

**Jarosław SELECH, Przemysław KURCZEWSKI**  
Politechnika Poznańska

## **LIFE CYCLE COSTING (LCC) JAKO NOWOCZESNY MODEL ZARZĄDZANIA KOSZTAMI CYKLU ŻYCIA NA PRZYKŁADZIE OBIEKTÓW TECHNICZNYCH**

### **Słowa kluczowe**

Rachunek kosztów cyklu życia produktu, zarządzanie kosztami, zarządzanie cyklem życia.

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono koncepcję LCC (Life Cycle Costing) wspomagającą ocenę projektu inwestycyjnego związanego z budową i eksploatacją obiektu technicznego, jakim jest chłodziarko-zamrażarka model Gram kf320. Scharakteryzowano metodykę postępowania oraz podano model analizy kosztu cyklu życia. W metodyce LCC uwzględniono podział kosztów na koszty ponoszone przez producenta w fazie przedprodukcyjnej, produkcyjnej i poprodukcyjnej. W tej ostatniej koszty podzielono na koszty ponoszone przez producenta, jak i przez konsumenta wynikające z eksploatacji urządzenia.

### **1. Metodyka**

Analiza LCC jest połączeniem aspektów ekonomicznych i technicznych ocenianego projektu w prognozowanym czasie jego trwania. Polska Norma PN-EN 60300-3-3 definiuje LCC jako „łączny koszt ponoszony w cyklu życia wyrobu” [1].

Na ogół łączne koszty ponoszone na wymienionych wyżej etapach można podzielić na koszty nabycia, koszty posiadania i koszty likwidacji [2].

$$LCC = \text{Koszt}_{\text{nabycia}} + \text{Koszt}_{\text{posiadania}} + \text{Koszt}_{\text{likwidacji}} \quad (1)$$

Wśród kosztów cyklu życia produktu można wyróżnić następujące kategorie:

- koszty badań i rozwoju,
- koszty konstruowania i produkcji,
- koszty wsparcia procesu produkcji i eksploatacji produktu,
- koszty wycofania produktu z rynku.

Koszty badań i rozwoju obejmują koszty planowania produktu, prowadzenia prac badawczych, dokumentacji projektowej, oprogramowania, przeprowadzania testów produktów i ich oceny.

Koszty konstruowania i produkcji są związane z opracowaniem najkorzystniejszego projektu wyrobu i sekwencji procesów wytwórczych niezbędnych do wytworzenia oraz montażu poszczególnych części produktu. Obejmują one koszty zarządzania procesem konstruowania i wytwarzania produktu, analizy technologii przemysłowej i operacji produkcyjnych, prac konstrukcyjnych, wytwarzania i kontroli jakości [3].

Koszty wsparcia procesu produkcji i eksploatacji produktu obejmują m.in. koszty dystrybucji (marketingu, sprzedaży, transportu, zarządzania sprzedażą i przemieszczaniem produktów) i serwisu dla konsumentów. Koszty użytkowania produktu i obsługi serwisowej odgrywają coraz większą rolę dla nabywców, gdyż mogą kilkakrotnie przekraczać cenę nabycia produktu [4].

Koszty wycofania produktu z rynku są związane przede wszystkim z jego wpływem na środowisko naturalne (demontaż, utylizacja) i mogą stanowić znaczącą część całego LCC. Ogólna formuła obliczeniowa kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo w całym cyklu życia produktu  $K_c$  może przyjąć następującą postać:

$$K_c = K_{br} + K_w + K_{so} + K_z \quad (2)$$

gdzie:

- $K_{br}$  – koszty badań i rozwoju,
- $K_w$  – koszty wytworzenia poniesione w całym cyklu życia produktu,
- $K_{so}$  – koszty sprzedaży i ogólnego zarządu poniesione w całym cyklu życia produktu,
- $K_z$  – koszty zakończenia produkcji [4].

