

Zbigniew KASPRZYK¹, Marek SUMIŁA²

Politechnika Warszawska Wydział Transportu Telekomunikacji w Transporcie
ul. Koszykowa 79, 02-008 Warszawa

¹zka@it.pw.edu.pl

²sumila@it.pw.edu.pl

OCENA NIEZAWODNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ AUTOSTRADOWEGO SYSTEMU POBORU OPŁAT

Streszczenie:

W artykule przedstawiono nowe pojęcie niezawodności eksploatacyjnej w aspekcie autostradowego systemu poboru opłat wraz z metodologią oceny niezawodności eksploatacyjnej analizowanego systemu. Metoda umożliwia racjonalizację eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat poprzez określenie strategii eksploatacji tego systemu. Strategia ta ma umożliwić spełnienie wymagań w zakresie niezawodności i dostępności systemu oraz zapewnić odpowiedni poziom jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat.

Słowa kluczowe: niezawodność eksploatacyjna, autostradowy system poboru opłat, metody prognozowania niezawodności i obsługiwalności obiektów technicznych, racjonalizacja eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat.

WPROWADZENIE

Analizując obecny stan systemu poboru opłat w Polsce na tle innych krajów Unii Europejskiej można zauważyć, iż istnieją odległe w czasie możliwości rozwoju tego systemu wymuszające eksploatację manualnego systemu poboru opłat. Dostosowanie tego systemu do standardu krajów UE będzie możliwe nie wcześniej jak po 1 lipca 2011 roku i polegać będzie na budowie Krajowego Systemu Poboru Opłat, który w długim okresie eksploatacji będzie systemem mieszanym, wykorzystującym dwa rodzaje systemów, elektroniczny system poboru opłat i manualny system poboru opłat [1], [2].

Problem racjonalnej realizacji procesu eksploatacji autostradowych systemów poboru opłat jest sprawą wysokiej wagi szczególnie w perspektywie zapewnienia bezpieczeństwa i ciągłości usługi transportowej na polskich drogach. Proces poboru opłat powinien przebiegać sprawnie, zapewniać ciągłość usługi transportowej oraz odpowiednią jakość obsługi użytkownika drogi płatnej.

Autostradowe systemy poboru opłat pracują w zróżnicowanych warunkach eksploatacyjnych a ich poprawne funkcjonowanie jest uzależnione nie tylko od niezawodności poszczególnych elementów tworzących system, ale także od przyjętych do realizacji strategii eksploatacji. Systemy te są obiektami technicznymi, w których przestój związany z awarią powoduje duże straty zarówno z punktu widzenia zarządcy jak i użytkownika drogi płatnej. Przerwy systemu generują kongestję w ruchu zwiększając koszty czasu podróży wraz ze społecznymi kosztami zanieczyszczenia środowiska [3]. Z drugiej zaś strony następuje utrata wpływów z opłat za przejazdy [4] oraz niedotrzymanie przez zarządcę drogi płatnej odpowiedniej jakości obsługi użytkowników autostradowego

systemu poboru opłat [2], [5]. W związku z powyższym konieczne jest zaproponowanie skutecznych metod poprawy eksploatacji systemu wykorzystując opracowaną metodę oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat. Strategia ta ma umożliwić spełnienie wymagań w zakresie niezawodności i dostępności systemu wraz z zapewnieniem odpowiedniego poziomu jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat.

1. POJĘCIE NIEZAWODNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ W ASPEKTCIE AUTOSTRADOWEGO SYSTEMU POBORU OPŁAT

Pojęcie niezawodności używane w stosunku do systemu, oznacza zespół właściwości, które opisują gotowość systemu i wpływające na nią: nieuszkodzalność, obsługiwalność i zapewnienie środków obsługi. Zespół właściwości oznacza wszystkie działania techniczne i organizacyjne, mające na celu umożliwienie systemowi wypełnianie wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych [6],[7].

Pojęcie eksploatacji w stosunku do systemu oznacza zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych, mających na celu umożliwienie systemowi wypełnianie wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych [7].

