosztu cyklu życia oraz wskazano obszary ich zastosowania. Zaproponowano kilka kryteriów klasyfikacji tych modeli oraz wykazano istotność przeprowadzania analizy i oceny nakładów metodą szacowania kosztu cyklu życia.

Słowa kluczowe: koszt cyklu życia (LCC), modele LCC

1. WPROWADZENIE

Koncepcja szacowania kosztu cyklu życia (LCC) opiera się na idei cyklu życia produktu, która została nakreślona w marketingu. Zgodnie z nią produkt istniejąc na rynku, przechodzi przez kilka faz swego życia i w każdej z tych faz są ponoszone koszty charakterystyczne dla danego etapu cyklu życia produktu. To cykl życia daje możliwość uchwycenia i odwzorowania zmian kosztów na każdym etapie życia produktu na rynku – począwszy od koncepcji produktu, a skończywszy na jego likwidacji - i dzięki temu jest przydatnym i użytecznym instrumentem wykorzystywanym w analizie kosztów.

Koszt cyklu życia jest ustalany według przyjętego modelu, dostosowanego do potrzeb informacyjnych użytkowników (odbiorców) informacji i stanowi on bazę do podejmowania przez nich właściwych decyzji i działań.

Celem pracy jest ukazanie znaczenia rachunku kosztu opartego na cyklu życia, a także – na podstawie dotychczasowego stanu wiedzy autorki - krótka charakterystyka metod i modeli LCC.

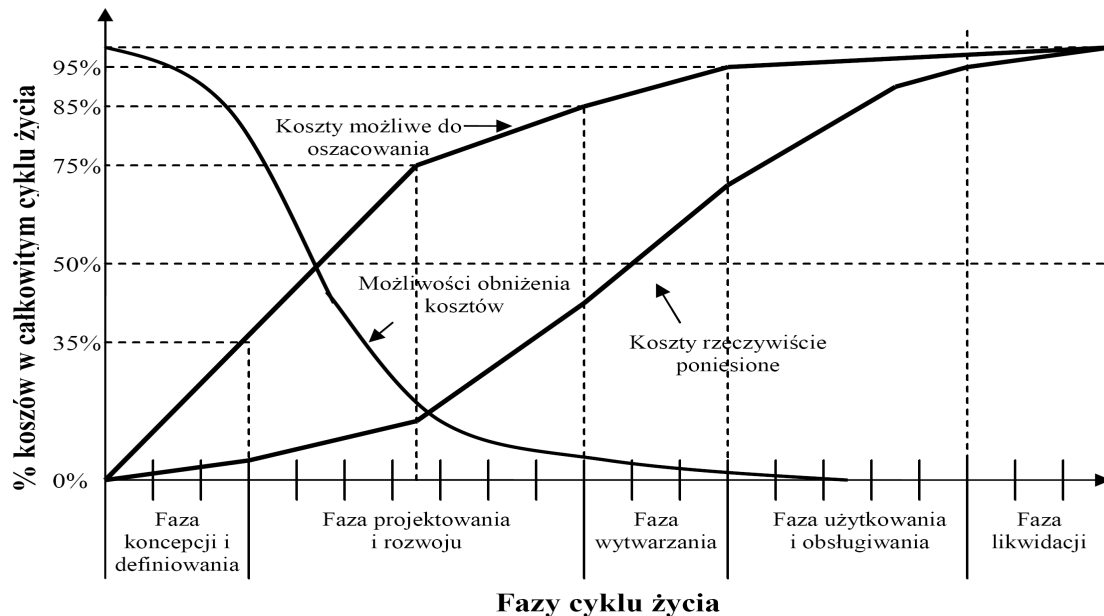
2. KONCEPCJA KOSZTU CYKLU ŻYCIA

Według PKN [1] koszt cyklu życia jest to łączny koszt ponoszony w cyklu życia wyrobu, tj. od powstania koncepcji wyrobu do jego likwidacji. B.S. Blanchard i W. Fabrycky [3] przedstawili bardziej szczegółową definicję LCC. Autorzy ci twierdzą, że całkowity koszt cyklu życia produktu lub systemu obejmuje koszty badań i rozwoju, koszty konstrukcyjne i produkcyjne, koszty użytkowania i obsługi oraz koszty wycofania wyrobu i jego składowania. W literaturze przedmiotu pojęcie kosztu cyklu życia produktu jest różnie definiowane. Te sprzeczności odnoszą się przede wszystkim do ilości faz cyklu życia, które mają być uwzględnione przy szacowaniu kosztów. Szacowaniu może podlegać bowiem cały cykl życia produktu, pojedyncza faza tego cyklu lub kombinacja różnych faz cyklu życia.

