

ANALIZA KOSZTÓW ISTNIENIA NA PRZYKŁADZIE SYSTEMU ZABEZPIECZENIA PRZEJAZDU KOLEJOWEGO

Streszczenie

Infrastruktura kolejowa jest złożonym systemem technicznym, któremu ze względu na wymogi bezpieczeństwa i długi okres eksploatacji stawia się wysokie wymagania co do jakości i niezawodności. By sprostać tym wymaganiom zarządcy infrastruktury muszą stale optymalizować koszty operacyjne i konserwacyjne. W swych kalkulacjach budżetowych muszą więc uwzględniać rosnące wymogi odnośnie niezawodności i dostępności infrastruktury nie pomijając najważniejszej kwestii, czyli bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego. Doświadczenia z eksploatacji systemów wskazują, że często koszty posiadania systemu inżynierskiego wielokrotnie przekraczają koszty jego nabycia. Dlatego też dzisiaj decyzje o zakupie wielu drogich systemów technicznych są dokonywane nie tylko w oparciu o wstępne koszty nabycia. Jedną z metod pomagających podejmować trafne decyzje inwestycyjne jest analiza kosztów istnienia (Life Cycle Cost, LCC). Służy ona do wyznaczenia kosztów ponoszonych w całym cyklu życia systemów, czyli kosztów nabycia, posiadania i likwidacji. Analiza ta to część zalecanej do stosowania, w przypadku systemów sterowania ruchem kolejowym, analizy RAMS/LCC. Niezbędne wymagania zostały zdefiniowane w dyrektywach Unii Europejskiej, a metodykę zawarto w normach CENELEC. W artykule pokazano metodologię kalkulacji oraz strukturę kosztów istnienia na przykładzie wybranego systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego.

WSTĘP

W ostatnim okresie, w transporcie kolejowym, obserwuje się duży nacisk, głównie ze strony przewoźników kolejowych, na modernizację infrastruktury kolejowej. Zmiany są także stymulowane przez rosnące wymagania jakościowe i techniczne dla wyrobów kolejowych oraz zmieniające się normy i regulacje prawne. Ze względu na wysokie koszty z jakimi związane są przedsięwzięcia modernizacji infrastruktury, powinny one być dokładnie przeanalizowane pod kątem wykonalności i opłacalności, co nie tylko pozwoli poprawnie dobrać zakres modernizacji, ale także skalkulować jej wymierne efekty ekonomiczne. Zwykle analizy wykonalności i opłacalności przeprowadza się w kilku wariantach, co umożliwia porównanie efektywności poszczególnych rozwiązań, w odniesieniu do stanu istniejącego, tzn. stanu przed modernizacją. Należy pamiętać, że całościowa analiza efektywności musi brać pod uwagę wszystkie fazy cyklu życia modernizowanego obiektu.

Jednocześnie w odniesieniu do infrastruktury kolejowej i transportu kolejowego w analizach nie można pominąć kwestii zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa. W branży kolejowej regulacje w tym zakresie są wielopłaszczyznowe. Podstawowymi dokumentami zawierającymi odpowiednie zalecenia są Dyrektywy Unii Europejskiej, w tym m.in. dyrektywa 2008/110/WE z dnia 16 grudnia 2008r. w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych oraz dyrektywa 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie, która stanowi skonsolidowaną wersję dotychczas obowiązujących dyrektyw dotyczących interoperacyjności dla kolei dużych prędkości (96/48/WE) i dla kolei konwencjonalnej (2001/16/WE) [1, 2]. Kolejnymi dokumentami określającymi w branży kolejowej wymagania jakościowe i bezpieczeństwa są normy CENELEC (PN-EN 50126, PN-EN 50128, PN-EN 50129 oraz PN-EN 50159) [1, 4, 5, 8].

Coraz większe znaczenie ma również międzynarodowy standard kolejowy IRIS (ang. *International Railway Industry Standard*) opracowany pod patronatem UNIFE (Europejskie Zrzeszenie Przemysłu Kolejowego) i przy współudziale największych producentów

przemysłu kolejowego (m.in. Bombardier Transportation, Alstom Transport, Siemens Transportation) [3]. Wymagania jakościowe dla wyrobów produkowanych dla kolejnictwa zawarte w standardzie IRIS dotyczą między innymi analizy RAMS (akronim od słów: *Reliability, Availability, Maintainability, Safety*), a także LCC (*Life Cycle Cost*) - analizy całego kosztu cyklu istnienia wyrobu.

