

Krzysztof BOJDA¹
Marek MŁYŃCZAK²
Franciszek J. RESTEL¹

KONCEPCJA INFORMATYCZNEGO SYSTEMU WSPOMAGANIA ZARZĄDZANIEM EKSPLOATACJĄ AUTOBUSÓW SZYNOWYCH

W artykule opisano założenia projektowanego informatycznego systemu wspomaganie zarządzaniem eksploatacją autobusów szynowych. Zdefiniowano najważniejsze parametry jakie powinny być uwzględniane w systemie. Przedstawiono procesy użytkowania i obsługi autobusów szynowych oraz elementy systemu transportu szynowego. Podjęto próbę klasyfikacji potencjalnych źródeł zakłóceń. Opisano system informatyczny, określając jego parametry, funkcjonalność i architekturę oraz źródła danych.

THE CONCEPT OF SOFTWARE SUPPORT SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF RAILCAR OPERATION

In this paper we discuss the backgrounds for projected software system dedicated for supporting the management of railcar operation. The main parameters to be included in the system have been defined. The processes of usage and maintenance of railcars as well as the elements of rail transportation system were shown. The attempt to classify the potential sources of disturbances was made. We introduced also the preliminaries for the software system parameters, functionality, architecture and data sources.

1. WSTĘP

Założenia systemu wspomagającego zarządzanie eksploatacją wymagają na wstępie wyjaśnienia bazy pojęciowej i zakresu działania systemu.

Eksploatacja jest fazą istnienia obiektu technicznego rozpoczynającą się z chwilą przejścia go przez użytkownika i trwającą aż do chwili kasacji [11]. Obejmuje ona „zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych, mających na celu umożliwienie

¹Zakład Logistyki i Systemów Transportowych, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Politechnika Wrocławska, ul. I. Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław, {krzysztof.bojda,franciszek.restel}@pwr.wroc.pl, tel. (+48) 71 320 20 04

² Zakład Logistyki i Systemów Transportowych, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Politechnika Wrocławska, ul. I. Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław, marek.mlynczak@pwr.wroc.pl, tel. (+48) 71 320 38 17

obiektowi wypełnianie wymaganych funkcji. Eksploatacja obiektu w sensie działania, zachodzi w systemie eksploatacji i obejmuje użytkowanie i obsługiwanie obiektu, a opisywane jest przez zmienność stanów elementów systemu w czasie zwaną procesem eksploatacji.

Zarządzanie jest pojęciem wieloaspektowym i spośród wielu definicji podawanych w literaturze, najbardziej odpowiednią w odniesieniu do zarządzania eksploatacją jest definicja opisująca zarządzanie jako "działanie zmierzające do spowodowania funkcjonowania rzeczy, organizacji lub osób podległych, zgodnie z celami zarządzającego" [1].

Działanie to obejmuje głównie podejmowanie decyzji, czyli dokonywanie dobrych wyborów między różnymi rozwiązaniami problemu. Podejmowanie decyzji zachodzi w kilku zasadniczych krokach [10]:

- identyfikacja problemu,
- sformułowanie celu,
- określenie sposobów rozwiązań problemu, analiza wpływu sposobu rozwiązania na osiągnięcie celu (stopień spełnienia celu),
- wybór najlepszego rozwiązania,
- weryfikacja i zbadanie poprawności podjętej decyzji.

Zarządzanie można więc określić jako iteracyjne dochodzenie do określonego celu, poprzez podejmowanie kolejnych decyzji opartych na danych pochodzących ze sprzężenia zwrotnego pomiędzy decydem, a problemem.

Efektywność eksploataowania to ocena stopnia realizacji zadań operacyjnych przy danych nakładach lub nakłady przy danym stopniu ich realizacji [5]. W ocenie uwzględnia się kryteria ekonomiczne, techniczne i organizacyjne.

Niezawodność jest określana jako zespół właściwości, które opisują **gotowość** obiektu i wpływające na nią: **nieuszkodzalność**, **obsługiwalność** i zapewnienie środków obsługi [11].