Doświadczenie wykazuje, że duża część kosztów cyklu życia jest konsekwencją decyzji podejmowanych we wcześniejszych (przedprodukcyjnych) fazach kształtowania produktu.

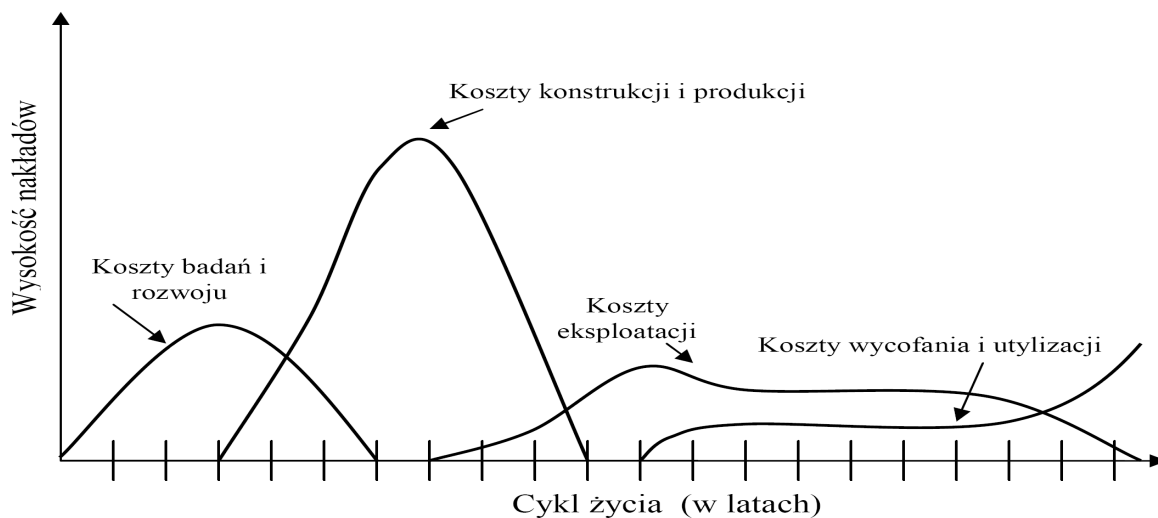
* Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Zakład Logistyki i Systemów Transportowych

Dotyczy to szczególnie fazy projektowania produktu, gdyż to ona warunkuje większość kosztów, które są ponoszone w całym cyklu życia produktu. Okazuje się, że faza ta może przesądzać nawet o ok. 70 - 85% kosztów produktu, które trudno obniżyć w fazie produkcji (rys. 1), dlatego więcej czasu i wysiłku poświęca się obecnie właściwemu zaprojektowaniu produktu i procesów produkcyjnych, co pozwala uniknąć późniejszych kosztownych i czasochłonnych zmian [20].



Rys. 1. Koszty poniesione i możliwe do oszacowania w poszczególnych fazach cyklu życia produktu
Źródło: opracowanie własne na podstawie [3] i [6]

Analizując rys. 1, łatwo zauważyć, że choć największa część kosztów może wynikać z czynności pojawiających się pod koniec cyklu życia produktu, to największa możliwość wpływania na całkowite koszty cyklu życia jest we wczesnej fazie życia. Zupełnie inaczej (w porównaniu z możliwościami oddziaływania na koszty całkowite) rozkładają się faktyczne koszty poszczególnych faz życia produktu (rys. 2).