Przy obliczaniu rachunku kosztów cyklu życia produktu bardzo ważne jest, aby przy podejmowaniu decyzji uwzględnić ryzyko i możliwy zakres zmiany wyników LCC. Niepewność obliczeń analizy uzależniona jest od poszczególnych etapów cyklu życia, w których są wykonywane. Punktem wyjścia jest za-

łożenie, że 80% kosztów jest przesądzonych na etapie rozwoju i projektowania[5].

## 2. Analiza kosztów cyklu życia (LCC) chłodziarko-zamrażarki

W ocenie kosztów cyklu życia badanej chłodziarko-zamrażarki założono, iż wykorzystana zostanie metoda szacowania kosztów przez analogię z uwzględnieniem etapów cyklu życia. Natomiast dane potrzebne do obliczeń szacowane będą na podstawie danych historycznych dostępnych dla podobnych modeli chłodziarko-zamrażarek wycofanych już z produkcji, z uwzględnieniem inflacji [6]. Założono również, że tok postępowania dla obliczeń analitycznych przyjmie następujący zakres oraz formę:

- określenie struktury kosztów,
- ustalenie kosztów dla poszczególnych kategorii struktury kosztów,
- analiza LCC z punktu widzenia producenta,
- analiza LCC z punktu widzenia użytkownika.

Zilustrowany w niniejszej pracy model LCC oparty został na trzech głównych fazach cyklu życia (zgodnie z nomenklaturą przyjętą dla metody LCC mówi się o fazach, a nie etapach cyklu życia), a LCC obliczono przez dodanie różnych kosztów uzyskanych w poszczególnych fazach. Dodatkowym elementem opisu jest podział LCC na koszty ponoszone przez producenta wyrobu oraz jego nabywców. W analizie wykorzystano metodę szacowania kosztów przez analogię. Ponadto porównywano koszty z danymi historycznymi dostępnymi dla podobnych modeli chłodziarko-zamrażarek wycofanych już z produkcji z uwzględnieniem inflacji.

Dla rozpatrywanego przykładu założono czteroletni cykl produkcyjny, przy prognozowanej wielkości sprzedaży w kolejnych latach: 2000 szt., 4000 szt., 6000 szt., 4000 szt.

Ocena kosztów cyklu życia oparta została na podziale kosztów ponoszonych w fazach:

- przedprodukcyjnej,
- produkcyjnej,
- poprodukcyjnej.

Sumaryczny koszt opisuje wzór:

$$LCC = C_{pp} + C_{pr} + C_d \quad (3)$$

gdzie:

$LCC$  – ocena kosztów cyklu życia,

$C_{pp}$  – koszt fazy przedprodukcyjnej,

$C_{pr}$  – koszt fazy produkcyjnej,

$C_d$  – koszt fazy poprodukcyjnej (demontaż i utylizacja).

### **Koszty fazy przedprodukcyjnej**

Ocena kosztów cyklu życia to ujęcie kosztów ponoszonych od zrodzenia się koncepcji, poprzez produkcję aż do wycofania produktu z rynku. W fazie przedprodukcyjnej zostają poniesione koszty początkowe inwestycji oraz koszt montażu i rozruchu.

$$C_{pp} = C_{ic} + C_{in} \quad (4)$$

gdzie:

- $C_{pp}$  – koszt fazy przedprodukcyjnej,
- $C_{ic}$  – koszt początkowy inwestycji,
- $C_{in}$  – koszt montażu i rozruchu.

Zestawienie kosztów fazy przedprodukcyjnej obrazuje tab. 1.

Tabela 1. Koszty fazy przedprodukcyjnej

Rodzaj kosztu	Wartość zł
Koszt początkowy inwestycji	390 980 zł
Koszt montażu i rozruchu	121 000 zł

Tak więc łączny koszt fazy przedprodukcyjnej to 511 980 zł, w którym 76% to koszt początkowy inwestycji.