Charakterystyki niezawodności są atrybutami oceny niezawodności występującymi w postaci statystycznych charakterystyk liczbowych i funkcyjnych. Charakterystyki te wartościują zmienne losowe opisujące uszkodzalność i naprawialność obiektów technicznych [3, 4]. Fizyczną postacią zmiennych jest czas, odległość (droga, przebieg), liczba cykli, ilość wykonanej pracy, itp. Do najważniejszych charakterystyk należą: wartość oczekiwana, odchylenie standardowe, funkcja gęstości prawdopodobieństwa $f(x)$, dystrybuanta zmiennej losowej (dystrybuanta uszkodzeń) $F(x)$, funkcja niezawodności $R(x)$, funkcja intensywności uszkodzeń $\lambda(x)$, skumulowana funkcja intensywności uszkodzeń $A(x)$.

Struktura jest to pojęcie systemowe określające relacje między elementami systemu, niekiedy także utożsamiane z samym systemem [9].

Zagrożenie oznacza stan systemu z potencjalną możliwością przejścia do stanu utraty bezpieczeństwa. Zagrożenie jest też definiowane jako potencjalne źródło strat.

Ryzyko jest określane jako kombinacja (najczęściej iloczynowa) możliwości zajścia zdarzenia niepożądanego, mierzonego częstością lub prawdopodobieństwem odniesionym do przedziału czasu i wielkością straty [12].

Analiza ryzyka to określenie zagrożeń, oszacowanie możliwości ich występowania oraz oszacowanie wielkości skutków tych zagrożeń, a następnie obliczenie ryzyka [12].

Ocena ryzyka jest procesem analityczno-badawczym wchodzącym w skład zarządzania ryzykiem, obejmującym analizę ryzyka i wyznaczenie poziomu dopuszczalności ryzyka oraz podjęcie decyzji o warunkach jego akceptacji [12].

Inżynieria oprogramowania w wyczerpujący sposób opisuje poszczególne etapy procesu wytwórczego. W kontekście tworzonego systemu wspomagania zarządzaniem eksploatacją, w poniższym artykule skupiono się na aspektach początkowej fazy projektowania systemu informatycznego, obejmujących zidentyfikowanie i zdefiniowanie wymagań stawianych oprogramowaniu, ze szczególnym uwzględnieniem uwarunkowań otoczenia.

2. PROCES EKSPLOATACJI AUTOBUSÓW SZYNOWYCH

2.1. AUTOBUS SZYNOWY

Autobus szynowy³ (AS) jest pojazdem wyposażonym w spalinowy układ napędowy. Aby pojazd (będący pośrednikiem działania) mógł osiągnąć cel działania, musi występować podmiot, który stanowi obsługa pociągu (maszynista i drużyna konduktorska). Zasadniczym celem działania AS jest przemieszczanie pasażerów (przedmiotów działania) w ustalonych relacjach. Stąd można określić łańcuch użytkowania jako zbiór podmiotu, pośrednia (narzędzia) i przedmiotu działania:

$$P = \langle s, p, k \rangle$$

gdzie:

P - łańcuch użytkowania (pociąg);

s - podmiot działania, czyli służba trakcji i ruchu (maszynista i drużyna konduktorska);

p - pośrednik działania, czyli pojazd;

k - przedmiot działania, czyli klient (pasażer).

W procesie użytkowania następuje degradacja pośrednia działania (pojazdu) polegająca na starzeniu, zużywaniu się, utracie potencjału eksploatacyjnego. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu potencjału eksploatacyjnego prowadzi do stanu niezdatności. Przywrócenie stanu zdatności następuje w procesie obsługi, w którym pojazd jest przedmiotem działania.

Na proces ten składają się obsługi wykonywane w zależności od upływu czasu eksploatacji lub przebiegu, których zakres określony jest w dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR). Strukturę cykli obsługi przedstawiono na rys. 1.

Najniższym poziomem obsługi AS jest przegląd kontrolny (PK), w którym zawarte są czynności wykonywane cyklicznie (co kilka tysięcy kilometrów). Ich celem jest zapewnienie zdolności do użytkowania. W ramach PK ocenia się najbardziej istotne zespoły oraz układy w kontekście bezpiecznej i niezawodnej pracy. Zaopatruje się pojazd w materiały eksploatacyjne i wymienia elementy zużywające się podczas eksploatacji. Nie wykonuje się natomiast pomiarów wybranych parametrów zużywających się elementów.

