

**A. NAUKA TRANSPORTOWA**

**A.16. EKONOMIKA TRANSPORTU**

**A.16.2 OCENA EFEKTYWNOŚCI INWESTYCJI TABOROWYCH  
W TRANSPORCIE SZYNOWYM**

Prof. Maciej Szkoda

Praca dotyczy problemu oceny efektywności inwestycji taborowych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zastosowanie analizy kosztu cyklu istnienia LCC (Life Cycle Cost) jako rekomendowanego narzędzia służącego do oceny alternatywnych wariantów. Przedsięwzięcia inwestycyjne związane z kształtowaniem potencjału przewozowego na drodze zakupu, modernizacji lub podwyższenia efektywności procesu eksploatacji środków transportu należą do podstawowych obszarów strategii przedsiębiorstw transportowych (przewoźników kolejowych, miejskich przedsiębiorstw transportowych).

**1. Inwestycje taborowe w transporcie szynowym**

Podział inwestycji w transporcie szynowym umożliwia wyodrębnienie inwestycji: infrastrukturalnych i taborowych. Istotne różnice między tymi rodzajami inwestycji dotyczą: podmiotów odpowiedzialnych za podjęcie decyzji o inwestycji, źródeł finansowania, okresu realizacji oraz okresu eksploatacji obiektu który jest celem inwestycji. Rozważania w niniejszej pracy odnoszą się do inwestycji taborowych, które związane są z podstawowym problemem przedsiębiorstw transportowych jakim jest pozyskanie lub dostęp do środków transportu, stanowiących tzw. potencjał przewozowy. Potencjał przewozowy w ujęciu ogólnym można traktować jako zbiór zasobów technicznych, organizacyjnych i finansowych umożliwiających realizację potrzeby transportowej w zakresie przemieszczania pasażerów lub ładunków. Inwestycje taborowe w transporcie szynowym charakteryzują się:

- koniecznością wygospodarowania znaczących nakładów finansowych,
- długim okresem eksploatacji (inwestycje długoterminowe),
- dużym udziałem inwestycji modernizacyjnych,
- decyzje inwestycyjne są podejmowane przez indywidualne przedsiębiorstwa transportowe,
- znacznym wpływem na otoczenie zewnętrzne, w szczególności na środowisko naturalne.

Przedstawione czynniki mają istotny wpływ na dobór odpowiednich metod oceny efektywności. Środki transportu szynowego charakteryzują się długim okresem eksploatacji, przekraczającym 30 lat. Cecha ta powoduje konieczność prognozowania złożonego zbioru zmiennych obejmującego takie wielkości ekonomiczne, jak nakłady, koszty i korzyści w bardzo odległych okresach czasu. Długi okres eksploatacji decyduje o relatywnie długim ekonomicznym cyklu istnienia inwestycji taborowych oraz wpływa na:

- określenie długości okresu obliczeniowego, który powinien obejmować cały ekonomiczny cykl istnienia inwestycji,
- konieczność szacowania strumieni pieniężnych w perspektywie kilkudziesięciu lat (w zależności od typu pojazdu),
- konieczność uwzględnienia w rachunku zmiennej wartości pieniądza w czasie,
- konieczność uwzględnienia ryzyka wnikającego z niepewności prognoz w długim czasie.

Zasada właściwego wykorzystania posiadanych zasobów poprzez szeroko pojętą rewitalizację, modernizację i optymalizację procesu eksploatacji, powinna być realizowana razem z oceną efektywności podejmowanych działań. Zapewnienie wysokiej efektywności

przedsięwzięć związanych z pozyskaniem i utrzymaniem środków transportu, ma priorytetowe znaczenie dla funkcjonowania przedsiębiorstw transportowych.

## **2. Metody oceny efektywności inwestycji taborowych**

Ocena efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych związanych z zakupem środków transportu szynowego ma charakter rachunku względnego, mikroekonomicznego – wykonywanego z punktu widzenia konkretnego przedsiębiorstwa (przewoźnika, producenta, wykonawcy modernizacji), który ponosi określone nakłady inwestycyjne na zakup lub modernizację taboru, koszty eksploatacyjne oraz korzyści z realizowanych usług transportowych. Przeprowadzenie wiarygodnej oceny efektywności wymaga porównania kilku wariantów inwestycji, które odpowiadają konkretnym rozwiązaniom technicznym. Wybór opracowanych dotąd i stosowanych w praktyce metod badań efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych zależy od indywidualnych cech przedsięwzięcia. Do oceny efektywności przedsięwzięć taborowych mogą być zastosowane następujące metody:

- analiza korzyści-kosztów (ang. Cost-Benefit Analysis),
- analiza kosztu cyklu istnienia (ang. Life Cycle Cost Analysis).