### **Koszty fazy produkcyjnej**

Faza produkcyjna obejmuje 4 lata wytwarzania badanych chłodziarko-zamrażarek. W czasie całego cyklu produkcyjnego zostaje wytworzonych 16 000 lodówek. Łączny koszt ponoszony w tej fazie przyjmuje postać następującego równania:

$$C_{pr} = C_e + C_{st} + C_z \quad (6)$$

gdzie:

- $C_{pr}$  – koszt fazy produkcyjnej,
- $C_e$  – koszt energii,
- $C_{st}$  – koszty stałe,
- $C_z$  – koszty zmienne.

Koszty fazy produkcyjnej wynoszą łącznie 9 791 680,00 zł. Największy udział w nich mają koszty stałe. Koszty energii i koszty zmienne mają zbliżoną do siebie wielkość. Mają one jednocześnie procentowo niewielki udział w kosztach produkcyjnych, jednak są istotne dla obliczeń *LCC*, gdyż wywierają wpływ na końcowy wynik analizy.

Tabela 2. Koszty fazy produkcyjnej

Rodzaj kosztu	Wartość zł
Koszt energii	29 959,20
Koszty stałe	9 732 403,80
Koszty zmienne	29 317,00

Korzystając ze wzoru 6, otrzymano:

$$C_{pr} = 29\,959,20 + 9\,732\,403,80 + 29\,317 \quad (7)$$

$$C_{pr} = 9\,791\,680,00 \text{ zł}$$

### Koszty fazy demontażu

Ostatnim etapem cyklu życia w myśl założeń metody *LCC* jest faza poprodukcyjna. Następuje zaprzestanie produkcji i w konsekwencji wprowadzania nowych produktów na rynek. Zostają poniesione koszty demontażu i utylizacji. W przeprowadzanej analizie *LCC* koszt ten został oszacowany na podstawie danych opracowanych przez firmę zajmującą się demontażem i utylizacją m.in. zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Koszty demontażu i utylizacji chłodziarko-zamrażarki są równe:

$$C_d = C_{dt} + C_{dp} + C_{du}, \quad (8)$$

gdzie:

- $C_d$  – koszt demontażu i utylizacja,
- $C_{dt}$  – koszt transportu z marżą przewoźnika,
- $C_{dp}$  – koszt przetwarzania (po odjęciu przychodów ze sprzedaży surowców),
- $C_{du}$  – koszt utylizacji materiałów niebezpiecznych.

Tabela 3. Koszty demontażu i utylizacji

Rodzaj kosztu	Wartość zł
Koszt transportu z marżą przewoźnika	166 400
Koszt przetwarzania (po odjęciu przychodów ze sprzedaży surowców)	158 400
Koszt utylizacji materiałów niebezpiecznych	25 600

Korzystając ze wzoru 8:

$$C_d = 166\,400 + 158\,400 + 25\,600 \quad (9)$$

$$C_d = 350\,400 \text{ zł}$$

otrzymano całkowity koszt demontażu i utylizacji w wysokości 350 400 zł. Koszt ten został pomniejszony o przychody ze sprzedaży surowców pochodzących z demontażu chłodziarko-zamrażarki. Ich przykładowe wartości rynkowe to: miedź – ok. 14 zł/kg, aluminium – 3,40 zł/kg, cynk – 2 zł/kg.

Szczegółowe dane dotyczące kosztów poniesionych w poszczególnych fazach podano w tabeli 4.