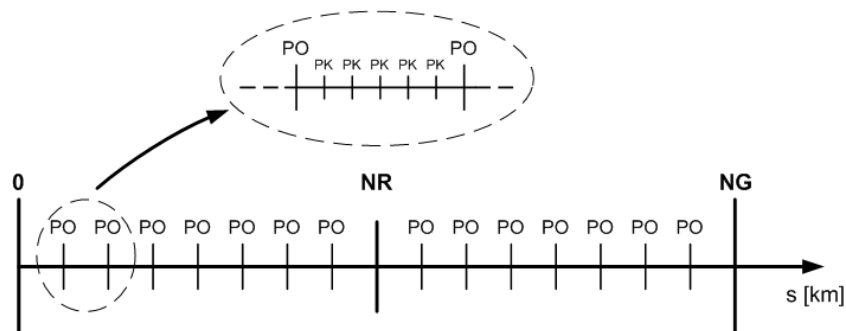
Po kilku przeglądach kontrolnych przeprowadza się przegląd okresowy (PO). Wykonywany cyklicznie (co kilkadziesiąt tysięcy kilometrów lub określoną liczbę dni)

³ Nazwa ta jest również błędnie stosowana w kontekście wagonów silnikowych i spalinowych zespołów trakcyjnych.

w celu sprawdzenia (pomiarów wybranych parametrów) stanu technicznego pojazdu. W ramach PO sprawdza się układ biegowy, ciągnowo-zderzakowy i hamulcowy. W przypadku stwierdzenia uszkodzeń przeprowadzane są naprawy bieżące. Wymienia się elementy niepozwalające na niezawodne i bezpieczne użytkowanie do następnego przeglądu. Ponadto uzupełniane są smary we wszystkich węzłach ciernych oraz poprawiane są powłoki ochronne i napisy. Po wykonaniu PO odbywają się próby odbiorcze zgodnie z DTR.

Wyższym poziomem obsługi są naprawy. Pierwszym rodzajem są naprawy rewizyjne (NR), wykonywane po kilku do kilkunastu PO na poziomie kilkuset tysięcy kilometrów. Podczas NR doprowadza się pojazd do stanu określonego szczegółowo w DTR, dokumentacji konstrukcyjnej, itp. Demontuje się częściowo elementy, podzespoły, zespoły i maszyny z pojazdu szynowego, przeprowadzając przegląd, a następnie naprawę lub wymianę. Sporządzany jest protokół oraz przeprowadzane są próby odbiorcze.

W przypadku starszych pojazdów wykonywano w trakcie eksploatacji kilka NR, co kilkaset tysięcy kilometrów. Obecnie wykonuje się na poziomie np. drugiej NR naprawę główną (NG), w ramach której otrzymuje się pojazd o stanie zbliżonym do nowego. Zakres prac obejmuje NR, przy czym następuje pełny demontaż elementów pojazdu, sprawdzając je szczegółowo. Koszty takiej naprawy sięgają zatem ok. 60-70% kosztu zakupu nowego pojazdu⁴.



Rys. 1 Struktura cykli przeglądów i napraw.

2.2. SYSTEM TRANSPORTU SZYNOWEGO

Pociąg jako środek transportu stanowi element łańcucha użytkowania tworząc łącznie z otoczeniem (infrastruktura i środowisko naturalne) układ działania. Do wykonania działania, czyli przewozu pasażerów, musi poruszać się w systemie transportowym, którym jest sieć kolejowa. Podstawowa infrastruktura wykorzystywana przez pociąg⁵ w procesie transportowym składa się z:

- punktów handlowych, w skład których wchodzi:
 - dworce kolejowe,
 - przystanki osobowe,

⁴ W związku z oszczędnościami zdarzają się jednak przypadki w których koszty NG to zaledwie 40 % nowego pojazdu, co jednak negatywnie rzutuje na jakość.

⁵ Którego pośrednikiem działania jest spalinowy pojazd trakcyjny.

- posterunków ruchu (obszary stacji, posterunki odgałęźne, itp.), w skład których wchodzi:
 - nastawnie (dysponujące i wykonawcze) lub sterowane zdalnie,
 - nawierzchnia torowa w obrębie posterunku,
 - rozjazdy, wykołajnice, itp. (oraz ich napędy),
 - budowle inżynierskie (mosty, itp.),
 - semafony,
 - urządzenia łączności (radiotelefon, łączność z innymi posterunkami, itp.),
 - jednopoziomowe przejścia dla pieszych i przejazdy kategorii A i D,
 - inne urządzenia przytorowe,
- linii kolejowych, w skład których wchodzi:
 - nawierzchnia torowa,
 - urządzenia sterowania ruchem (np. samoczynna blokada liniowa),
 - budowle inżynierskie (wiadukty, itp.),
 - jednopoziomowe przejścia dla pieszych i przejazdy kategorii A, B, C i D,
 - inne urządzenia przytorowe.