Są to metody rekomendowane w międzynarodowych normach i standardach, m.in.: w karcie UIC 345 Environmental specifications for new rolling stock, w normie PN-EN 60300-3-3:2017 Zarządzanie niezawodnością. Część 3-3: Przewodnik zastosowań - Szacowanie kosztu cyklu życia, zalecane przez Bank Światowy i Organizację Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju Przemysłowego (UNIDO).

Ocena efektywności z wykorzystaniem analizy korzyści-kosztów reprezentuje ekonomiczne podejście od oceny efektywności. Posiada bogaty dorobek teoretyczny, jak również szereg rozwiązań praktycznych. Opis teoretyczny analizy korzyści-kosztów można znaleźć w obszernej literaturze dotyczącej tego tematu między innymi w pracach [1-8].

## **3. Analiza kosztu cyklu istnienia w ocenie inwestycji taborowych**

Na podstawie doświadczeń zdobytych podczas realizacji prac badawczo-rozwojowych związanych z kształtowaniem potencjału przewozowego stwierdzono, że w ocenie efektywności inwestycji taborowych szczególne znaczenie ma analiza kosztu cyklu istnienia. Środki transportu szynowego (tabor kolejowy, tramwaje, pojazdy metra) należą bowiem do złożonych obiektów technicznych, charakteryzujących się wysokimi kosztami zakupu, eksploatacji oraz długim okresem użytkowania, dla których zbiór parametrów opisujących cykl istnienia jest bardzo obszerny i zróżnicowany. Jedną z najważniejszych cech pojazdów szynowych jest niezawodność traktowana jako charakterystyka kompleksowa obejmująca takie własności pojazdu jak: nieuszkodzalność, gotowość, podatność na utrzymanie i bezpieczeństwo (z ang. Reliability, Availability, Maintainability and Safety w skrócie RAMS). Stosowane powszechnie metody oceny efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych nie w pełni umożliwiają uwzględnienie niezawodności środków transportu. Miarą, która je uwzględnia jest koszt cyklu istnienia (LCC). LCC są to koszty całościowe obejmujące pełny cykl istnienia pojazdu - od powstania koncepcji do jego likwidacji i zawierają dwa podstawowe zbiory danych dotyczące kosztów nabycia i kosztów eksploatacji. W analizie efektywności przedsięwzięć związanych z zakupem lub modernizacją środków transportu szynowego, niewystarczająca jest ocena kosztów nabycia, lecz niezbędne jest podejście zorientowane na LCC, obejmujące koszty eksploatacji (utrzymania i użytkowania). Przeprowadzone prace wykazały, że udział kosztów eksploatacji przekracza 60% w kosztach całkowitych, stanowiąc zasadniczą część LCC. Wykonane prace badawcze wskazują również na konieczność uwzględnienia w modelu LCC środków transportu szynowego kosztów zużycia energii, a w przypadku pojazdów o konwencjonalnym napędzie spalinowym kosztów paliwa oraz kosztów oddziaływania na środowisko. Eksploatacyjne zużycie paliwa jest wielkością

wyjściową służącą do wyznaczenia zużycia energii przez pojazd zasilany silnikiem spalinowym, a w pewnych przypadkach może być wykorzystane do wyznaczenia kosztów emisji CO<sub>2</sub> oraz kosztów emisji zanieczyszczeń w okresie eksploatacji pojazdu.

#### **4. Uwarunkowania formalno-prawne związane z analizą LCC**

Analiza kosztu cyklu istnienia, jako narzędzie służące do oceny alternatywnych rozwiązań, jest w wielu państwach instrumentem wymaganym prawnie przy realizacji nowych inwestycji, rozpisywaniu przetargów na wykonanie lub dostawę obiektów technicznych najczęściej o dużej wartości początkowej i długim okresie trwałości. Do takich należą środki transportu szynowego. W ostatnich latach również w Polsce dostrzega się powolne odejście od ceny zakupu jako jedyne kryterium wyboru oferenta. Z przetargów na dostawy taboru szynowego jakie odbyły się w ostatnich latach można zauważyć, że zamawiający stopniowo uwzględniają parametry techniczne, niezawodność oraz koszty utrzymania pozyskiwanych pojazdów.