Obiekty i systemy techniczne, w tym autostradowe systemy poboru opłat, budowane są z myślą o zaspokojeniu określonych potrzeb związanych z działalnością człowieka [8]. Eksploatacja systemów telematiki transportu, jakimi są autostradowe systemy poboru opłat, umożliwi zaspokojenie potrzeb wynikających z wartości użytkowych systemu, które mogą być różne, niezależne od warunków istniejących podczas eksploatacji systemu. Wartości użytkowych systemów telematiki transportu nie można określić w sposób uniwersalny, ponieważ zależą one od wielu czynników technicznych, ekonomicznych i organizacyjnych. Czynniki te można podzielić na kilka grup [8]:

- koszty budowy oraz koszty obsługi i użytkowania systemu,
- stopień wypełnienia zadań realizowanych przez system,
- kwalifikacja personelu użytkującego i obsługującego system,
- bezpieczeństwo użytkowania i obsługi systemu,
- oddziaływanie systemu na środowisko naturalne podczas eksploatacji systemu,
- dostępność części zamiennych, materiałów i energii niezbędnych do prawidłowego użytkowania systemu.

Decydujący wpływ na niezawodność działań technicznych i organizacyjnych autostradowych systemów poboru opłat ma ich stan techniczny, gotowość do realizacji usług, nakłady poniesione na realizację zadań oraz dochody związane z realizacją usług. W przypadku tych systemów największe praktyczne znaczenie ma ocena niezawodności tego systemu, czyli jego gotowości i wpływających na nią nieuszkodzalności, obsługiwalności i zapewnienia środków obsługi do wypełniania wymaganych funkcji (poprawne funkcjonowanie) związanych z wymaganiami w zakresie niezawodności i dostępności systemu [1], [2], jakością obsługi użytkowników autostrady [5], zapewnienia ciągłości usługi transportowej, oraz umożliwieniem dostarczania dochodów związanych z realizacją powyższych usług.

Uwzględniając wyżej wymienione czynniki, charakterystykę autostradowych systemów poboru opłat oraz pojęcie niezawodności i eksploatacji [6], [7] w odniesieniu do systemu

autorzy przyjęli określenie niezawodności eksploatacyjnej w odniesieniu do autostradowego systemu poboru opłat.

Niezawodność eksploatacyjna autostradowego systemu poboru opłat oznacza wspólną cechę systemu i procesu jego eksploatacji, wyrażającą gotowość i wpływające na nią: nieuszkodzalność, obsługiwalność wraz z zapewnieniem środków obsługi systemu do poprawnego funkcjonowania w określonym czasie z dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych.

Złożoność i różnorodność czynników ograniczających procesy eksploatacyjne w procesie transportowym znacząco utrudnia stosowanie jednego uniwersalnego wskaźnika oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowych systemów poboru opłat. Ocena niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat musi odbywać się w sposób kompleksowy przedstawiając wszystkie aspekty procesów ważnych z punktu widzenia użytkownika autostrady i obsługującego system a w szczególności w zakresie gotowości do wypełniania wyżej wymienianych funkcji.

Wszechstronna ocena autostradowego systemu poboru opłat możliwa jest poprzez opracowanie metodologii oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat opierającej się na wzajemnie powiązanych wskaźnikach cząstkowych dotyczących zarówno spełnienia wymagań w zakresie niezawodności i dostępności systemu oraz jakości obsługi użytkowników autostrady pomocnych w określeniu strategii eksploatacji analizowanego systemu umożliwiającej usprawnienie działania oraz obniżenie kosztów eksploatacji systemu. Rozpatrywanie autostradowego systemu poboru opłat w aspekcie zapewnienia ciągłości usługi transportowej wraz z zapewnieniem odpowiedniej jakości obsługi użytkowników wymusza traktowanie systemu poboru opłat jako modelu obsługi masowej, gdzie zgłoszenia użytkowników odbywają się w sposób losowy.