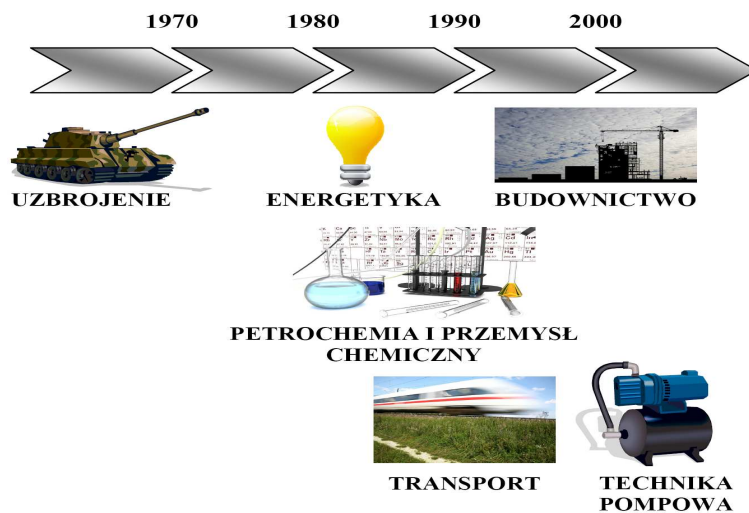


Rys. 2. Rozkład kosztów w poszczególnych fazach cyklu życia
Źródło: opracowanie własne na podstawie [4]

Celem analizy LCC jest ustalenie przyszłych kosztów, na podstawie przyjętego modelu. Model LCC musi być dostosowany do potrzeb informacyjnych użytkowników (odbiorców) informacji. Przeprowadzany pomiar kosztów ma bowiem na celu ocenę sytuacji decyzyjnych i podejmowanie właściwych decyzji przez podmioty działające na rynku, związane z cyklem życia produktu (m.in. projektantów, konstruktorów, producentów, konsumentów).

3. METODOLOGIA KOSZTÓW CYKLU ŻYCIA

Rozwój metodologii ustalania kosztów cyklu życia następował w sposób ewolucyjny. Modele LCC analizują problemy z różnych obszarów (rys. 3). Już w latach 60. XX wieku amerykański Departament Obrony zastosował koncepcję kosztu cyklu życia do oceny kosztów zakupu i użytkowania systemów uzbrojenia. W kolejnych latach jej możliwościami zainteresowała się energetyka, przemysł chemiczny, budownictwo, transport i technika pompowa.



Rys. 3. Historia wprowadzania analizy LCC na użytek poszczególnych dziedzin techniki
Źródło: [21]

W praktyce okazało się, iż stworzenie jednego uniwersalnego modelu LCC jest trudne, a wręcz niemożliwe. Kwestie rozpatrywane przez modele LCC charakteryzują się bowiem różnym stopniem złożoności, odnoszą się one do różnych faz cyklu życia i dziedzin techniki.

W latach 80. XX wieku rozpoczęły się intensywne badania nad kosztami produktu, przepływającymi przez wszystkie fazy jego cyklu życia. To właśnie w tym okresie nastąpił rozwój metodologii ustalania LCC, który trwa do dzisiaj. Istniejące obecnie modele kosztów to:

- model LCCA B.S. Blancharda i W. Fabrycky’ego,
- model LCCA D.G. Woodwarda,
- model LCCA P. Dahlena i G. Bolmsjo,
- model rachunku kosztów działań (z ang. *Activity Based Costing* – ABC),
- model projektowania w granicach zadanego kosztu (z ang. *Design to Cost* – DTC) dla systemów produkcyjnych,
- model kosztu cyklu życia produktu systemu produkcyjnego (z ang. *Product Life Cycle Cost Analysis Model* – PLCCA),
- model oceny kosztów całkowitych (z ang. *Total Cost Assessment* - TCA),

- model ekologicznej analizy kosztów cyklu życia (z ang. *Life Cycle Environmental Cost Analysis Model* – LCECA).