Zdefiniowane przez ten standard podejście pozwala połączyć oba istotne aspekty zagadnienia tj. ekonomiczną ocenę efektów przedsięwzięcia oraz względy dostępności, bezpieczeństwa i niezawodności infrastruktury w całym jej cyklu istnienia. Dostarcza ono jednocześnie kompleksowej i czytelnej, wyrażonej w kosztach informacji, o różnorodnych konsekwencjach przyjętej koncepcji modernizacji.

1. ANALIZA KOSZTÓW ISTNIENIA

1.1. Geneza i obszary stosowania analizy kosztów istnienia

Koncepcja cyklu istnienia produktu została po raz pierwszy opublikowana w 1965 roku przez Theodore'a Levitt. Niemniej, zbliżonej do współczesnej formie, analiza zaczęła się upowszechniać dopiero w latach 80-tych XX wieku. W tym czasie była ona wykorzystywana m.in. w amerykańskim przemyśle zbrojeniowym. W latach 1983-84 Ministerstwo Obrony USA wydało kilka, używanych do dziś przez amerykańskie przedsiębiorstwa komercyjne, przewodników dotyczących analizy LCC np. [9]. Po tym okresie analiza kosztu cyklu istnienia rozpowszechniona została na inne gałęzie przemysłu m.in. energetykę, transport, czy branżę naftową. Dziś analiza LCC jest często stosowana, jako narzędzie decyzyjne służące do oceny opłacalności alternatywnych rozwiązań, gdy każde z nich jest równie odpowiednie, by mogło zostać wdrożone ze względów technicznych. W wielu krajach jest ona elementem wymaganym prawnie podczas postępowań przetargowych.

1.2. Koncepcja analizy kosztów istnienia

Koszt cyklu istnienia obiektu technicznego jest to łączny koszt ponoszony od momentu koncepcji i projektowania do usunięcia z eksploatacji. Zasadnicze znaczenie dla koncepcji szacowania

kosztu LCC ma zrozumienie cyklu istnienia i działań podejmowanych w kolejnych fazach tego cyklu. Istotne jest również zrozumienie zależności między tymi działaniami i osiąganymi, nieuszkodzalnością, obsługiwalnością i innymi właściwościami obiektu technicznego oraz wynikającymi stąd kosztami.

Zgodnie z normą PN-EN 60300-3-3, cykl istnienia produktu składa się z sześciu głównych faz pokazanych na rysunku 1.



Rys. 1. Fazy cyklu istnienia produktu według normy PN-EN 60300-3-3

Łączne koszty (K_c) ponoszone w wymienionych wyżej fazach można podzielić na koszty nabycia (K_n), koszty posiadania (K_p) i koszty likwidacji (K_l) [6, 10].

$$K_c = K_n + K_p + K_l$$

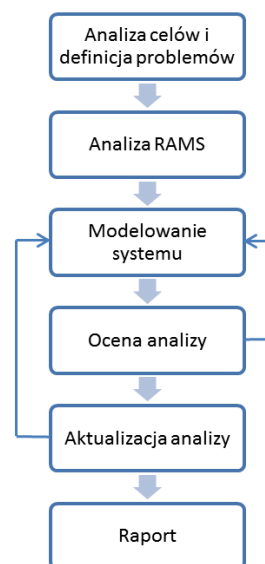
Koszty nabycia (inwestycyjne) ponoszone są, głównie w czterech pierwszych fazach cyklu istnienia. Właściwie tylko one są łatwym do obliczenia przed podjęciem decyzji o zakupie lub modernizacji elementem analizy kosztów istnienia.

Koszty posiadania związane z okresem eksploatacji systemu technicznego ponoszone są w czterech ostatnich fazach. Znacznie trudniej je dostrzec, a jeszcze większym problemem jest ich oszacowanie. Mają one znaczenie nie tylko dla nabywcy, ale również dla dostawcy, np. w związku z koniecznością zapewnienia odpowiedniego okresu gwarancyjnego, czy pomocy technicznej. Zwykle koszty posiadania są najwyższą składową kosztów i w wielu przypadkach znacznie przekraczają koszty nabycia. W znanych autorom przykładach analiz przeprowadzonych dla obiektów transportowych i środków transportu udział kosztów posiadania w odniesieniu do całkowitych kosztów istnienia mieścił się w zakresie od 60 do ponad 90%. Jest istotnym, by uświadomić sobie tę proporcję już przed podjęciem decyzji o zakupie lub modernizacji, a tym samym uniknąć negatywnego zaskoczenia wysokimi kosztami posiadania w fazie eksploatacji systemu.