2. METODA OCENY NIEZAWODNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ AUTOSTRADOWEGO SYSTEMU POBORU OPŁAT

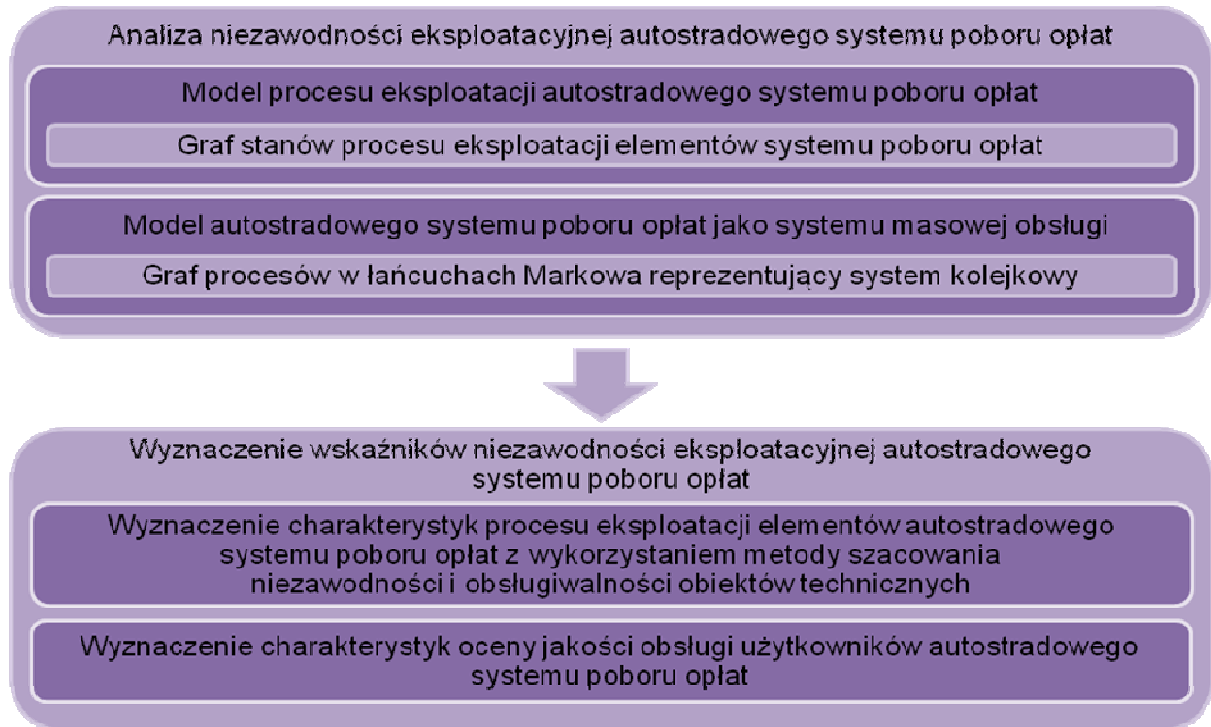
Celem opracowanej metody oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat jest ocena analizowanego systemu umożliwiająca dostosowanie strategii eksploatacyjnej, która zapewni spełnienie minimalnych wymagań w zakresie niezawodności i dostępności określonych w standardach i przepisach normatywnych wraz z zapewnieniem wymaganej dla zarządcy drogi krajowej [5] jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat.

Analizując wyposażenie techniczne rozpatrywanego autostradowego systemu poboru opłat oraz funkcje jakie ma on spełniać w stosunku do użytkowników, należy uwzględnić uszkodzenia systemu, jego strategię obsługi, naprawy oraz możliwości odnowy. Kluczowym czynnikiem mającym wpływ na niezawodność eksploatacyjną systemu jest niezawodność elementów technicznych będących składowymi analizowanego systemu.

Sam proces poboru opłat powinien przebiegać sprawnie, zapewniać ciągłość usługi transportowej oraz odpowiednią jakość obsługi użytkownika drogi płatnej. Użytkownicy dróg akceptują fakt pobierania opłaty za przejazd pod warunkiem gwarancji odpowiedniego komfortu jazdy drogami krajowymi a co za tym idzie również zapewnieniu jakości obsługi użytkowników uiszczających opłatę wraz z zapewnieniem ciągłości usługi transportowej. Komfort ten może zagwarantować wprowadzenie Elektronicznego Systemu Poboru Opłat ale w najbliższych latach system poboru opłat będzie systemem mieszanym [2]. Ta niejednorodność systemu poboru opłat wymusza na zarządcy danego odcinka autostrady stosowanie manualnego systemu poboru opłat wraz z elektronicznym co dodatkowo podnosi