Uwzględniając zatem infrastrukturę użytkowaną przez pociąg można przedstawić łańcuch transportowy jako uporządkowaną trójkę elementów niezbędnych do wykonania procesu przewozowego:

$$T = \langle D, I, P \rangle$$

gdzie:

T – łańcuch transportowy;

D – podmiot działania, czyli dyżurni ruchu, dyspozytorzy, itp.;

I – pośrednik działania, czyli infrastruktura biorąca udział w procesie transportowym;

P – przedmiot działania, czyli pociąg.

Infrastruktura transportu szynowego, podobnie do pojazdu szynowego, wymaga obsługi pozwalającej na utrzymanie jej w stanie zdadności. Biorąc pod uwagę, że prace utrzymaniowe planowane są z wyprzedzeniem i uwzględniane w zmianach rozkładu jazdy, aspekt ten staje się mało istotny dla przewoźnika.

Obok infrastruktury użytkowanej w ramach procesu transportowego występuje jeszcze zaplecze techniczne (zbiór obiektów infrastrukturalnych, urządzeń i narzędzi) potrzebne do procesu obsługi pojazdów. Zaplecze powinno być zatem dopasowane do potrzeb przewoźnika oraz eksploatowanych pojazdów. Powinno umożliwiać prawidłową obsługę jakościową i ilościową, a także zbieranie danych eksploatacyjnych na temat uszkodzeń, zużywanych materiałów i elementów, itp. Mimo tego, nie odnotowano faktu, aby po wprowadzeniu w Polsce do eksploatacji AS powstały wyspecjalizowane motowagonownie, jak to miało miejsce w przypadku wagonów silnikowych „Lux-torpeda” (por. [7]). Skutkuje to często w nieodpowiedniej obsłudze, co wpływa niekorzystnie na niezawodność pojazdu.

3. ZJAWISKA LOSOWE W EKSPLOATACJI AUTOBUSÓW SZYNOWYCH

Opisane powyżej zagadnienia sugerują, że proces eksploatacji pojazdów szynowych jest zdeterminowany. Przeglądy i naprawy, obiegi taboru oraz czasy pracy służby trakcji i ruchu planowane są z wyprzedzeniem. Podobnie wygląda sprawa okien czasowych podczas

użytkowania infrastruktury, które są ustalone i podane w służbowym rozkładzie jazdy pociągów. Pasażer, jako element łańcucha użytkowania, posiada również informacje na temat godziny odjazdu/przyjazdu, czasu jazdy i obsługiwanych punktów handlowych, które zawarte są w ogólnodostępnym rozkładzie jazdy pociągów.

Mimo to dochodzi do zakłóceń, w wyniku których uniemożliwione jest planowe wykonanie rozkładu jazdy. Przyczyną tego są zdarzenia losowe występujące na poziomie pociągu i systemu transportowego, który ponadto znajduje się w pewnym otoczeniu. W związku z tym można określić strukturę potencjalnych źródeł zdarzeń niepożądanych, uniemożliwiających planową realizację rozkładu jazdy:

- otoczenie, w którym potencjalnymi źródłami zakłóceń są:
 - pojazdy kołowe,
 - piesi,
 - zwierzęta,
 - warunki atmosferyczne,
 - system transportowy, w którym potencjalnymi źródłami zakłóceń są:
 - **pracownicy,**
 - **infrastruktura:**
 - nawierzchnia torowa,
 - urządzenia sterowania ruchem,
 - urządzenia zabezpieczenia jednopoziomowych przejść dla pieszych i przejazdów,
 - urządzenia łączności,
 - **pociąg**, w którym potencjalnymi źródłami zakłóceń są:
 - obsługa,
 - pojazd,
 - pasażerowie,
 - inne:
 - opóźnienia wtórne,
 - inne pojazdy szynowe, utrudniające ruch,
 - wandalizm i kradzieże,
- inne.