Proces identyfikacji i analizy kosztów związanych z nabyciem i posiadaniem wyrobu jest przeprowadzany dla zadanego okresu czasu lub dla całego cyklu istnienia produktu.

Koszty likwidacji związane są z wycofaniem systemu z eksploatacji i jego ewentualną utylizacją. W przypadku niektórych obiektów mogą one stanowić znaczną część kosztów całkowitych. Dotyczy to szczególnie obiektów, których unieszkodliwienie jest bardzo uciążliwe (np.: materiałów radioaktywnych) lub złożone technologicznie/logistycznie (np. złomowanie statków, pojazdów szynowych, infrastruktury kolejowej).

Kalkulacja poszczególnych składowych kosztów możliwa jest za pomocą różnorodnych procedur i oszacowań, przykładowo: oszacowania analogicznego, oszacowania parametrycznego, czy oszacowania inżynierskiego. Z wielu różnych procedur wykonania kalkulacji kosztu istnienia norma PN-EN 60300-3-3 proponuje stosunkowo kompromisowe i uniwersalne podejście [6, 11]. Etapy tego podejścia pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Etapy analizy LCC. Opracowanie własne na podstawie [6, 10, 11]

Poszczególne etapy powyższej procedury zostaną pokazane i omówione na przykładzie systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego.

2. ANALIZA KOSZTÓW ISTNIENIA DLA SYSTEMU ZABEZPIECZENIA PRZEJAZDU KOLEJOWEGO

2.1. Analiza celów i definicja problemów

Pierwszy krok analizy kosztowych kosztów istnienia polega na identyfikacji problemu i określenia celów oszacowania. Typowe cele analizy wyrażone w kategoriach danych wyjściowych to:

- ocena wpływu różnych wariantów modernizacji na koszt całkowity,
- identyfikacja elementów kosztów dla prac rozwojowych lub optymalizacji wariantów modernizacji.

Na tym etapie zaleca się wstępną definicję charakterystyk i parametrów opracowywanego modelu LCC. Dla przejazdu kolejowego są to przykładowo: identyfikacja cech konstrukcyjnych systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego, czas eksploatacji, oszacowanie natężenia ruchu pojazdów, pieszych i pociągów, ilość personelu, itp. Należy także pamiętać o uwzględnieniu wymagań wynikających z dokumentacji techniczno-ruchowej systemu, takich jak: oczekiwany czas eksploatacji, oczekiwany czas pomiędzy naprawami okresowymi, oczekiwany czas pomiędzy przeglądami technicznymi, oczekiwany czas trwania napraw i przeglądów, a także o składowych związanych z bezpieczeństwem ruchu, przykładowo: szkoleń personelu, czy badań bezpieczeństwa.

2.2. Analiza RAMS dla kolejowych systemów sterowania

Analiza RAMS ściśle związana jest z normami CENELC dotyczącymi wyrobów kolejowych, a szczególnie z normą PN-EN 50126, w której zdefiniowano następujące kryteria oceny [4]:

1. Niezawodność (*ang. Reliability*) - prawdopodobieństwo, że dany wyrób będzie wykonywać żądane funkcje w ustalonych warunkach przez określony czas.
2. Dostępność (*ang. Availability*) - zdolność wyrobu do znajdowania się w stanie umożliwiającym wypełnienie wymaganych funkcji (wyrażona w procentach lub jako prawdopodobieństwo).
3. Naprawialność (*ang. Maintainability*) - prawdopodobieństwo przywrócenia sprawności obiektowi w określonym czasie.

4. Bezpieczeństwo (ang. Safety) - brak nieakceptowalnego poziomu ryzyka.

Wypełnienie tych kryteriów mierzone jest określonymi w normie parametrami np. średnim czasem między awariami (MTBF), czasem trwania przeglądu (MTTM), kosztami obsługi.