Model LCCA B.S. Blancharda i W. Fabryčky’ego [3] oparty jest na szczegółowej analizie wszystkich kosztów związanych z całym cyklem życia produktu. Metodyka bazuje na szczegółowym podziale kosztów (z ang. *Cost Breakdown Structure* - CBS). Generalnie model wyodrębnia następujące kategorie kosztów: koszty badań i rozwoju, koszty konstrukcyjne i produkcyjne, koszty użytkowania i koszty wycofania z rynku. Te cztery grupy kosztów podzielono na kolejne podgrupy. Procedura wykonania analizy LCC opisana jest w 10 krokach:

1. Zdefiniowanie problemu wymagającego analizy LCC;
2. Ustalenie alternatywnych wariantów rozwiązania;
3. Opracowanie struktury podziału kosztów;
4. Wybranie modelu do liczenia kosztów;
5. Przygotowanie profilu kosztów;
6. Wykonanie analizy prognozy rentowności;
7. Zidentyfikowanie głównych nośników kosztów;
8. Wykonanie analizy wrażliwości;
9. Wykonanie analizy ryzyka;
10. Wybranie najlepszej alternatywy.

Model ten zawiera podstawowe cechy metodologii holistycznej, umożliwiając analizę cyklu życia produktu, a także określenie całkowitego kosztu produktu.

Model LCCA D.G. Woodwarda [23] pozwala użytkownikowi oszacować koszty, jakie poniesie on w trakcie eksploatacji danego urządzenia. Podstawowymi składnikami determinującymi LCC są koszt zakupu, koszt nabycia, średnia długość życia, stopa dyskonta, koszty użytkowania i obsługi, koszty likwidacji, wiarygodność zgromadzonych informacji, a także niepewność i analiza wrażliwości. Metodologia przedstawiona przez tego autora obejmuje osiem kroków:

1. Określenie alternatywnych strategii eksploatacyjnych, a więc alternatywnych sposobów działania, w wyniku których chcemy osiągnąć pożądany stan systemu eksploatacji;
2. Określenie czynników wpływających na sposób użytkowania;
3. Zidentyfikowanie głównych czynników kosztotwórczych;
4. Ustalenie parametrów kosztowych (wskaźnika wykorzystania energii, oczekiwanego czasu działania pomiędzy uszkodzeniami - MTBF, oczekiwanego czasu do odnowy - MTTR, okresu czasu pomiędzy przeglądami, okresu czasu do obsługi planowej);
5. Obliczenie kosztów „na chwilę obecną”;
6. Uwzględnienie wpływu inflacji przy szacowanych kosztach;
7. Zdyskontowanie przyszłych wartości kosztów do ich wartości obecnej (metoda NPV), w celu uwzględnienia zmiany wartości pieniądza w czasie;
8. Sumowanie zdyskontowanych kosztów.

Sukces tej metody zależy przede wszystkim od dokładnych informacji niezbędnych do oszacowania kosztów eksploatacyjnych. To podejście do szacowania LCC sprzyja podejmowaniu długoterminowych decyzji zakupowych, gdyż kalkuluje całkowite koszty posiadania produktu.

Model LCCA P. Dahlena i G. Bolmsjo [7] jest modelem odnoszącym się wyłącznie do czynnika pracy ludzkiej (zasobów pracy). Ma on umożliwić kalkulację kosztów, ponoszonych podczas całego cyklu zatrudniania pracowników (od momentu ich rekrutacji do emerytury).

Pracodawca przyjmując pracownika do pracy ponosi koszty, które można podzielić na trzy kategorie:

- koszty zatrudnienia (np. koszty rekrutacji, koszty nadwyżki siły roboczej, koszty edukacji);
- koszty wynagrodzenia i obciążające wynagrodzenie (np. koszty ubezpieczeń społecznych, odpisów na Fundusz Pracy, Fundusz Gwarantowanych Świadczeń Pracowniczych i zakładowy fundusz świadczeń socjalnych);
- koszty środowiska pracy (np. koszty absencji, koszty odpraw emerytalnych i pośmiertnych, koszty związane z dodatkowym ubezpieczeniem pracowników na zabezpieczenie emerytalne, koszty niezdolności do pracy).