Sytuacji tej sprzyjają nowelizacje ustawy Prawo zamówień publicznych (PZP), które było wielokrotnie nowelizowane od 2014 roku. Kryteria wyboru dostawcy środków transportu (tabor szynowy, pojazdy komunikacji zbiorowej) powinny wpisywać się w zalecaną ocenę w obowiązujących dokumentach formalnych, przede wszystkim w nowe prawo zamówień publicznych (PZP). Ujednolicony tekst ustawy został wydany 14 lipca 2023 r. [21]. Według obowiązującego PZP, Zamawiający wybiera najkorzystniejszą ofertę na podstawie kryteriów oceny ofert określonych w dokumentach zamówienia. Najkorzystniejsza oferta może zostać wybrana na podstawie kryteriów jakościowych oraz ceny lub kosztu. W świetle art. 245 kryterium kosztu może być oparte na metodzie efektywności kosztowej, jaką jest rachunek kosztów cyklu życia (LCC). Rachunek kosztów cyklu życia może obejmować w odpowiednim zakresie niektóre lub wszystkie koszty ponoszone w czasie cyklu życia produktu, usługi lub robót budowlanych. Do kosztów takich należą w szczególności koszty:

- 1) poniesione przez zamawiającego lub innych użytkowników, związane z:
  - a) nabyciem,
  - b) użytkowaniem, w szczególności zużyciem energii i innych zasobów,
  - c) utrzymaniem,
  - d) wycofaniem z eksploatacji, w szczególności koszty rozbiórki i recyklingu;
- 2) przypisywane ekologicznym efektom zewnętrznym, związane z produktem, usługą lub robotami budowlanymi w okresie ich cyklu życia, o ile ich wartość pieniężną można określić i zweryfikować, w szczególności koszty emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń oraz inne związane z łagodzeniem zmian klimatu.

W przepisach prawa Unii Europejskiej m.in. w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zamówień publicznych [22], jak również w przepisach krajowych dotychczas nie określono uniwersalnej metody kalkulacji LCC dla taboru szynowego czy pojazdów komunikacji zbiorowej.

#### **5. Metoda kalkulacji LCC i aplikacja opracowanej metody**

W latach 2004 ÷ 2023 w Katedrze Pojazdów Szynowych i Transportu Politechniki Krakowskiej wykonano szereg prac badawczo-rozwojowych poświęconych zastosowaniu LCC do oceny efektywności przedsięwzięć związanych z kształtowaniem potencjału przewozowego. Wyznaczenie odpowiedniego kryterium oceny przedsięwzięć oraz zastosowanie właściwych metod rachunku opłacalności, przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych, pozwoliło wytyczyć prawidłowe kierunki rozwoju przewoźników kolejowych jak również przedsiębiorstw produkujących i modernizujących pojazdy szynowe.

W odniesieniu do oceny efektywności taboru kolejowego i taboru komunikacji zbiorowej w Katedrze Pojazdów Szynowych i Transportu Politechniki Krakowskiej

opracowano oryginalną metodę kalkulacji LCC opartą na zaleceniach europejskiej normy PN-EN 60300-3-3:2017-07 Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań – Szacowanie Kosztu Cyklu Życia [9]. Opis opracowanej metody przedstawiono w pracach [10, 11], a praktyczne przykłady jej aplikacji przedstawiono w pracach badawczo-rozwojowych dotyczących oceny efektywności zakupu lub modernizacji środków transportu [12 ÷ 20]. W celu kompleksowej oceny efektywności inwestycji taborowych wykonywanej w fazie przedinwestycyjnej zaproponowano podejście dwuetapowe. Polega ono na zastosowaniu w pierwszym etapie analizy kosztu cyklu istnienia oraz w drugim analizy korzyści-kosztów umożliwiającej wyznaczenie standardowych ekonomicznych wskaźników efektywności: okresu zwrotu nakładu, zaktualizowanej wartości netto NPV, wewnętrznej stopy zwrotu IRR oraz granicznych nakładów na modernizację i marginesu bezpieczeństwa.

W oparciu o uzyskane wyniki opracowane zostały kompleksowe strategie techniczno-ekonomiczne odnowy pojazdów trakcyjnych dla największych polskich przedsiębiorstw transportu kolejowego takich jak: PKP Cargo S.A., PKP Intercity S.A., PKP LHS Sp. z o.o. Opracowana metodyka może być stosowana zarówno do oceny LCC pojedynczego pojazdu jak i do porównawczej analizy różnych wariantów ich zakupu lub modernizacji.

## 6. Podsumowanie

W ocenie efektywności przedsięwzięć związanych z kształtowaniem potencjału przewozowego na drodze zakupu lub modernizacji środków transportu, niewystarczająca jest ocena kosztów nabycia, lecz niezbędne jest podejście zorientowane na LCC, obejmujące koszty utrzymania i użytkowania generowane w fazie eksploatacji pojazdu. Przeprowadzone prace wykazały, że udział kosztów eksploatacji środków transportu szynowego przekracza 60% w kosztach całkowitych, stanowiąc zasadniczą część LCC. Analiza LCC umożliwia również uwzględnienie jednej z najważniejszych cech środków transportu szynowego jaką jest niezawodność, charakteryzowana przez charakterystyki RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety).