W normie PN-EN 50129 [5] ujęto problematykę analizy zagrożeń i ryzyka, jako kombinacji prawdopodobieństwa zdarzenia niebezpiecznego i jego skutków. Zdefiniowano w niej bezpieczeństwo jako brak niedopuszczalnego ryzyka. W związku z tym system uznaje się za bezpieczny, tylko w takim wypadku, gdy ryzyko związane z działaniem systemu ma dopuszczalny poziom. W normie [5] dla systemów sterowania ruchem kolejowym zdefiniowano cztery poziomy nienaruszalności bezpieczeństwa (ang. *Safety Integrity Level, SIL*). Są one określane jako liczby zdarzeń do wystąpienia usterki/błędu definiowanego poprzez wyznaczany analitycznie współczynnik tolerowanego zagrożenia (ang. *Tolerable Hazard Rate, THR*) [7, 14, 16]. Najmniej restrykcyjne wymagania dotyczą poziomu SIL1 ($10^{-6} \leq THR < 10^{-5}$), najbardziej SIL4 ($10^{-9} \leq THR < 10^{-8}$).

Zgodnie z normą [5] analizę ryzyka przeprowadza się w dokumencie nazywanym „dowodem bezpieczeństwa”. Dokument ten jest wymagany na etapie certyfikacji systemu, po zakończeniu etapów 1-6 zgodne z modelem „V” cyklu życia systemu według normy PN-EN 50126, co zostało przedstawione na rys. 3. Metody oceny bezpieczeństwa CSM (ang. *Common Safety Method*) w zakresie wyceny i oceny ryzyka prowadzą do zachowania poziomu bezpieczeństwa kolei wspólnotowych [7].

Lewa strona modelu „V” określana jest w normie mianem tworzenia systemu, zaś prawa ma związek z jego instalacją, odbiorem i eksploatacją [4, 5].

Ocena RAMS systemu jest nie tylko niezbędnym elementem zapewnienia bezpieczeństwa, ale jest również pomocna w szacowaniu wydatków wynikających z jego eksploatacji. Do kosztów niezawodności zaliczają się przykładowo, takie wydatki, jak koszty przeglądów okresowych, serwisu, modernizacji, czy koszty podnoszenia kwalifikacji personelu.

W większości opracowań dotyczących tego zagadnienia straty wywołane zawodnością przejazdu kolejowego traktuje się jako wielkość zdeterminowaną i określoną kosztami przestoju i ewentualnie kosztami napraw. W rzeczywistości powstają również straty będące bezpośrednim skutkiem awarii np. z utraty korzyści powstających w okresie niesprawności przejazdu, czy koniecznych zmian

w organizacji ruchu. Jeszcze trudniej mierzalne są efekty związane z utratą renomy i prestiżu firmy. Zależności między niezawodnością, a efektami ekonomicznymi nie są zatem łatwe do zidentyfikowania, jednak nawet zgrubne ich oszacowanie daje pewne możliwości porównywania efektywności obiektów o różnej niezawodności.

2.3. Modelowanie systemu

Model systemu jest uproszczoną reprezentacją rzeczywistości i wyodrębnią istotne z punktu widzenia prowadzonej analizy składowe i ich cechy. Model powinien być przejrzysty i łatwy do wykorzystania, uaktualnienia i modyfikacji [17]. Powinien też dawać możliwość oddzielnej analizy poszczególnych składników [6]. Tworzenie modelu kosztu LCC obejmuje: strukturę podziału kosztu, strukturę podziału produktu oraz oszacowanie elementów i parametrów kosztów.