Cena jaką przyjdzie zapłacić pracodawcy za danego pracownika jest zatem wysoka. Skoncentrowanie uwagi na kosztach związanych z zatrudnieniem przy analizie systemu produkcyjnego poszerza obszar zastosowań metody LCC.

B. Bras i J. Emblemsvag [5] uważają, że bezpośrednią przyczyną powstawania kosztów nie są wytwarzane produkty, lecz wykonywane w przedsiębiorstwie działania. **Model rachunku kosztów działań (ABC)** w ujęciu cyklu życia jest dwuetapowym modelem rozliczania kosztów. W pierwszym etapie koszty są przypisywane do działań za pomocą nośników kosztów zasobów. W etapie drugim koszty przypisane do działań (pule kosztów) są rozliczne na obiekty kosztowe (produkty) za pomocą nośników kosztów działań [15]. Model ten jest skutecznym narzędziem w ocenie kosztów projektowania w cyklu życia produktu.

W. Eversheim, J. Neuhausen, M. Sesterhenn [10] przedstawili **model projektowania w granicach zadanego kosztu (DTC)**. Design to cost - optymalizacja kosztów projektu - polega na ukierunkowaniu projektowania na wykorzystanie już sprawdzonych rozwiązań zamiast nowych i unikaniu wszystkiego, co komplikuje produkcję. Kierowanie projektem odbywa się w zależności od ustalonych z góry kosztów projektu i wdrożenia do produkcji. Model bazuje na powiązaniu metodyki modelowania kosztów i metody dopasowania funkcji jakości (z ang. *Quality Function Deployment - QFD*), która w literaturze przedmiotu występuje także pod nazwą „dom jakości”. Metoda QFD pozwala przenosić wymagania klienta, poprzez proces projektowania i opracowywania technologii na produkcję wyrobów.

Model analizy kosztu cyklu życia produktu systemu produkcyjnego (PLCCA) został opracowany przez E. Westkämpera i D.v.d. Ostena-Sackena [22]. Model ma na celu oszacowanie kosztów cyklu życia dóbr kapitałowych (inwestycyjnych), np. maszyn, urządzeń. W modelu tym analizuje się poszczególne procesy występujące w cyklu życia produktu, tj. proces produkcyjny, proces użytkowania, proces likwidacji obiektu oraz proces recyklingu, i określa się koszty dla tych procesów.

Model oceny kosztów całkowitych (TCA) uwzględnia [14]:

- bezpośrednie koszty produkcji - wszystkie koszty, które można bezpośrednio rozliczyć na produkcję poszczególnych wyrobów (m.in. koszty kapitału oraz koszty użytkowania i obsługiwanie);
- pośrednie koszty produkcji, tj. koszty wydziałowe (np. koszty utrzymania w ruchu maszyn, koszty związane z kierowaniem wydziałami, koszty związane z bezpieczeństwem oraz higieną pracy, jak również koszty związane z kontrolą techniczną), koszty zarządu, koszty sprzedaży (np. koszty opakowań bezzwrotnych, które są użyte w celu zabezpieczenia wyrobów podczas transportu, koszty załadunku i wyładunku, ubezpieczeń, koszty reklamy związane ze sprzedażą wyrobów), koszty zakupu (np. koszty transportu, sortowania, załadunku i wyładunku określonych składników);
- koszty odpowiedzialności (kary, grzywny);

- wewnętrzne koszty niematerialne (np. lojalność klienta, wizerunek firmy, moralne pracowników);
- koszty zewnętrzne (społeczne) procesów produkcyjnych np. zanieczyszczenia powietrza, wody, gleby itp.

Celem tego modelu jest identyfikacja, wykazanie bezpośrednich powiązań między kosztami inwestycji a związanymi z ochroną środowiska potencjalnymi oszczędnościami w przyszłości. Zwraca się tu uwagę na bezpośrednie korzyści wynikające z oszczędności związanych z ochroną środowiska [13].