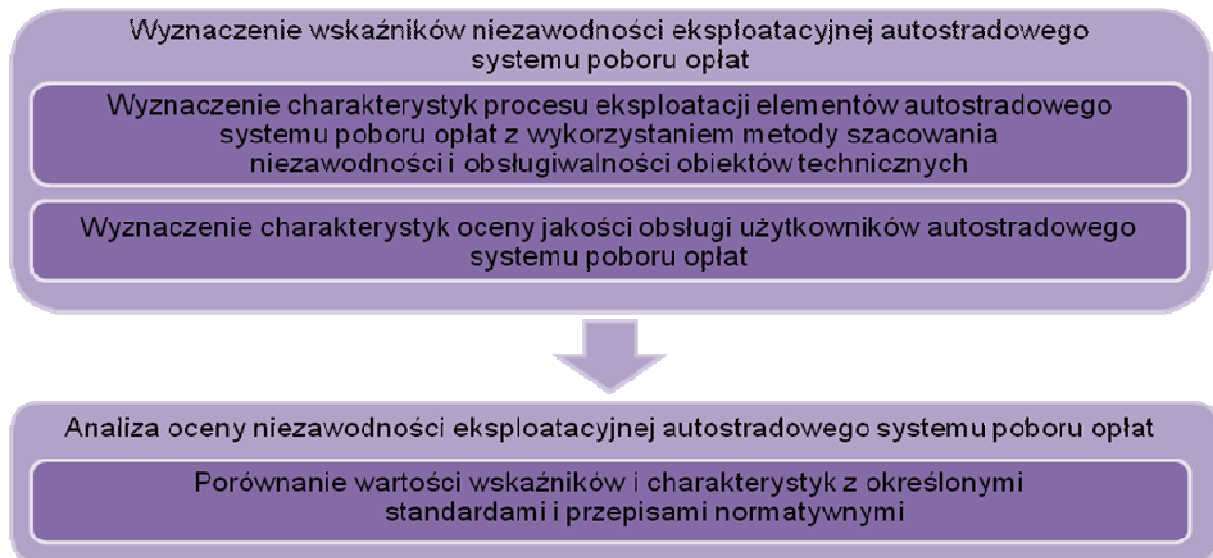
koszty eksploatacji systemu i uniemożliwia zapewnienie jednakowej jakości obsługi płatności dla każdego rodzaju pojazdu. Dlatego też istotną kwestią, obok niezawodności poszczególnych elementów technicznych systemu, w aspekcie niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat jest zapewnienie przez zarządcę drogi krajowej odpowiedniego poziomu jakości obsługi użytkowników autostradowego poboru opłat.

Schemat metody oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat została przedstawiona na rysunku 1a i 1b.



Rys. 1a. Schemat metody oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat
Źródło: opracowanie własne.

W początkowej fazie (Rysunek 1a) metoda polega na analizie elementów elektromechanicznych autostradowego systemu poboru opłat z punktu widzenia niezawodności eksploatacyjnej. Analiza ta uwzględnia stworzenie modelu procesu eksploatacji systemu poboru opłat wraz z grafami stanów procesu eksploatacji poszczególnych elementów systemu poboru opłat. W celu wyznaczenia wartości wskaźników intensywności przejść pomiędzy stanami w grafie wymagane jest oszacowanie wskaźników z wykorzystaniem metody szacowania niezawodności i obsługiwalności obiektów technicznych oraz na tej podstawie wyznaczenie wskaźników gotowości elementów ocenianego systemu. Jednocześnie tworzony jest graf procesów w łańcuchach Markowa reprezentujący model autostradowego systemu poboru opłat jako system masowej obsługi. Wyznaczane są charakterystyki jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat w postaci średniego czasu oczekiwania pojazdu w kolejce do stanowiska poboru opłat (\bar{t}') oraz średniej liczby pojazdów oczekujących na pobór opłaty (\bar{v}'). W następnym etapie metody (Rysunek 1b) następuje porównanie wyznaczonych charakterystyk z wartościami określonymi w standardach i przepisach normatywnych [1], [5].



Rys. 1b. Schemat metody oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat
Źródło: opracowanie własne.

W wyniku porównania oszacowanych wartości gotowości systemu oraz charakterystyk oceny jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat z wartościami wymaganymi w standardach i przepisach normatywnych istnieje możliwość oceny analizowanego systemu poboru opłat i dostosowania jego strategii eksploatacyjnej tak by spełniał on wymaganą gotowość przedstawioną w wymaganiach i przepisach normatywnych.