Tabela 4. Rachunek kosztów cyklu życia łodówek

RACHUNEK KOSZTÓW CYKLU ŻYCIA ŁODÓWEK							
Faza cyklu życia	Faza przed-produkcyjna	Faza produkcyjna				Faza poprodukcyjna	RAZEM
Rok	0	1	2	3	4	5	
Produkcja w szt.		2 000	4 000	6 000	40 000		16000
PRZYCHODY ZE SPRZEDAŻY		4 996 000	9 992 000	14 988 000	9 920 000		<b>39 824 000</b>
KOSZT POCZĄTKOWY INWESTYCJI	390 980						<b>390 980</b>
Koszty projektowania	26 400						26 400
Koszty badań rynku	7 500						7 500
Koszt zakupu urządzeń i oprogramowania	230 000						230 000
Koszt analizy ryzyka	5 280						5 280
Koszt analizy wpływu na środowisko	15 000						15 000
Koszt opracowania logistyki	4 400						4 400
Koszt dostosowania linii technologicznej	64 000						64 000
Koszt sprzętu rezerwowego	32 000						32 000
Koszt związany z organizacją i odzyskiem	6 400						6 400
KOSZT MONTAŻU I ROZRUCHU	121 000						121 000
Koszt montażu urządzeń podstawowych	60 000						60 000
Koszt urządzeń pomocniczych	40 000						40 000
Koszt szkolenia personelu (wstępnego)	15 000						15 000
Koszt opracowania instrukcji obsługi	3 000						3 000
Koszt oceny przy wykonaniu	3 000						3 000
KOSZT ENERGII		<b>7 489,80</b>	<b>7 489,80</b>	<b>7 489,80</b>	<b>7 489,80</b>		<b>29 959,20</b>
KOSZTY STAŁE		<b>2 433 100,95</b>	<b>2 433 100,95</b>	<b>2 433 100,95</b>	<b>2 433 100,95</b>		<b>9 732 403,80</b>
Koszty pracownicze		247 080,00	247 080,00	247 080,00	247 080,00		<b>988 320,00</b>
*koszt wynagrodzeń		198 280,00	198 280,00	198 280,00	198 280,00		793 120,00
* koszt ubezpieczeń społecznych		48 800,00	48 800,00	48 800,00	48 800,00		195 200,00
Koszty materiałów/surowców		1 223 960,83	1 223 960,83	1 223 960,83	1 223 960,83		<b>4 895 843,32</b>
Koszty wymiany sprzętu		5 040,00	5 040,00	5 040,00	5 040,00		<b>20 160,00</b>
Koszty transportu		80 000,00	80 000,00	80 000,00	80 000,00		<b>320 000,00</b>
Koszty opłat za licencje, koncesje, patenty		36 080,00	36 080,00	36 080,00	36 080,00		<b>144 320,00</b>
Koszt ubezpieczenia i podatki		15 840,00	15 840,00	15 840,00	15 840,00		<b>63 360,00</b>
Amortyzacja		113 000,00	113 000,00	113 000,00	113 000,00		<b>452 000,00</b>
Koszt strat w produkcji		24 000,00	24 000,00	24 000,00	24 000,00		<b>96 000,00</b>
*koszt utraconych korzyści		12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00		48 000,00
*koszt ponownego uruchomienia		12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00		48 000,00
Pozostałe koszty stałe		688 100,119	688 100,119	688 100,119	688 100,119		<b>2 752 400,48</b>
KOSZTY ZMIENNE		<b>6598</b>	<b>13842</b>	<b>4391</b>	<b>4486</b>		<b>29 317,00</b>
Koszt okresowych szkoleń pracowniczych			10000				<b>10 000,00</b>
Koszt przerw		4523	2897	2961	3656		<b>14 037,00</b>
Koszt napraw gwarancyjnych		960	620	1430	830		3 840,00
Kary i grzywny		1115	325				1 440,00

KOSZT DEMONTAŻU I UTYLIZACJI						350 400	350 400,00
Koszt transportu z marżą przewoźnika						166 400	166 400,00
Koszt przetwarzania (po odjęciu przychodów ze sprzedaży surowców)						158 400	158 400,00
Koszt utylizacji materiałów niebezpiecznych						25 600	25 600,00
KOSZTY OGÓŁEM							10 654 060,00

Tabela 5. Koszty cyklu życia chłodziarko-zamrażarek w poszczególnych fazach

Rodzaj kosztu	Wartość
C <sub>pp</sub>	511 980
C <sub>pr</sub>	9 791 680
C <sub>d</sub>	350 400

$$LCC = 511\,980 + 9\,791\,680 + 350\,400 \quad (10)$$

$$LCC = 10\,654\,060,00$$

Z przeprowadzonej analizy wynika, że 92% ponoszonych kosztów to koszty pochodzące z fazy produkcyjnej. Początkowy etap to 5% wszystkich wydatków, natomiast faza poprodukcyjna pochłania również 3% wszystkich kosztów.