D. Senthil Kumaran i S.K. Ong [18] stworzyli *model ekologicznej analizy kosztów cyklu życia*, którego celem jest zmniejszenie całkowitych kosztów za pomocą przyjaznych środowisku rozwiązań w każdym etapie cyklu życia produktu. Model opiera się na strukturze podziału kosztów i wyodrębnia następujące kategorie eko-kosztów: koszty kontroli emisji i odpadów, koszty oczyszczania, koszty zagospodarowania odpadów, koszty związane z wprowadzeniem systemu zarządzania środowiskowego, koszty podatków ekologicznych, koszty ponownego wykorzystania, koszty energii oraz koszty oszczędności wynikające z wprowadzenia strategii recyklingu i ponownego wykorzystania. Nie ulega wątpliwości, że projektowanie ekologiczne wywiera duży wpływ na rozpoczęcie produkcji i umieszczenie produktu na rynku docelowym. Eko-projekt ma zapewnić zatem poprawę ekologiczności produktów w całym ich cyklu życia (dobór i zastosowanie surowców, produkcja, pakowanie, transport i dystrybucja, instalacja i konserwacja, użytkowanie, koniec przydatności do użycia) poprzez konsekwentne uwzględnianie aspektów ochrony środowiska na najwcześniejszych etapach projektowania produktów.

4. KLASYFIKACJA MODELI LCC

W literaturze spotkać można różne stanowiska w kwestii systematyki modeli LCC. Modele szacujące koszt cyklu życia można podzielić na kilka przykładowych grup.

- Biorąc jako podstawę odniesienia fazy cyklu życia produktu można wskazać:
- modele LCC dla faz przedprodukcyjnych,
 - modele LCC dla fazy produkcyjnej,
 - modele LCC dla fazy poprodukcyjnej.

Kolejnym kryterium klasyfikacji modeli LCC jest możliwość ich przyporządkowania obiektom kalkulacji, tj. określonym produktom. Według tego kryterium można wyróżnić:

- ogólne modele LCC,
- szczegółowe modele LCC.

W przeciwieństwie do ogólnych modeli kosztów cyklu życia, modele szczegółowe opracowane są do konkretnego urządzenia, maszyny czy systemu (np. samolot, silnik elektryczny, zasilacz impulsowy, samochód, system awioniki, radar ostrzegawczy itp.). W uogólnionych modelach LCC, głównymi składnikami są fazy życia bądź poszczególne koszty związane z użytkowaniem obiektu [8].

Innym ujęciem klasyfikacji modeli kosztów jest ich podział ze względu na formę opisu obiektu na:

- modele koncepcyjne
- modele analityczne,
- modele heurystyczne.

W modelu koncepcyjnym wyodrębnia się z opisu rzeczywistości elementy, określa ich cechy (atrybuty) oraz opisuje hipotetyczne założenia i związki między elementami systemu. Z kolei model analityczny to model oparty na hipotezach, sformułowanych w sposób matematyczny (w postaci równania), który skupia się na pewnych aspektach systemu. Bazują one na dostępnej wiedzy, dowodach, statystykach itp. Heurystyczne modele wykorzystują do szacowania kosztów opinie ekspertów oparte na intuicji i doświadczeniu [19].

Podział modeli LCC ze względu na metodę ich otrzymywania to kolejne kryterium ich klasyfikacji. Występuje wówczas podział na:

- parametryczne modele szacowania kosztu,
- analogiczne (porównawcze) modele szacowania kosztu,
- szczegółowe (inżynierskie) modele szacowania kosztu.

Parametryczne modele LCC opisują ściśle relacje między poszczególnymi kategoriami kosztu a strukturą podziału produktu. Zależności mają zwykle formę równań, w których, np. osobogodziny są przekształcane w koszty. Szacowanie kosztu odbywa na podstawie analizy regresji, która bazuje na kosztach historycznych i informacjach technicznych. W modelach szacujących koszty przez analogię, oszacowania kosztu oparte są na nabytym doświadczeniu z podobnymi wyrobami lub technologiami. W tych modelach stosuje się dane historyczne, uaktualnione w celu odzwierciedlenia eskalacji kosztu, efektów postępu technologicznego itp. Modele te są łatwo stosowane do komponentów wyrobu, w odniesieniu do których istnieje jakieś doświadczenie i aktualne dane. Z kolei w inżynierskich modelach szacowania kosztu, atrybuty kosztu dla poszczególnych elementów kosztu są szacowane bezpośrednio przez badania wyrobu, komponent po komponencie lub część po części. Często do opracowania kosztu każdego elementu i jego zależności z innymi elementami wykorzystywane są standardowo ustalone czynniki kosztów, np. rzeczywiste oszacowania inżynierskie i produkcyjne [9], [16].