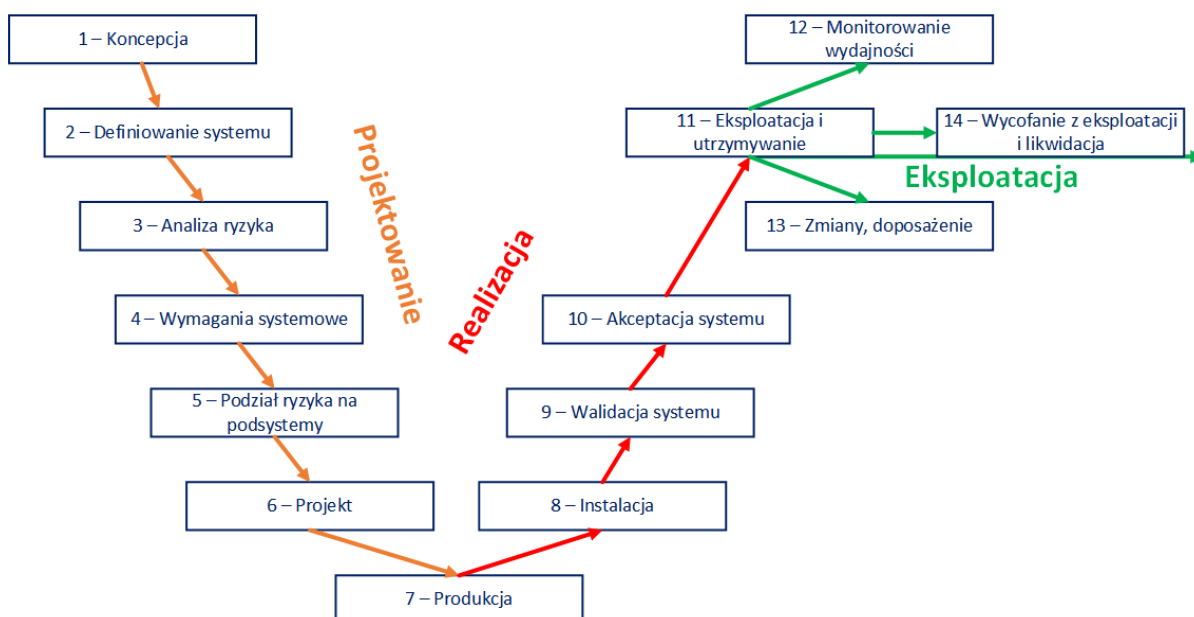
Definicja kosztów włączanych do modelu i określenie sposobu ich estymacji stanowi podstawę budowy poprawnego modelu całkowitego kosztu istnienia. Dobór metod jest zależny od konkretnego obiektu badań.

Analiza struktury podziału kosztów polega na dekompozycji kosztów na najwyższym poziomie na koszty składowe. Zgodnie z normą PN-EN 60300-3-3, każda kategoria powinna zostać podzielona, aż do osiągnięcia najniższego poziomu tzw. elementu kosztu. Wartość elementu jest wyrażana za pomocą funkcji ich parametrów i/lub wartości stałych stosownie do rodzaju kosztu. Jednym ze sposobów kalkulacji kosztu jest wykorzystanie trójwymiarowej macierzy [6, 10], której wymiarami są: podział produktu na elementy składowe, fazy cyklu życia i kategorie kosztu (rys. 4).

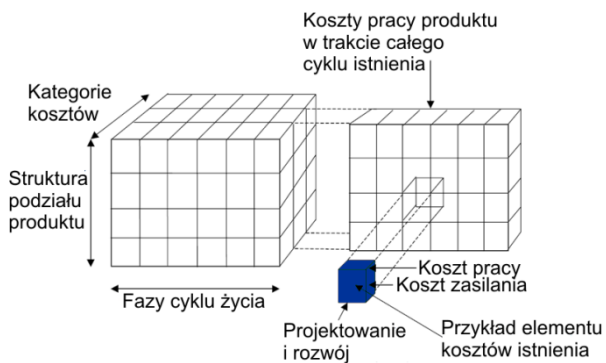
Taki rodzaj podejścia ma tę zaletę, że jest usystematyzowany i uporządkowany, a zatem dający wysoki poziom ufności, że wszystkie elementy kosztu mające duże znaczenie w całkowitych kosztach istnienia zostały uwzględnione.

2.4. Ocena analizy

W celu potwierdzenia prawidłowości i spójności wyników dokonywany jest przegląd procesu analizy [6]. Obejmuje on: sprawdzenie poprawności celu i zakresu analizy, weryfikację założeń analizy i ich dokumentacji, sprawdzenie spójności modelu, danych wejściowych oraz wyników analizy i ich interpretacji. W przypadku stwierdzenia uchybień zachodzi konieczność modyfikacji i uzupełnienia pierwotnej koncepcji.