W powyższej strukturze pogrubiono te elementy, które zawarte są w zdeterminowanym łańcuchu transportowym, natomiast podkreślono elementy łańcucha użytkowania autobusu szynowego.

4. OPIS SYSTEMU INFORMATYCZNEGO

4.1 Motywacja

Na rynku oprogramowania dostępne są gotowe produkty służące do zarządzania flotą pojazdów. Zorientowane są jednak zwykle przede wszystkim na potrzeby przewoźników drogowych. Specyfika eksploatacji taboru szynowego, jak również konieczność tworzenia raportów wg ściśle określonych formatów oraz kompleksowa analiza gromadzonych danych na podstawie których realizowane będzie wnioskowanie systemu wspomagającego zarządzaniem eksploatacją, utrudniają użycie programów standardowych i skłaniają do

opracowania rozwiązania dedykowanego. Niezbędne jest także uwzględnienie integracji z systemami informatycznymi już użytkowanymi przez przewoźnika.

4.2 Określenie aktorów i parametrów systemu

Opis wymagań użytkowników systemu informatycznego modeluje się najczęściej za pomocą przypadków użycia. Początkowy etap projektowania obejmuje identyfikację aktorów – możliwe jest w tym celu wykorzystanie schematu opisującego strukturę przedsiębiorstwa, a także przeprowadzenie bezpośrednich wywiadów z przyszłymi użytkownikami systemu. Na obecnym etapie prac nad systemem wyróżnić można następujących aktorów:

- pracownik biura:
 - użytkownik aktywny,
 - obserwator,
- serwisant,
- administrator,
- zamawiający przewozy.

Uzupełnieniem opisu modelu systemu są oszacowania ilościowe, dzięki którym wstępnie zdefiniować można oczekiwaną wydajność systemu informatycznego [8]. Parametry opisujące funkcjonowanie przewoźnika w zakresie objętym omawianym systemem przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Oszacowanie ilościowe dla omawianego systemu

Lp.	Parametr	Wartość
1	Liczba eksploatowanych pojazdów	10
2	Liczba pracowników spółki	125
3	Łączna liczba funkcjonujących typów raportów	15
4	Liczba jednoczesnych sesji dostępu użytkowników	10

Na podstawie [6].

4.3 Źródła danych

Przyjmuje się, że projektowany system wspomaganie zarządzaniem eksploatacją autobusów szynowych dla potrzeb analizy niezawodności i bezpieczeństwa opierać się będzie na danych pozyskiwanych z wielu źródeł informacji dotyczących zdarzeń i okoliczności ich występowania opisujących rzeczywisty proces eksploatacji.

Jeden z zasobów stanowią raporty o rzeczywistej realizacji przewozów udostępniane przez zarządcę infrastruktury kolejowej, przekazywane w formie cyfrowej. Przede wszystkim w obszarze zainteresowania znajdują się raporty bieżące generowane przez zespoły maszynistów, drużyn konduktorskich oraz system obsługi technicznej przewoźnika w oparciu o opracowane uprzednio formularze.

Na etapie organizowania projektu przewiduje się zidentyfikowanie procesów przetwarzania informacji, które możliwe są do transformacji do postaci elektronicznej przy wykorzystaniu już dostępnej infrastruktury komputerowej. Tym samym osiągnięte zostanie

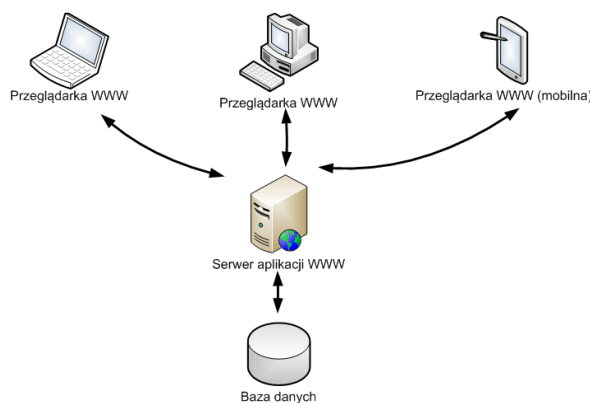
zarówno usprawnienie obiegu informacji dotyczących eksploatacji pojazdów, jak też i pozyskiwanie danych dla systemu bezpośrednio u źródła ich powstawania.