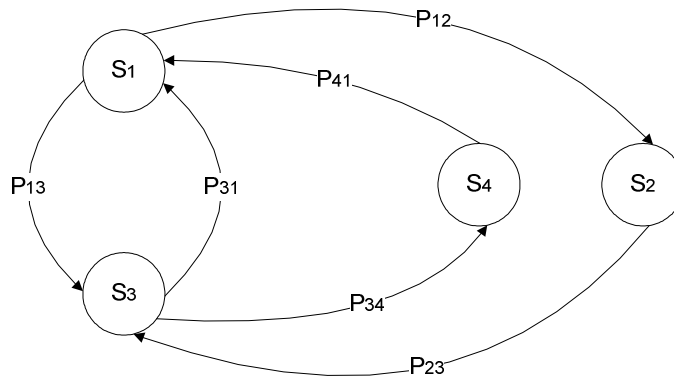
3. ANALIZA NIEZAWODNOŚCIOWA AUTOSTRADOWEGO SYSTEMU POBORU OPŁAT

Jednym z niezbędnych parametrów wyznaczania strategii eksploatacji jest znajomość struktury niezawodnościowej autostradowego systemu poboru opłat. Analizując model procesu eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat przedstawiony na rysunku 2 oraz specyfikę funkcjonowania autostradowego systemu poboru opłat, można stwierdzić iż analizowany system jest obiektem złożonym w sensie niezawodnościowym. Manualny system poboru opłat można określić jako zorganizowany zbiór i -obiektów prostych e_i systemu, który ma wykonać określone zadanie polegające na pobraniu opłaty za przejazd zachowując stosowny poziom gotowości przy odpowiednim poziomie jakości obsługi użytkowników tego systemu.

W ujęciu niezawodnościowym analizowany manualny system poboru opłat należy rozpatrywać zarówno w aspekcie wpływu natężenia ruchu pojazdów na niezawodność bezpieczeństwa systemu poboru opłat, rozumianą jako zdolność do zapewnienia realizacji usługi poboru opłaty na zadanym poziomie jakości, wraz ze specyfiką funkcjonowania systemu uwzględniając podstawowe jego zadania do realizacji w odniesieniu do użytkowników autostrady. Analizując strukturę niezawodnościową systemu należy uwzględnić proces eksploatacji systemu przedstawiony jako model procesu eksploatacji oraz zdolność systemu do zapewnienia realizacji usługi poboru opłaty na odpowiednim poziomie jakości przedstawiony jako model (rysunek 2) zbieżny z ideą ogólnego modelu systemu bezpiecznego w zastosowaniach dla potrzeb transportu (rysunek 3) [9].

Analizując proces eksploatacji systemu, uwzględniając zbiór stanów funkcjonalnych [7] autostradowego systemu poboru opłat związanych z obsługą użytkowników, można wyróżnić cztery stany eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat:

- S_1 - stan wyczekiwania, czyli niedziałanie systemu w stanie zdatności ze względu na oczekiwanie na realizację usługi poboru opłaty;
- S_2 - stan zdatności, czyli realizacja usługi poboru opłaty;
- S_3 - stan częściowej zdatności (częściowa naprawa przy możliwości częściowej realizacji usługi poboru opłaty);
- S_4 - stan niezdatności (stan naprawy przy braku realizacji usługi poboru opłaty).



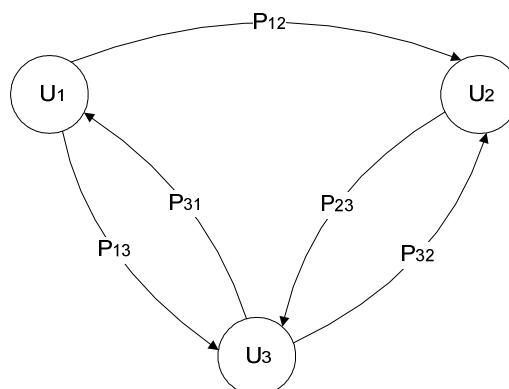
Rys. 2. Graf stanów ogólnego procesu eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat.

P_{ij} – prawdopodobieństwo przejścia pomiędzy stanami procesu eksploatacji i, j ze zbioru stanów S .

Źródło: opracowanie własne.