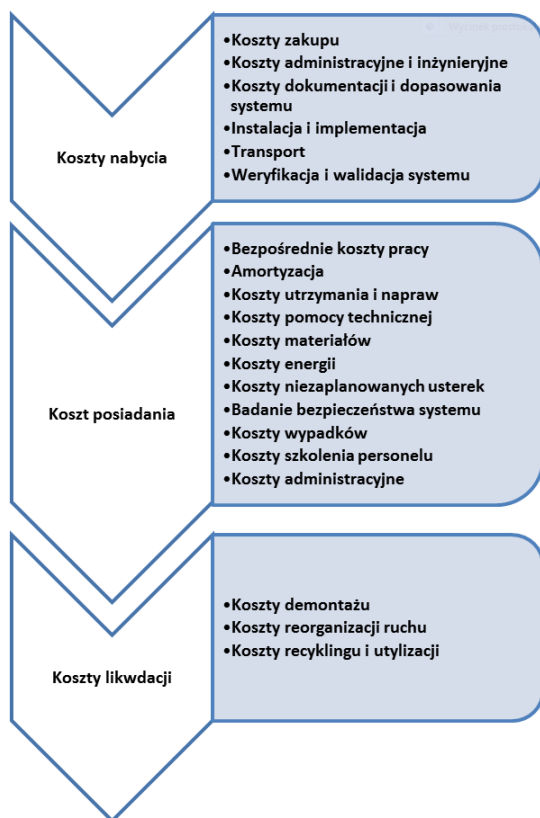
Rys. 3. Model „V” cyklu istnienia systemu srk. Opracowanie własne na podstawie [5, 7]



Rys. 4. Konceptcje elementu kosztów. Opracowanie własne na podstawie [6, 10]

2.5. Aktualizacja analizy

Badania dotyczące szacowania kosztu istnienia systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego wymagają szerokiego spektrum gromadzonych danych. Zwłaszcza dla nowych systemów niedostępne są początkowo historyczne dane dotyczące np. niezawodności, czy utrzymywalności, które dla potrzeb analizy należało oszacować i wyrazić w postaci kosztów. W takich przypadkach zaleca się, aby uaktualniać analizę korzystając z danych rzeczywistych, gdy staną się one dostępne [10].



Rys. 5. Uproszczony model cyklu istnienia wybranego systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego. Opracowanie własne

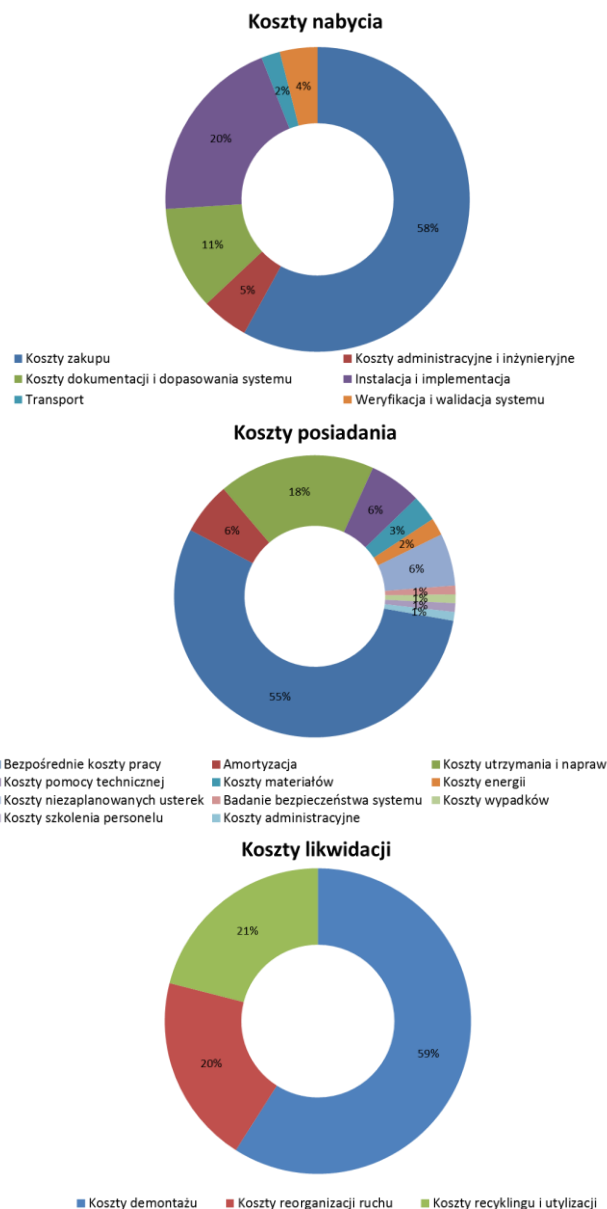
2.6. Raport

Zgodnie z normą PN-EN 60300-3-3, dokumentowanie analizy LCC jest obowiązkowe. Zaleca się, by sprawozdanie klarownie przedstawiało wyniki analizy, jak i ich implikacje. Norma również szczegółowo określa elementy sprawozdania.