Ze względu na obszar zainteresowań modele LCC można je pogrupować na:

- modele LCC szacujące koszty, ponoszone w całym cyklu życia produktu,
- modele LCC szacujące koszty, ponoszone w wybranych etapach cyklu życia,
- modele LCC szacujące koszty, ponoszone podczas całego cyklu zatrudnienia pracowników,
- modele ekologicznej analizy kosztów cyklu życia.

Kolejnym kryterium klasyfikacji modeli LCC jest cel, dla których zostały utworzone, tj.:

- modele optymalizacji kosztów w fazie projektowania,
- modele umożliwiające optymalizację niezawodności (również jej parametrów),
- modele zarządzania zapasami,
- modele planowania personelu zajmującego się obsługą,
- modele oceniające długość okresu gwarancji i in.

Zarówno w literaturze przedmiotu, jak i dostępnych opracowaniach spotkać można:

- modele analizy ekonomicznej – uwzględniające m.in. wartość pieniądza w czasie i skutki inflacji; zajmują się one oceną opłacalności podejmowanych decyzji inwestycyjnych,
- modele rachunku kosztów – opierają się na indywidualnym podziale kosztów, obejmującym koszty zasobów ludzkich i materiałowych; model jest sumą kolejnych składowych LCC,
- modele oceny kosztowej zależności (z ang. *Cost Estimation Relationships* – CERs), w których to formuła (równanie) matematyczna, wykorzystana jest do wyrażenia zależności funkcyjnej pomiędzy nośnikami kosztów a elementami, będącymi obiektami oszacowań.

Biorąc pod uwagę możliwość przypisania kosztów do osób, do których się odnoszą, można wyróżnić dwie kategorie modeli kosztów, tj. postrzeganych z perspektywy producenta, jak i konsumentów (użytkowników) produktów.

5. PODSUMOWANIE

W referacie podjęto próbę przedstawienia aktualnego stanu wiedzy na temat metodologii ustalania kosztów cyklu życia produktu. Scharakteryzowano najczęściej pojawiające się teoretyczne modele kosztów ujmujące cykl życia, a także – bazując na modelach LCC funkcjonujących już w praktyce - zaproponowano kilka kryteriów ich klasyfikacji. Z uwagi na to, że wyniki otrzymane z modelu LCC są szacunkami, to nigdy nie będą idealnie przystawały do rzeczywistości. Jednak te oszacowania kosztów potrzebne są w różnych celach, na różnych etapach cyklu życia.

Problemowe modele rachunku kosztów nie nadają się do wykorzystania w celach ewidencyjno - sprawozdawczych, są jednakże doskonałymi narzędziami wyznaczania i realizacji założeń planistycznych, kontrolnych i decyzyjnych. Wydaje się zatem bezsporne, że badania zmierzające do opracowania ujednoczonych zasad ustalania kosztów LCC są zasadne, z dużymi perspektywami na przyszłość.