4.4 Architektura oprogramowania

Decyzję o wyborze określonej architektury tworzonego systemu podjąć należy stosunkowo wcześnie, gdyż stanowi ona podstawę projektu i implementacji oprogramowania.

Wybór technologii uwzględniać musi kwalifikacje i dotychczasowe doświadczenie zespołu wdrażającego, a także wymagany poziom pewności pracy systemu. Mając na uwadze rozproszenie potencjalnych eksploatorów aplikacji i związaną z tym potrzebę stworzenia różnych interfejsów dla poszczególnych użytkowników, oprogramowanie do zarządzania zebranymi danymi przewiduje się zrealizować w technologii aplikacji internetowej.

Wykorzystanie funkcjonalności przeglądarki internetowej ułatwi dostęp różnym użytkownikom systemu, nie wymaga instalacji ani u przewoźnika, ani u żadnego z jego ewentualnych podwykonawców. Jednocześnie całość stworzonego oprogramowania systemu umieszczona będzie w jednej lokalizacji, co istotnie ułatwi przyszłe procesy konserwacji i aktualizacji oprogramowania [8]⁶.



Rys.2 Trójwarstwowa architektura systemu informatycznego

Przedstawione w tab. 1 wymagania stanowią podstawę do oszacowania obciążenia aplikacji. Bardziej złożone raporty wykonywane są w cyklu tygodniowym lub miesięcznym. Zakładając, że jednocześnie z systemu korzystać będzie 10 użytkowników wykonujących orientacyjnie 2 operacje na minutę, uzyskujemy obciążenie 20 transakcji na minutę. Biorąc pod uwagę wydajność współczesnych serwerów (nawet w architekturze

⁶ Do uzgodnienia z przewoźnikiem pozostaje fizyczna lokalizacja oprogramowania: możliwe jest wykorzystanie istniejącej infrastruktury komputerowej ze stałym dostępem do sieci internetowej lub skorzystanie z wielu dostępnych na rynku ofert *hostingu*, czyli udostępnienia powierzchni dyskowej oraz wsparcia technologicznego na dedykowanych serwerach WWW.

jednoprocesorowej), szacunek ten w zupełności pozwala na umieszczenie wszystkich komponentów aplikacji na jednym serwerze.

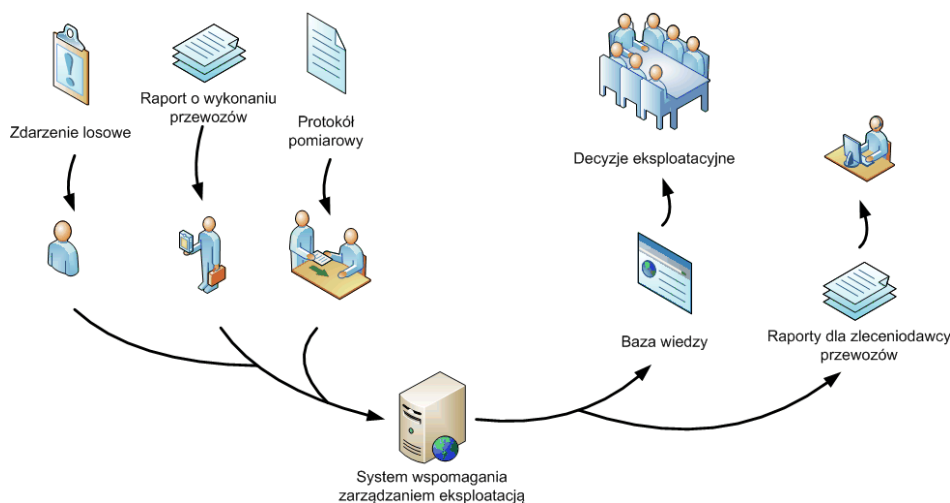
Architektura systemu obejmować będzie trzy podstawowe warstwy (rys. 2): relacyjnej bazy danych, serwera aplikacji WWW oraz warstwę prezentacyjną.

4.5 Funkcjonalność systemu

Docelowa funkcjonalność systemu wspomagającego zarządzaniem eksploatacją autobusów szynowych związana jest bezpośrednio z opracowanym wspólnie z przewoźnikiem katalogiem metod i algorytmów archiwizacji, przechowywania i weryfikacji danych (rys. 3).