2.7. Struktura kosztów życia wybranego systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego

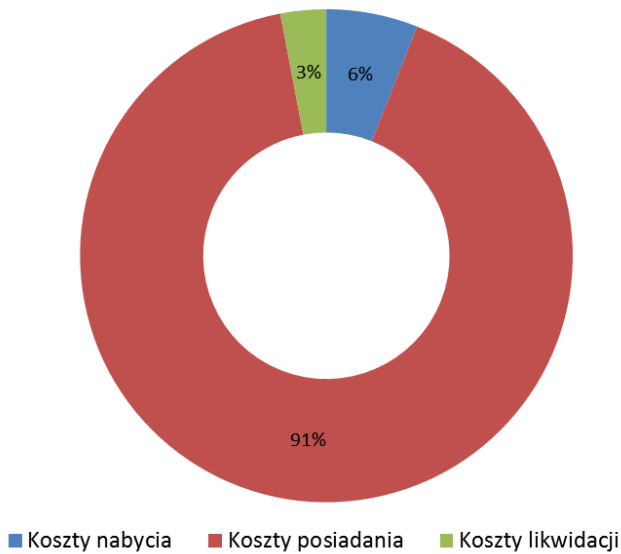
Autorzy posłużyli się uproszczoną wersją metody analizy całkowitego kosztu istnienia do oszacowania tych kosztów, dla systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego. Na rysunku 5 pokazano uwzględnione w analizie systemu kategorie kosztów i ich umiejscowienie w cyklu istnienia systemu.

Dla potrzeb prowadzonej analizy przyjęto minimalny dla systemów kolejowych czas eksploatacji $T=15$ lat. Strukturę kosztów istnienia systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego w poszczególnych etapach tego cyklu pokazano na rysunku 6, a struktura udziału poszczególnych etapów w całkowitym koszcie cyklu istnienia została przedstawiona na rysunku 7.



Rys.6. Struktura kosztów istnienia wybranego systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego. Opracowanie własne

Koszty cyklu istnienia



Rys.7. Udział poszczególnych etapów w całkowitym koszcie istnienia na przykładzie wybranego przykładu systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego. Opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Na decyzje inwestycyjne dotyczące budowy lub modernizacji kolejowych systemów sterowania ruchem kolejowym wpływ ma nie tylko koszt początkowy lecz także oczekiwany koszt użytkowania i obsługi w całym cyklu istnienia produktu. Podjęte początkowo decyzje inwestycyjne mają wpływ na późniejsze etapy eksploatacji obiektu[15]. Analiza całkowitego kosztu istnienia z powodzeniem może być stosowana do oceny efektywności poszczególnych wariantów modernizacji bądź poszczególnych systemów. Dostarcza ona wyrażonej w kosztach prawdopodobnej i czytelnej informacji o konsekwencjach przyjętych koncepcji. Wiarygodne informacje dotyczące cyklu projektowania i utrzymania prowadzą do poprawy jakości i dostępności budowanych systemów, jednocześnie zwiększając przejrzystość podejmowanych decyzji. Skuteczność metody zależy nie tylko od poprawności założeń i modelu, ale również od dostępności specjalistycznej wiedzy technicznej i danych niezbędnych do estymacji składowych kosztów. W przeciwieństwie do ekonomicznych metod oceny efektywności analiza całkowitego kosztu istnienia uwzględnienia własności niezawodnościowe systemów sterowania.