Analizując system w aspekcie zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości usługi poboru opłaty (rysunek 3) można wyróżnić trzy stany [7] pracy autostradowego systemu poboru opłat:

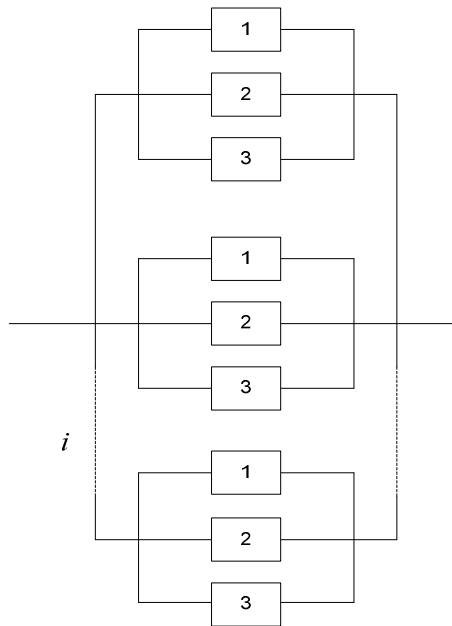
- U_1 - stan niezdatności, czyli przekroczenie krytycznych wartości czasów obsługi pojazdów i brak możliwości obsługi kolejnych pojazdów w zadanym czasie – powstanie zatoru,
- U_2 - stan zdatności, czyli wszystkie zgłaszające się pojazdy są obsługiwane w wyznaczonym czasie,
- U_3 - stan niezdatności częściowej, czyli powstanie kolejki, której długość mieści się wprawdzie w założonych granicach, jednak nie można zagwarantować przejścia do stanu niezdatności.



Rys. 3. Graf stanów autostradowego systemu poboru opłat w aspekcie zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości usługi. P_{ij} – prawdopodobieństwo przejścia pomiędzy stanami i, j ze zbioru stanów U .

Źródło: opracowanie własne.

Analiza przedstawionych powyżej modeli autostradowego systemu poboru opłat zarówno w aspekcie zapewnienia odpowiedniego poziomu jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat jak i procesu eksploatacji systemu, umożliwiły przedstawić ogólną strukturę niezawodnościową analizowanego systemu. Przy założeniu, że każdy z elementów systemu uszkadza się niezależnie oraz poziom jakości usługi systemu na każdym stanowisku poboru opłat zmienia się w sposób niezależny, to strukturę niezawodnościową autostradowego systemu poboru opłat można przedstawić jako równoległą. Autostradowy system poboru opłat posiada i stanowisk poboru opłat, z których każde może zapewnić odpowiedni poziom jakości obsługi użytkownika systemu. Interpretację graficzną niezawodnościowej struktury autostradowego systemu poboru opłat przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Niezawodnościowa struktura równoległa autostradowego systemu poboru opłat.

Źródło: opracowanie własne.

4. PROCES RACJONALIZACJI EKSPLOATACJI AUTOSTRADOWEGO SYSTEMU POBORU OPŁAT

Przedstawiona w powyższym rozdziale metoda oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat umożliwia na wyznaczenie wskaźników niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat w celu określenia potrzeby racjonalizacji procesu eksploatacji systemu poprzez dobór strategii eksploatacji analizowanego systemu.

Autostradowy system poboru opłat jest obiektem złożonym (zorganizowany zbiór obiektów prostych) i konstruowanie w tym przypadku efektywnej strategii obsługi tego systemu jest trudne, ponieważ należy brać pod uwagę wzajemną zależność czasów poprawnej pracy obiektów prostych (obiekt traktowany jako niepodzielna całość) systemu. W przypadku obiektu prostego można stosować dowolną strategię wymian profilaktycznych i wyznaczyć optymalny dla tej strategii okres wymian profilaktycznych. Bardzo często ten optymalny okres obowiązuje przez cały czas jego użytkowania. W autostradowym systemie poboru opłat, który jest obiektem złożonym, wyznaczenie tylko jednego, jednakowego dla całego okresu eksploatacji okresu wymian profilaktycznych byłoby słuszną tylko wtedy, gdy uszkodzenie tego systemu byłoby równoznaczne z całkowitą odnową obiektu złożonego.

Oznaczałoby to jednoczesną wymianę wszystkich elementów systemu na nowe, bez względu na to, ile i które elementy rzeczywiście uległy uszkodzeniu. Postępowanie takie jest oczywiście nieekonomiczne i nieracjonalne.