LITERATURA

- [1] Asiedu Y., Gu P.: *Product life cycle cost analysis: state of the art review*. International Journal of Production Research, vol. 36, no. 4, pp. 883-908, 1998.
- [2] Barringer H.P., Weber D.P.: *Life Cycle Cost Tutorial*. Fifth International Conference on Process Plant Reliability, 2-4 October 1996, Houston, Texas.
<http://www.barringer1.com/pdf/lcctutorial.pdf> (12. 11.2009 r.)
- [3] Blanchard B.S., Fabrycky W.: *Life-Cycle Cost and Economic Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs: NJ, 1991.
- [4] Blanchard B.S.: *Logistics Engineering and Management*. Pearson Education International, Upper Saddle River, NJ, 2004.
- [5] Bras B., Emblemsvag J.: *Designing for the Life Cycle: Activity Based Costing and Uncertainty, Design for X, Concurrent Imperatives*. Chapman & Hall, London, pp. 398-423, 1996.
- [6] Chaberek M.: *Makro- i mikroekonomiczne aspekty wsparcia logistycznego*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2002.
- [7] Dahlen P., Bolmsjo G.S.: *Life Cycle Costing Analysis of the labor factor*. International Journal of Production Economics, vol. 467, pp. 459-467, 1996.
- [8] Dhillon, B.S.: *Life Cycle Costing - Techniques, Models and Applications*. Gordon and Breach, New York, 1989.
- [9] Dinesh Kumar U., *Total Cost of Ownership (TCO) and Life Cycle Cost Models*. [W:] *Tutorials on Life Cycle Costing and Reliability Engineering*.
<http://irastimes.org/lcc.pdf> (12. 11.2009 r.).
- [10] Eversheim W., Neuhausen J., Sesterhenn M.: *Design-to-Cost for Production Systems*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, vol. 47, issue 1, pp. 357-360, 1998.
- [11] Gupta, Y.P.: *Life Cycle Cost Models and Associated Uncertainties* in Skwirzynski, J. K. (Ed.), *Electronic Systems Effectiveness and Life Cycle Costing*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 535-549, 1983.
- [12] Kriwet A., Zussman E., Seliger G.: *Systematic Integration of Design-for-Recycling into Product Design*. International Journal Production Economics, vol. 38, issue 1, pp. 15-22, 1995.
- [13] Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M.: *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.

- [14] Pacific NW Pollution Prevention Resource Center (PPRC): *Report on the Analysis of Pollution Prevention and Waste Minimization Opportunities Using Total Cost Assessment: A Case Study in the Electronics Industry*. PPRC, Seattle, WA, 1997.
- [15] Piechota R.: *Projektowanie rachunku kosztów działań – Activity Based Costing*. Difin, Warszawa 2005.
- [16] Polski Komitet Normalizacyjny (PKN): PN-EN 60300-3-3: *Zarządzanie niezawodnością. Część 3-3: Przewodnik zastosowań. Szacowanie kosztu cyklu życia*. 2005.
- [17] Roy R., Kelvesjo S., Forsberg S., Rush Ch.: *Quantitative and qualitative cost estimating for engineering design*. Journal of Engineering Design, vol. 12, no. 2, pp. 147-162, 2001.
- [18] Senthil Kumaran D., Ong S.K.: *Environmental life cycle cost analysis of products*. Environmental Management and Health, vol. 12, no. 3, pp. 260-267, 2001.
- [19] Sherif, Y.S., Kolarik, W. J.: *Life Cycle Costing: Concept and Practice*. OMEGA, The International Journal of Management Science, vol. 9, no. 3, pp. 287 – 296, 1981.
- [20] Sojak S., Józwiak H.: *Rachunek kosztów docelowych*. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004.
- [21] Świdorski M.: *Analiza LCC (Life Cycle Cost Analysis) narzędziem wspomagającym ocenę projektów inwestycyjnych związanych z techniką pompową*. IX Forum Użytkowników Pomp, Szczyrk 2003.
http://www.ksb.com/ksb/web/PL/pl/company/ksb__polen/5__publications/analiza_20LCC__do_wnobject,property=file.pdf (12. 11.2009 r.)
- [22] Westkämper E., Osten-Sackena D.v.d.: *Product Life Cycle Costing Applied to Manufacturing Systems*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, vol. 47, issue 1, pp. 353-356, 1998.
- [23] Woodward D.G.: *Life cycle costing – theory, information acquisition and application*. International Journal of Project Management, vol. 15, no. 6, pp. 335-344, 1997.

LIFE CYCLE COSTING MODELS: LITERATURE REVIEW

Abstract

The article presents the issues of product life cycle costing. Based on information available in the domestic and foreign literature, life cycle cost models are characterized, then the areas of their application are identified. As a result, several criteria for the classification of these models are proposed. Moreover, the importance of analysis and evaluation of life cycle cost method is investigated.

Key words: life cycle cost (LCC), LCC models