### *Koszty fazy eksploatacyjnej*

Przeprowadzona do tego miejsca analiza *LCC* nie obejmuje kosztów fazy eksploatacji. Koszty te zostają poniesione przez użytkownika i nie obciążają bezpośrednio wytwórcy. Dla uwzględnienia ich niezbędne jest wcześniejsze określenie kosztów cyklu życia ponoszonych przez konsumenta. *LCC* dla nabywcy badanej chłodziarko-zamrażarki jest równe:

$$LCCN = C_n + C_p \quad (11)$$

gdzie:

*LCCN* – cena kosztów cyklu życia przez użytkownika,

*C<sub>n</sub>* – koszt nabycia,

*C<sub>p</sub>* – koszt posiadania.

Koszt nabycia jest to kwota, jaką musi zapłacić konsument przy zakupie chłodziarko-zamrażarki. Jest to dla niego koszt początkowy. Cena badanej chłodziarko-zamrażarki to kwota 1600 zł. Po dokonaniu zakupu użytkownik rozpoczyna eksploatację. Na tym etapie zostają ponoszone koszty energii i użytkowania:

$$C_p = C_e + C_u \quad (12)$$

gdzie:

$C_e$  – koszt energii,

$C_u$  – koszt użytkowania.

Badana chłodziarko-zamrażarka zużywa rocznie ok. 253 kWh. Uwzględniając cenę za pobór energii na poziomie 0,36zł/kWh oraz przyjmując 15 lat użytkowania, koszt energii wynosi 910,80 zł. Do kosztów użytkowania należą też koszty czyszczenia oraz wszelkie naprawy dokonywane po okresie gwarancyjnym. W ciągu 15 lat konsument podczas czyszczenia zużywa 120 l ciepłej wody oraz 600 ml detergentu, a także wymienia 3 razy czynnik chłodzący R600. Przeliczając to na koszty, otrzymano: koszt zużycia wody – 1,55 zł, koszt detergentu – 4 zł, koszt naprawy (stawka serwisanta + dojazd) – 270 zł, czyli koszt użytkowania chłodziarko-zamrażarki w okresie 15 lat wynosi 275,55, natomiast całkowity koszt posiadania to 1186,35 zł.

$$\begin{aligned} C_p &= 910,80 + 275,55 \\ C_p &= 1\,186,35 \text{ zł} \end{aligned} \quad (13)$$

Analiza *LCC* badanej chłodziarko-zamrażarki przeprowadzona z punktu widzenia jej użytkownika prowadzi do następującego wyliczenia całkowitego kosztu:

$$\begin{aligned} LCCN &= C_n + C_p \\ LCCN &= 1\,600 + 1\,186,35 \\ LCCN &= 2\,786,35 \text{ zł} \end{aligned} \quad (14)$$

W prezentowanym przypadku założono, że koszt demontażu i utylizacji to koszt, który ponosi wytwórca. Istnieją jednak sytuacje, w których koszt ten ponosi użytkownik. Jest to kwota 60 zł za chłodziarko-zamrażarkę. Uwzględniając koszt demontażu i utylizacji, określono:

$$LCCN = C_n + C_p + C_d \quad (15)$$

gdzie:

$LCCN$  = ocena kosztów cyklu życia użytkownika lodówki,

$C_n$  = koszt nabycia,

$C_p$  = koszt posiadania,

$C_d$  = koszt demontażu.