Przewidywane w ramach projektu funkcje systemu informatycznego obejmować będą:

- ewidencjonowanie pojazdów,
- sygnalizację zbliżających się terminów przeglądów,
- interaktywne formularze do rejestracji regularnych czynności serwisowych,
- generowanie raportów eksploatacyjnych dla przewoźnika oraz zleceniodawcy,
- analizę statystyczną kosztów eksploatacji,
- moduł wspomagania decyzji dotyczących wykonywania napraw w pojazdach,
- możliwość eksportu zestawień do arkusza kalkulacyjnego,
- wydruk dokumentów wg formatu określonego dokumentacją techniczną systemu utrzymania pojazdów.



Rys.3 Koncepcja funkcjonowania systemu wspomagania zarządzania eksploatacją autobusów szynowych

5. WNIOSKI

Systemy informatyczne tworzone są w celu usprawnienia procesów zachodzących w przedsiębiorstwach. Specyfika branży kolejowej determinuje opracowanie rozwiązań

dedykowanych. W omawianym projekcie przewiduje się stworzenie oprogramowania wspomagającego zarządzaniem eksploatacją rozwijającej się floty autobusów szynowych.

W analizie niezawodności i bezpieczeństwa niezbędne jest pozyskanie informacji dotyczących następujących zdarzeń i okoliczności ich występowania opisujących rzeczywisty proces eksploatacji:

- data i miejsce zdarzenia,
- elementy systemu transportowego biorące udział w zdarzeniu,
- elementy infrastruktury biorące udział w zdarzeniu,
- okoliczności naturalne (pogoda, topografia, czas),
- liczba osób poszkodowanych (śmierć, obrażenia, liczba spóźnionych osób),
- czas trwania zakłócenia dla ruchu: zakłócenie bezpośrednie (np. zamknięcie drogi) i pośrednie (np. objazd),
- skutek zdarzenia, strata dla pasażera, środka transportu, infrastruktury technicznej, środowiska naturalnego,
- przyczyna zdarzenia,
- sposób usunięcia skutków zdarzenia.

Zmiennymi losowymi opisującymi charakterystyki niezawodności i bezpieczeństwa są najczęściej czasy między występowaniem zdarzeń. W zależności od celu i zakresu wspomagania zarządzania eksploatacją wykorzystuje się deterministyczne lub stochastyczne modele zjawisk, co powinno być uwzględnione w projektowanym systemie informatycznym.

Analiza działania przedsiębiorstwa skłania ku wdrożeniu aplikacji internetowej opartej o funkcjonalność przeglądarki internetowej. Dalsze etapy pracy nad projektem obejmować będą właściwy etap wdrożenia i ewaluacji funkcjonowania systemu, jak również wykonania obliczeń sprawdzających i weryfikacji obliczeń w ramach grantu naukowo-badawczego, w ramach którego tworzone jest oprogramowanie.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Gliński B.: *Mała encyklopedia ekonomiczna*, Warszawa, PWE, 1974.
- [2] Hebda M., Mazur T., Pelc H.: *Teoria eksploatacji pojazdów*, Warszawa, WKiŁ, 1978.
- [3] Kopociński B.: *Zarys teorii odnowy i niezawodności*, Warszawa, PWN, 1973.
- [4] Migdalski J. (red.): *Poradnik niezawodności. Podstawy matematyczne*, WEMA, Warszawa 1982.
- [5] Olearczuk E.: *Zarys teorii użytkowania urządzeń technicznych*, Warszawa, WNT, 1972.
- [6] Oprac. zb.: *Koleje Dolnośląskie Spółka Akcyjna. Raport roczny 2009*, Legnica, 2010.
- [7] Pokropiński B.: *Lux-torpeda PKP*, Warszawa, WKiŁ, 2007.
- [8] Sacha K.: *Inżynieria oprogramowania*, Warszawa, PWN 2010.
- [9] Sadowski W.: *Podstawy ogólnej teorii systemów*, Warszawa, PWN, 1978.
- [10] Samuelson W. F., Marks S. G., *Ekonomia menedżerska*, Warszawa, PWE, 1998.
- [11] Polska Norma PN-93/N-050191 Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność, jakość usługi.
- [12] Polska Norma PN-EN 60300-3-9 Analiza ryzyka w systemach technicznych.