Sformułowanie nowej strategii eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat wymaga znajomości kilku informacji dotyczących parametrów niezawodnościowych rozpatrywanego systemu oraz struktury niezawodnościowej systemu. Aby strategia spełniała rolę uniwersalnej, musi ona dotyczyć systemów o tzw. dowolnej koherentnej strukturze niezawodnościowej przy założeniu, że znana jest dystrybuanta $F(t_1, t_2, \dots, t_n)$ rozkładu łącznego czasów poprawnej pracy poszczególnych n elementów systemu przy znanej strukturze niezawodnościowej systemu. Dodatkowo zadaniem strategii optymalnej, dla obiektu złożonego, powinno być określenie takiej sekwencji działania profilaktycznego, aby zapewnić minimalizację oczekiwanych kosztów eksploatacji przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniego poziomu gotowości systemu [1].

Niech n oznacza liczbę elementów rozpatrywanego autostradowego systemu poboru opłat. Symbol e_i oznacza i -ty element manualnego systemu poboru opłat, a symbol E oznacza zbiór wszystkich elementów systemu. Zbiór E posiada 2^n różnych podzbiorów Ω elementów systemu.

Uszkodzenie i -tego elementu e_i systemu to przekroczenie przez wartości wyróżnionych parametrów elementu e_i systemu obszaru wartości dopuszczalnych (odpowiedniego poziomu gotowości systemu oraz poziomu jakości obsługi użytkowników systemu). Przyjęto, że każdy element systemu oraz sam system przyjmować może dwa stany niezawodnościowe, stan zdatności i stan niezdatności. Ponadto uszkodzenie systemu jest natychmiast wykrywane a identyfikacja elementów, które spowodowały uszkodzenie systemu wymaga przeprowadzenia przeglądu całego autostradowego systemu poboru opłat. Założono, iż przeprowadzony przegląd jest doskonały, tzn. uszkodzenie dowolnego i -tego elementu e_i systemu jest zawsze wykrywane po dokonaniu przeglądu a poprawnie funkcjonujący element nigdy nie jest wymieniany na nowy, lub identyfikowany jako uszkodzony. Dodatkowo przegląd systemu nie powoduje uszkodzenia elementów.

Założono iż *wymiana wymuszona* w ramach strategii eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat to taka wymiana i -tego elementu e_i systemu, która usuwa uszkodzenie systemu. Wymiana ta zachodzi po uszkodzeniu systemu i jest konieczna do poprawnego działania systemu przy odpowiednim poziomie gotowości.

Założono iż *wymiana profilaktyczna* w ramach strategii eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat umożliwia wymianę i -tego elementu e_i systemu lub grupy elementów Ω systemu przed uszkodzeniem systemu. Wymiana ta ma na celu zastąpienie elementów sprawnych lub grupy elementów systemu, których określone cechy są z pewnego punktu widzenia niezadowolające np. nie spełniają wymaganego poziomu gotowości lub wymaganego poziomu jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat. Okres wymiany profilaktycznej to przedział czasu pomiędzy ostatnią wymianą profilaktyczną lub wymuszoną a chwilą najbliższej planowanej wymiany profilaktycznej podzbioru Ω elementów systemu.

Proces racjonalizacji eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat poprzez dobór strategii eksploatacji systemu może być realizowany z wykorzystaniem następujących kroków:

- 1) Wyznaczany jest optymalny podzbiór grupy elementów technicznych $\Omega' \subset E$ autostradowego systemu poboru opłat oraz optymalny okres wymiany profilaktycznej w' minimalizujące odpowiednią funkcję celu.

- 2) W przypadku gdy następuje uszkodzenie autostradowego systemu poboru opłat przeprowadzany jest przegląd wszystkich jego elementów w celu ustalenia uszkodzonych e_i elementów systemu a następnie są wymieniane na nowe. Wymiana elementów systemu następuje w stosunku do elementów uszkodzonych oraz tych które się uszkodziły ale nie spowodowały bezpośrednio awarii systemu.
- 3) W przypadku gdy przez optymalny okres wymiany profilaktycznej w' autostradowy system poboru opłat się nie uszkodził to dokonywany jest przegląd jego i -elementów e_i systemu, a następnie wymieniane są elementy należące do poprzednio wyznaczonego podzbioru grupy elementów $\Omega' \subset E$ oraz wszystkie elementy, które przez okres w' się nie uszkodziły i nie spowodowały uszkodzenia systemu.
- 4) W przypadku wykonania wymiany wymuszonej lub profilaktycznej wyznaczany jest ponownie optymalny zbiór elementów $\Omega' \subset E$ przewidzianych do wymiany profilaktycznej oraz optymalny okres wymiany profilaktycznej poprzez modyfikacje funkcji celu. Następnie wykonywane są punkty 2, 3 i 4 wyznaczania strategii eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat.
- 5) Proces optymalizacji parametrów decyzyjnych strategii eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat.