Z powyższego wzoru wynika całkowity koszt cyklu życia ponoszony przez użytkownika. Wynosi on:

$$\begin{aligned} LCCN &= 1\,600 + 1\,185,36 + 60 \\ LCCN &= 2\,845,36 \text{ zł} \end{aligned} \quad (16)$$



Ocena kosztu cyklu życia chłodziarko-zamrażarki z uwzględnieniem kosztu końcowego zagospodarowania daje kwotę 2845,36 zł, przy czym koszt nabycia to 56% całej kwoty.

## Wnioski

Każdy projekt inwestycyjny wymaga oceny jego opłacalności przez przedsiębiorstwo. Aby tego dokonać, należy rozważyć minimum dwa alternatywne warianty rozwiązania [5]. Rozwiązania te z reguły będą się wzajemnie wykluczały, tzn. przyjęcie jednego z nich odrzuca możliwość przyjęcia pozostałych. W rozpatrywanym przypadku kluczowymi czynnikami wpływającymi na ostateczną wielkość kosztów *LCC* były koszty poniesione w fazie produkcyjnej. Stanowią one 92% wszystkich ponoszonych kosztów. Faz przedprodukcyjna to 5% wszystkich wydatków, natomiast faza poprodukcyjna stanowi ok 3% wszystkich kosztów.

Z punktu widzenia klienta produkt jest całościowym pakietem korzyści, osiągniętych podczas jego używania. Poza ceną zakupu klient ponosi także koszty eksploatacji oraz serwisu. W rozpatrywanym przypadku w 15-letnim okresie użytkowania koszty te wyniosły 56% ceny zakupu urządzenia. Zatem firma zorientowana na klienta powinna ustalać swoje ceny zgodnie z postrzeganymi przez klientów korzyściami i kosztami. Aby ustalić cenę, sprzedawca musi zrozumieć zarówno postrzegane przez klienta korzyści, jak i inne niż cena koszty. Klienci porównują korzyści związane z zakupem z kosztami, jakie muszą ponieść; kiedy relacje między korzyściami i kosztami są dla rozważanego produktu najlepsze, klient jest skłonny nabyć produkt.

## Bibliografia

1. Polska Norma PN-EN 60300-3-3 Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Szacowanie kosztu cyklu życia, PKN listopad 2006, s. 11.
2. Świdorski M.: Analiza LCC (Life Cycle Cost Analysis) narzędziem wspomagającym ocenę projektów inwestycyjnych związanych z techniką pompą. IX forum użytkowników pomp. Szczyrk 1–3 października 2003.
3. Asiedu Y., Gu P.: Product life cycle cost analysis: state of the art review, *International Journal of Production Research*, 1998, r. 36, nr 4, s. 883.
4. Woodward D.G.: „Life cycle costing-theory, information acquisition and application”, *International Journal of Project Management*, Vol. 15, No. 6 (1997).
5. Nowak E., Piechota R., Wierzbiński M.: *Rachunek kosztów w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, PWE, Warszawa 2004, s. 101.

6. Kurczewski P., Lewandowska A.: Zasady prośrodowiskowego projektowania obiektów technicznych dla potrzeb zarządzania ich cyklem życia. Wyd. KMB DRUK, Poznań 2008.

Recenzent:  
**Krzysztof SZEWCZAK**

### **Life Cycle Costing (LCC) known as modern model of life cycle cost management based on example of technical object**

#### **Key words**

Life cycle costing, product life-cycle, cost management, life cycle management.

#### **Summary**

LCC (Life Cycle Costing) supporting evaluation of the investment project for construction and operation of the technical object such as a fridge-freezer model kf320 Gram was presented. The proceedings methodology and the model life cycle cost analysis were given. The LCC methodology takes into account the allocation of costs to the costs borne by the manufacturer in pre-production, production and post-production. The post-production costs were divided into costs generated by the producer and the consumer resulting from the operation of the device.