## Literatura

1. Michalak A.: „Finansowanie inwestycji w teorii i praktyce”, PWN, Warszawa 2007.
2. Rogowski W.: „Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych”, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004.
3. Sierpińska M., Jachna T.: „Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych”, PWN, Warszawa 1994.
4. Dyr T., Kozubek P.R.: „Ocena transportowych inwestycji infrastrukturalnych współfinansowanych z funduszy Unii Europejskiej”, Instytut Naukowo-Wydawniczy Spatium, 2013.
5. Borowiecki R.: „Efektywność przedsięwzięć rozwojowych”, AE w Krakowie, Warszawa-Kraków 1995.
6. Dębiewski G., Pałach H., Zakrzewski W.: „Mikroekonomia”, Wydawnictwo UWM, Olsztyn 2000.
7. Hawranek P.M., Behrens W.: „Poradnik przygotowania przemysłowych studiów feasibility”, UNIDO, Warszawa 1993.
8. Manikowski A., Tarapata Z.: „Ocena projektów gospodarczych”, Difin, Warszawa 2001.
9. PN-EN 60300-3-3:2017-07 Zarządzanie niezawodnością – Część 3-3: Przewodnik zastosowań – Szacowanie kosztu cyklu życia.
10. Szkoda M.: „Kształtowanie potencjału przewozowego przedsiębiorstw transportu kolejowego”, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2017, ISBN: 978-83-7242-925-4

11. Praca nr M-08/262/2022/P: Studium możliwości zastosowania kosztów cyklu istnienia (LCC) do oceny efektywności zakupu taboru komunikacji zbiorowej. Katedra Pojazdów Szynowych i Transportu PK, Kraków, grudzień 2022.
12. Praca nr M-8/631/2006 „Studium techniczno-ekonomiczne odnowy parku pojazdów trakcyjnych eksploatowanych przez PKP Cargo S.A. Etap I: Modernizacja lokomotyw spalinowych do obsługi międzynarodowych przewozów towarowych”. Instytut Pojazdów Szynowych PK, Kraków, grudzień 2006.
13. Praca nr M-8/631/2006 „Studium techniczno-ekonomiczne odnowy parku pojazdów trakcyjnych eksploatowanych przez PKP Cargo S.A. Etap III: Modernizacja lokomotyw spalinowych serii ST44 i SU45 do obsługi krajowych przewozów towarowych”. Instytut Pojazdów Szynowych PK, Kraków, grudzień 2006.
14. Praca nr M-8/631/2006 „Studium techniczno-ekonomiczne odnowy parku pojazdów trakcyjnych eksploatowanych przez PKP Cargo S.A. Etap IV: Modernizacja manewrowej tramwaju spalinowej serii SM42”. Instytut Pojazdów Szynowych PK, Kraków, luty 2007.
15. Praca nr M-8/297/2012 „Analiza efektywności inwestycyjnej projektu nabycia przez PKP Cargo S.A. nowych elektrycznych lokomotyw wielosystemowych do obsługi międzynarodowych przewozów towarowych”. Instytut Pojazdów Szynowych PK, Kraków 2013.
16. Praca nr M-8/494/2015/P „Analiza kosztu cyklu istnienia (LCC) tramwaju spalinowej serii ST48 typu 15D/A”. Instytut Pojazdów Szynowych PK, Kraków, lipiec 2015.
17. Praca nr M-8/493/2015/P „Studium wykonalności dla projektu modernizacji tramwaju elektrycznej serii EU07 przeznaczonej do międzynarodowych przewozów towarowych”. Instytut Pojazdów Szynowych PK, Kraków, listopad 2015.
18. Praca nr M-8/306/2017/P „Ocena efektywności uzupełnienia ilostanu lokomotyw spalinowych w przedsiębiorstwie PKP LHS Sp. z o.o.”, maj 2017.
19. „Studium wykonalności szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego w Krakowie” Etap IV: Analiza techniczna w zakresie technicznych możliwości realizacyjnych wskazanych wariantów inwestycyjnych, M-08/145/2019/P/1, Politechnika Krakowska Instytut Pojazdów Szynowych, wydanie 4, listopad 2019.
20. Praca nr M-08/145/2019/P: Studium wykonalności szybkiego, bezkolizyjnego transportu szynowego w Krakowie Etap IV: Analiza techniczna w zakresie możliwości realizacyjnych wskazanych wariantów inwestycyjnych, Wydanie 6. Instytut Pojazdów Szynowych PK, Kraków, lipiec 2020.
21. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 14 lipca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Prawo zamówień publicznych (Dz.U. 2023 poz. 1605).
22. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych (OJ L 094 28.3.2014, p. 65 z póź. zm.).