Wielkości w i Ω to parametry decyzyjne strategii eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat oraz w' i Ω' to wartości optymalne tych parametrów. Parametry te decydują o rodzaju elementów technicznych autostradowego systemu poboru opłat i po upływie jakiego czasu mają być poddane wymianie profilaktycznej.

PODSUMOWANIE

Przedstawiona metoda oceny niezawodności eksploatacyjnej autostradowego systemu poboru opłat umożliwia w rezultacie uzyskać informacje w postaci charakterystyk procesu eksploatacji elementów systemu oraz charakterystyk oceny jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat. Charakterystyki te pozwalają określić czy istnieje konieczność przeprowadzenia procesu racjonalizacji eksploatacji systemu polegającego na określeniu strategii eksploatacji autostradowego systemu poboru opłat. Strategia ta ma umożliwić spełnienie wymagań w zakresie niezawodności i dostępności systemu wraz z zapewnieniem odpowiedniego poziomu jakości obsługi użytkowników autostradowego systemu poboru opłat. Zaprezentowana metoda może być wykorzystywana do opracowywania harmonogramu pracy systemu przy określonej gotowości i ustalonym wyposażeniu, tak by nie było konieczności jego modyfikacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad: Podstawowe Wymagania Techniczne do Projektowania, Budowy, Eksploatacji i Zwrotu Autostrady: Wymagania użytkowe – niezawodność i dostępność systemu, Warszawa 2007.
- [2] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad: Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia. Przetarg ograniczony na Krajowy System Poboru Opłat, w tym czynności związane z poborem Opłaty Elektronicznej, Warszawa 2010.
- [3] Niebieska Księga: Infrastruktura drogowa, Wydawnictwo Jaspers, Warszawa 2008.
- [4] Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych oraz o Krajowym Funduszu Drogowym, Tekst jednolity Dz. U. 2004.256.2571.

- [5] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad: Podstawowe Wymagania Techniczne do Projektowania, Budowy, Eksploatacji i Zwrotu Autostrady A2 Stryków I – Konotopa, Warszawa 2008.
- [6] Polska Norma PN-ISO-9004-2: Zarządzanie jakością i elementy systemu jakości – wytyczne dotyczące usług, Warszawa 1994.
- [7] Polska Norma PN-93/N-50191: Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność, jakość usługi, Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, Warszawa 1994.
- [8] Jaźwiński J., Grabski F.: Niektóre problemy modelowania systemów transportowych, Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2003.
- [9] Ważyńska-Fiók K., Jaźwiński J.: Niezawodność systemów technicznych, PWN, Warszawa 1990.
- [10] Nowakowski T.: Metodyka prognozowania niezawodności obiektów mechanicznych, OWPW, Wrocław 1999.
- [11] Siergiejczyk M.: Niezawodność cyfrowych systemów telekomunikacyjnych. Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowej, Transport XXI wieku, Warszawa 2004.
- [12] Rychlicki M.: Teleinformatyczna technologia integracji zarządzania i usług w systemach transportowych, WT PW, Warszawa 2002.

OPERATIONAL RELIABILITY EVALUATION OF THE MOTORWAY TOLL COLLECTION SYSTEM

Abstract:

The paper presents the concept of operational reliability in terms of motorway toll collection system with operational reliability assessment methodology. The method can result in the rationalization of operating motorway toll collection system by proposing strategies for the system. This strategy is designed to enable fulfillment of the requirements for reliability and availability of the system along with ensuring the quality of service users motorway toll system.

Keywords: operational reliability, motorway toll collection system, the method of forecasting reliability and maintainability technical facilities, rationalization of the exploitation of motorway toll collection system.