BIBLIOGRAFIA

1. Łukasik Z., Nowakowski W., *Zarządzanie bezpieczeństwem w transporcie kolejowym*, Kwartalnik Infrastruktura Transportu, nr 6/2013, pp. 46-48, ISSN 1899-0622.
2. Bester L., Toruń A., *Modeling of Reliability and Safety at Level Crossing Including in Polish Railway Conditions*, Book Series: Communications in Computer and Information Science Volume: 471 pp. 38-47, 2014
3. IRIS Portal, <http://www.iris-rail.org>, [10.09.2017]
4. PN-EN 50126:2002 *Zastosowania kolejowe - Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa*, PKN 2002
5. PN-EN 50129:2007 *Zastosowania kolejowe - Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem - Elektroniczne*

6. PN-EN 60300-3-3:2006 *Zarządzanie niezawodnością - Część 3-3: Przewodnik zastosowań - Szacowanie kosztu cyklu życia.*, PKN 2006
7. Białoń A., Pawlik M., *Bezpieczeństwo i ryzyko na przykładzie urządzeń sterowania ruchem kolejowym*, Problemy kolejnictwa – Zeszyt 163, pp. 25-41, 2014
8. PN-EN 50128:2011 *Zastosowania kolejowe -- Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem -- Oprogramowanie kolejowych systemów sterowania i zabezpieczenia*, PKN 2011
9. MIL-HDBK-259, *Military Handbook. Life Cycle Cost in Navy Acquisitions*, Global Engineering Documents, 1983.
10. Kawauchi Y., Rausand M., *Life Cycle Cost (LCC) Analysis in Oil and Chemical Process Industries*, 1999
11. Tułeczki A., Szkoła M., *Koszt cyklu trwałości LCC jako model decyzyjny modernizacji pojazdów szynowych*, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, 1(64), 2007
12. Pniewski R., Kornaszewski M., Chrzan M., *Safety of electronic ATC systems in the aspect of technical and operational*, Proceedings of the 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences, Part IV, pp. 1729-1735, Rajcecke Teplice, Slovakia, 2016
13. Łukasik L., Ciszewski T.; Wojciechowski J.: *Power supply safety of railway traffic control systems as a part of international transport safety*, Proceedings of the 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences, part III pp. 1212-1219, Rajcecke Teplice, Slovakia, 2016
14. Łukasik Z., Ciszewski T., Młyńczak J.; Nowakowski, W.; Wojciechowski J., *Assessment of the Safety of Microprocessor-Based Semi-automatic Block Signalling System*, Contemporary challenges of transport systems and traffic engineering Book Series: Lecture Notes in Networks and Systems Volume: 2 pp. 137-144, 2017
15. Nowakowski W., Olczykowski Z., Wojciechowski J. *Supply railway traffic control devices in case of failure of the power system*. Archives of Transport System Telematics 10, pp. 16–20, 2017.
16. Tang L., *Reliability assessments of railway signaling systems: A comparison and evaluation of approaches*, Department of Industrial Economics and Technology Management, Norwegian University of Science and Technology, NTNU-Trondheim, 2015
17. Sumiła M., Stawowy M., *Use of uncertainty modelling to ensure ICT resources for the ITS*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Nr 113, str. 477-486, 2016

LIFE CYCLE COST ANALYSIS ON THE EXAMPLE OF THE LEVEL CROSSINGS PROTECTION SYSTEM

Abstract

Railway infrastructure, as a part of global transport system, is a complex technical system that should deliver long life, high availability, safety and reliability as well as low maintenance cost. Infrastructure operators should consider growing requirements of operating companies. In order to meet these requirements, infra-

structure managers should continuously optimize operational and maintenance costs. Planning the budget they must include growing requirements for the reliability and availability of infrastructure as well as crucial issue – the traffic safety. The experiences of operating systems show that often engineering system ownership cost is many times greater than the purchase cost. Therefore, purchasing decisions of many technical systems, especially those expensive, are not taken on the basis of preliminary acquisition costs. One of the methods, which is able to support right investment decisions-making is Life-Cycle Cost (LCC) analysis. It is suitable to determine the costs of the whole life cycle of the system, i.e. the costs of acquisition, operation and liquidation. The analysis is the part of recommended for railway traffic control systems RAMS/LCC analysis. Re-

quirements for RAMS/LCC analysis are defined in EU directives and its methodology is included in CENELEC standards. In the article, based on the example of the selected level crossing protection system (LCPS), the methodology of life-cycle cost calculation as well as cost structure were described.

Autorzy:

dr inż. **Tomasz Ciszewski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki

dr inż. **Waldemar Nowakowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki