**Ekspertyza dotycząca określenia katalogu funkcji i osiągów wybranych części pojazdów kolejowych na potrzeby zarządzania konfiguracją pojazdów kolejowych w zakresie wymiany w ramach utrzymania**

**(zgodnie z definicją zawartą w dyrektywie 2016/797)**

PROJEKT

DO KONSULTACJI RYNKOWYCH

Warszawa, 2021

SPIS TREŚCI

[1. Pojęcie funkcji i osiągów z punktu widzenia wymiany w ramach utrzymania 3](#_Toc89730336)

[1.1. Funkcje i osiągi - definicja 4](#_Toc89730337)

[1.2. Podział pojazdu kolejowego na grupy wyrobów 5](#_Toc89730338)

[1.3. Funkcje pojazdu kolejowego 8](#_Toc89730339)

[1.4. Zasady definiowania poziomu funkcji 11](#_Toc89730340)

[2. Identyfikacja funkcji i osiągów wybranych elementów pojazdów kolejowych 12](#_Toc89730341)

[2.1. Katalog wybranych funkcji pojazdu kolejowego 12](#_Toc89730342)

[2.2. Funkcje wybranych komponentów pojazdu kolejowego 23](#_Toc89730343)

[2.3. Osiągi wybranych komponentów pojazdu kolejowego 26](#_Toc89730344)

[3. Wytyczne ułatwiające identyfikację funkcji i osiągów 28](#_Toc89730345)

[4. Wytyczne dotyczące oceny identyczności funkcji i osiągów   
istotnych z punktu widzenia wymiany w ramach utrzymania 32](#_Toc89730346)

[5. Prezentacja w dokumentacji technicznej poszczególnych funkcji i osiągów istotnych z punktu widzenia wymiany w ramach utrzymania 36](#_Toc89730347)

[6. Źródła 38](#_Toc89730348)

1. **Pojęcie funkcji i osiągów z punktu widzenia wymiany w ramach utrzymania**

Realizacja procesu utrzymania pojazdów kolejowych wymaga od podmiotu, który go wykonuje nie tylko wiedzy i doświadczenia w konserwacji i wymianie poszczególnych części i podzespołów pojazdu, ale również jego konfiguracji – tj. takiemu wzajemnemu połączeniu komponentów pojazdu, żeby spełniał zakładane przez jego producenta funkcje. Nadzór nad zapewnieniem właściwej konfiguracji pojazdu, jej utrzymanie w trakcie eksploatacji, a w razie konieczności wprowadzanie w niej zmian, będzie realizowany w ramach tzw. zarządzania konfiguracją pojazdu.

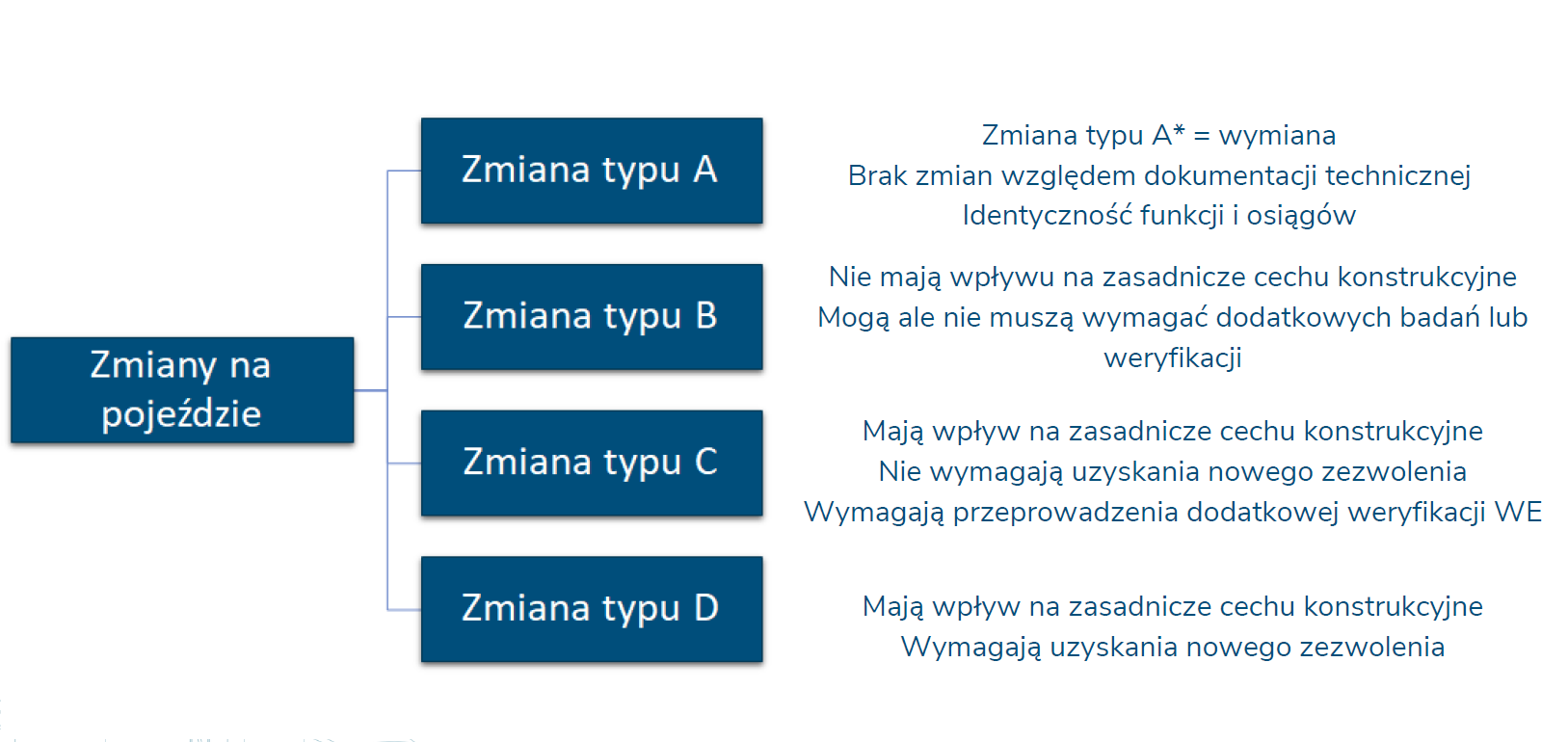
Zgodnie z definicją Rozporządzenia Wykonawczego Komisji (UE) [5], zarządzanie konfiguracją oznacza systemowy proces organizacyjny, techniczny i administracyjny obejmujący cały cykl życia pojazdu, który jest realizowany w celu zapewnienia i utrzymania spójności dokumentacji oraz identyfikowalności zmian, aby zapewnić:

1. zgodność ze stosownymi przepisami prawa Unii Europejskiej i przepisami krajowymi;
2. kontrolę nad zmianami i ich udokumentowanie w dokumentacjach technicznych lub w dokumentacji
3. towarzyszącej wydanemu zezwoleniu;
4. aktualność i dokładność przechowywanych informacji i danych;
5. by właściwe strony otrzymywały, w stosownych przypadkach, powiadomienia o zmianach

Odpowiedzialność za zarządzanie konfiguracją pojazdu w ramach wprowadzonych zmian ponosi dysponent pojazdu lub podmiot, któremu powierzono zarządzanie zmianą.

Jedną z podstawowych czynności w tym procesie jest ocena czy zmiany jakie chcemy wprowadzić w pojeździe (włączając w to standardową wymianę części) są zgodne z pierwotną jego konfiguracją, czy wprowadzają w niej zmiany.

Przytoczone wcześniej rozporządzenie wskazuje cztery rodzaje zmian jakie mogą zaistnieć w wyniku realizowania procesu utrzymania pojazdu kolejowego (Rysunek 1).



Rysunek 1 Zarządzanie konfiguracją - rodzaje zmian

Bieżące utrzymanie pojazdu będzie zatem co do zasady opierało się na zmianach typu A, czyli mówiąc wprost na wymianie części. Należy jednak pamiętać, że zgodnie z Art. 16, ust. 1 [5] zmiany typu A to zmiany wprowadzane do dopuszczonego pojazdu, które są powiązane z wymianą w ramach utrzymania i ograniczone do wymiany części na inne części o identycznych funkcjach i osiągach w ramach utrzymania prewencyjnego lub naprawczego pojazdu.

Zatem czynności utrzymaniowe to wymiana części na takie, które wskazane są wprost w dokumentacji technicznej producenta pojazdu i które mają identyczne funkcje i osiągi. Zarówno zastosowanie części o gorszych, jak i lepszych osiągach i funkcjach, wymagać będzie zarządzania zmianami. Istotne jest więc, aby każdorazowo analizować, czy stosowane zamienniki mają identyczne funkcje i osiągi względem zużytych podzespołów oraz czy wykonywane czynności nie wykraczają poza dokumentację techniczną typu pojazdu.

Weryfikacja ta w całości pozostaje po stronie zarządzającego wprowadzaną zmianą – bez znaczenia na tym etapie jakiej kategorii jest to zmiana. Polegała ona będzie w głównej mierze na porównaniu funkcji i osiągów komponentu podlegającemu wymianie z funkcjami i osiągami komponentu jaki ma zostać zamontowany w jego miejsce. W związku z tym, w dalszej części rozdziału szerzej zostaną opisane wymagania w tym zakresie oraz podane przykłady funkcji   
i osiągów wybranych komponentów pojazdu kolejowego. Informacje te nie będą związane z żadnym konkretnym typem pojazdu, stanowią raczej uniwersalne wskazówki do przeprowadzenia analizy we własnym zakresie.

* 1. **Funkcje i osiągi - definicja**

Pojazd kolejowy, jak każdy złożony układ techniczny składa się z połączonych ze sobą elementów składających się na części, podsystemy, systemy i docelowo kompletne urządzenia realizujące poszczególne funkcje całego układu. Zrozumienie ich wzajemnych relacji oraz połączeń funkcjonalnych stanowi istotę właściwej realizacji czynności wchodzących w proces utrzymania.

Jednym z głównych procesów w trakcie realizacji utrzymania pojazdu kolejowego, poza weryfikacją stanu poszczególnych jego elementów oraz bieżącą konserwacją jest wymiana elementów które nie realizują właściwe swoich zdań, lub nie osiągają parametrów określonych w dokumentacji utrzymaniowej. Wymiana taka, prowadzona w ramach utrzymania, nie może wykraczać poza wymianę części na takie, które posiadają identyczne funkcje i osiągi.

W niniejszym opracowaniu **termin** **„funkcja”** rozumieć należy jako określony, charakterystyczny efekt lub cel obiektu, jako takiego lub działającego w połączeniu z innymi obiektami. W niektórych przypadkach, gdy komponent pojazdu spełnia więcej niż jedną funkcję niezbędne będzie wprowadzenie pojęcia „funkcji głównej” która będzie rozumiana jako funkcja definiująca komponent lub zespół komponentów (pot. urządzenie) [8].

Oczywistym jest, że nie będzie możliwa realizacja żadnej funkcji bez odpowiednich komponentów z jakich zbudowany jest pojazd kolejowy. W celu realizacji określonej funkcji w pojeździe, komponent taki musi charakteryzować się właściwymi osiągami. Osiągi komponentu będą traktowane jako zestaw parametrów. Parametry te, powinny zostać precyzyjnie określone, mając na uwadze konieczność spełnienia określonej funkcji przez komponent. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia procesu jaki analizujemy – oceny możliwości wymiany komponentu w ramach procesu utrzymania.

Mając na uwadze powyższe oraz biorąc pod uwagę możliwość realizacji danej funkcji przez komponent niezależnie, ale również oddziaływania na pozostałe funkcje w pojeździe definicję „osiągów” danego komponentu można przedstawić następująco.

**Osiągi komponentu** – jest to określony zakres możliwości technicznych danego komponentu, wyrażony właściwą wielkością (wielkościami) fizyczną.

Celowo w definicji osiągów użyto sformułowania „określony zakres możliwości technicznych” a nie ograniczono się do zawężenia definicji do „maksymalnych parametrów”. Szersza definicja ujmuje zarówno parametry (osiągi) dotyczące wartości maksymalnych (np. wytrzymałości na przeciążenie, granicy sprężystości etc.) jak i parametrów jakie dany komponent musi spełniać przez cały cykl życia produktu. Osiągi te definiowane będą każdorazowo mając na uwadze udział komponentu w realizowaniu danej funkcji pojazdu.

* 1. **Podział pojazdu kolejowego na grupy wyrobów**

W celu zidentyfikowania funkcji i osiągów komponentów pojazdu kolejowego, należy w pierwszej kolejności posiadać wiedzę, z jakich komponentów pojazd ten jest zbudowany. W tym celu można dokonać podziału pojazdu na poszczególne grupy urządzeń – a docelowo na komponenty z jakich te grupy są stworzone.

Dekompozycja pojazdu na poszczególne grupy urządzeń może być przeprowadzana na kilka różnych sposobów – w zależności od potrzeb.

Jednym ze sposobów dekompozycji pojazdu, stosowanym głównie na etapie fazy projektowania jest podział na główne grupy produktowe, a w dalszej kolejności przypisanie im właściwych podgrup. Przykład takiego rozwiązania przedstawiają poniższe tabele. Tabela 1 przedstawia podział na główne grupy produktowe i z założenia stanowi zagregowany zbiór podgrup. W związku z tym, pełni ona głównie funkcję grupującą wysokiego rzędu i nie należy do niej bezpośrednio przypisywać poszczególnych komponentów pojazdu kolejowego w celu ich identyfikacji.

Tabela 1 Główne grupy produktowe [8]

|  |  |
| --- | --- |
| **Główna Grupa Produktowa** | **Nazwa grupy** |
| B | Pudło pojazdu |
| C | Wyposażenie pojazdu |
| D | Aranżacja wnętrza |
| E | Układ biegowy |
| F | System zasilania, jednostka napędowa |
| G | Urządzenia kontroli jazdy pociągu |
| H | Urządzenia peryferyjne |
| J | Urządzenia monitoringu i bezpieczeństwa |
| K | Oświetlenie |
| L | Klimatyzacja |
| M | Urządzenia wspomagające |
| N | Drzwi, wejścia |
| P | Systemy informacji |
| Q | Urządzenia pneumatyczne/hydrauliczne |
| R | Hamulce |
| S | Sprzęgi |
| T | Szafy, obudowy |
| U | Okablowanie |

Po określeniu głównych grup produktowych można przystąpić do dalszej dekompozycji, dzieląc je na poszczególne podgrupy. Podział taki bardziej szczegółowo oddaje charakter przypisanego do niej w późniejszym etapie komponentu. Podział biorący pod uwagę podgrupy produktowe przedstawia Tabela 2.

Tabela 2 Podział na podgrupy produktowe [8]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Oznaczenie Głównej Grupy Produktowej** | **Oznaczenie Podgrupy** | **Nazwa** |
| **B** | **A** | **Pudło pojazdu** |
| B | Rama |
| C | Ściany boczne |
| D | Dach |
| E | Czoło pojazdu |
| F | Ściana przednia i tylna |
| G | Elementy dodatkowe / przyspawane |
| H | Podłoga |
| J | Przedziały |
| **C** | **A** | **Wyposażenie pojazdu** |
| B | Okno |
| C | Podłoga |
| D | Panele wewnętrzne |
| E | Przedziały |
| F | Zewnętrzne dodatki |
| G | Malatura |
| H | Izolacja |
| **D** | **A** | **Aranżacja wnętrza** |
| B | Poręcze, uchwyty (wnętrze) |
| C | Fotele, stoliki |
| D | Sanitariaty |
| E | Regały bagażowe |
| F | Urządzenia dodatkowe |
| **E** | **A** | **Układ biegowy** |
| B | Konstrukcje wsporcze |
| C | Zestawy kołowe |
| D | Usprężynowanie |
| E | Urządzenia napędowe (aktywne) |
| F | Urządzenia toczne (pasywne) |
| G | Dodatki związane z bezpieczeństwem |
| **F** | **A** | **System zasilania, jednostka napędowa** |
| B | Zasilanie |
| C | Produkcja energii |
| D | Przekształcanie energii |
| E | Rozpraszanie energii |
| F | Magazynowanie energii |
| **G** | **A** | **Urządzenia sterowania** |
| B | Sterowanie źródłem zasilania |
| C | Sterowanie jazdą i hamowaniem |
| D | Sterowanie produkcją energii |
| E | Zbieranie danych z systemów |
| F | Sterowanie magazynowaniem energii |
| **H** | **A** | **Urządzenia peryferyjne** |
| B | Wyposażenie konwertera |
| C | Akumulator |
| D | System zasilania pokładowego |
| E | Urządzenia chłodzące dla urządzeń zasilających i jezdnych |
| F | Awaryjne generatory energii |
| **J** | **A** | **Urządzenia monitoringu i bezpieczeństwa** |
| B | Urządzenia pomiarowe i zabezpieczające |
| C | Urządzenia wskazujące, nagrywające i wyświetlające |
| D | Wyposażenie bezpieczeństwa |
| E | Urządzenia transmisji danych |
| F | Urządzenia komunikacyjne |
| G | Pozostałe wyposażenie |
| **K** | **A** | **Oświetlenie** |
| B | Oświetlenie zewnętrzne |
| C | Oświetlenie wewnętrzne |
| **L** | **A** | **Klimatyzacja** |
| B | Pobieranie i usuwanie powietrza |
| C | Obróbka |
| D | Dystrybucja |
| E | Regulacja |
| **M** | **A** | **Urządzenia wspomagające** |
| B | Piasecznice |
| C | Smarowanie |
| D | Urządzenia nastawcze |
| E | Biletomaty, kasowniki |
| F | Liczenie pasażerów |
| **N** | **A** | **Drzwi, wejścia** |
| B | Drzwi zewnętrzne |
| C | Drzwi wewnętrzne |
| D | Wejścia, schody (nie wewnątrz) |
| E | Wejścia dla osób z ograniczeniami ruchowymi |
| **P** | **A** | **Systemy informacji** |
| B | Systemy informacji wizyjnej |
| C | Urządzenia informacji wizyjnej |
| D | Rozrywka |
| E | Usługi reklamowe |
| F | Systemy informacji akustycznej |
| **Q** | **A** | **Urządzenia pneumatyczne/hydrauliczne** |
| B | Wytwarzanie |
| C | Obróbka |
| D | Przechowywanie |
| E | Dystrybucja |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **R** | **A** | **Hamulce** |
| B | Komponenty układu hamulcowego |
| C | Przenoszenie siły hamowania (mechaniczne) |
| **S** | **A** | **Urządzenia do łączenia pojazdów** |
| B | Sprzęgi automatyczne |
| C | Sprzęgi ręczne |
| D | Urządzenia zderzakowe |
| E | Urządzenia holownicze (sprzęg awaryjny) |
| F | Podesty, rampy |
| G | Interfejsy zasilania, sygnałów i innych mediów (połączenie pojazd-pojazd) |
| **T** | **A** | **Szafy, obudowy** |
| B | Szafy, zbiorniki, obudowy |
| C | Ramy, panele |
| D | Urządzenia sterowania i wyświetlania |
| E | Regały na urządzenia elektroniczne |
| **U** | **A** | **Okablowanie** |
| B | Kable, przewody, etc. |
| C | Materiały do znakowania i łączenia |
| D | Materiał łączący |
| E | Tuleje |
| F | Przepusty, rury, peszle, |

Opierając się na podziale przedstawionym w powyższych tabelach, każdy element pojazdu kolejowego może zostać przyporządkowany do określonej grupy głównej i właściwej podgrupy. Zgodnie z tym podejściem akumulator pojazdu kolejowego może posiadać oznaczenie produktowe - HC, wstawka hamulcowa - RB, a przedział pasażerski – CA, etc.

Dekompozycja pojazdu kolejowego oparta na powyższej metodzie zakłada wykorzystanie zestandaryzowanej listy komponentów i urządzeń, ale należy przy tym założyć, że nie jest to lista zamknięta. Podział taki może stanowić punkt wyjścia do definiowania funkcji poszczególnych komponentów, będąc usystematyzowanym podziałem systemów zabudowanych w pojeździe kolejowym.

Dekompozycja pojazdu kolejowego na grupy wyrobów wraz z określeniem komponentów do nich należących ma jeszcze jedną, istotną zaletę. Poszczególne grupy wyrobów zdecydowanie łatwiej przydzielić poszczególnym, wyspecjalizowanym w danym obszarze, grupom ekspertów dokonującym analizy – czy to z punktu widzenia obszaru komponentów krytycznych dla bezpieczeństwa, czy w celu określenia kryteriów w obszarze wymiany części i urządzeń w ramach utrzymania.

Należy mieć na uwadze, że na potrzeby analizy każdy podmiot sam decyduje do jakiego poziomu dekompozycja pojazdu powinna zostać dokonana, tak aby założenia analizy mogły zostać spełnione.

* 1. **Funkcje pojazdu kolejowego**

Podział pojazdu kolejowego pod kątem funkcji jest zadaniem realizowanym na każdym jego etapie cyklu życia. Wraz z podziałem wg. grup wyrobów przedstawionym powyżej stanowi wsparcie dla całego procesu inżynierskiego – od etapu projektowania aż po utylizację produktu.

Podział funkcjonalny jest też podstawą do definiowania zadań samego pojazdu jak i stanowi istotne wsparcie w projektowaniu procesu utrzymania.

Poziom szczegółowości dekompozycji pod względem funkcjonalnym jest uznaniowy – zależy on od oczekiwanego efektu prowadzonej analizy i celu jej wykonywania (np. analiza niezawodności, bezpieczeństwa, tworzenie programu utrzymania, budowanie bazy danych o pojeździe, monitorowanie, etc.).

Należy mieć na uwadze, że poszczególne funkcje pojazdu przypisywane są do odpowiednich poziomów (jak w przypadku podziału na grupy i podgrupy wyrobów). W początkowym etapie, nie jest brane pod uwagę jak dana funkcja fizycznie realizowana jest w pojeździe (bez przypisywania urządzenia bezpośrednio do funkcji). Taki podział jest podziałem uniwersalnym i może być stosowany (oczywiście z pewnymi ograniczeniami w stosunku do typów pojazdów) w przypadku wykonywania dekompozycji innego rodzaju pojazdu kolejowego. Przypisanie fizycznych urządzeń i komponentów do realizowanych funkcji (niezależnie od jej poziomu) jest jedną z ostatnich faz wykonywanej analizy.

W trakcie przyporządkowywania poszczególnych (fizycznych) komponentów pojazdu do zdiagnozowanych funkcji może okazać się, że dany komponent realizuje więcej niż jedną funkcję w pojeździe. Taka sytuacja jest dopuszczalna i należy ją brać pod uwagę, co więcej komponent może realizować funkcje przyporządkowane do różnych poziomów. Przykładowy podział na poziomy funkcji przedstawiony został na Rysunku 2.

Funkcje 2 poziomu

główne funkcje przyczyniające się do realizacji funkcji 1 poziomu

Funkcje 3 poziomu

podfunkcje przyczyniające się do realizacji funkcji 2 poziomu

Funkcje 4 poziomu

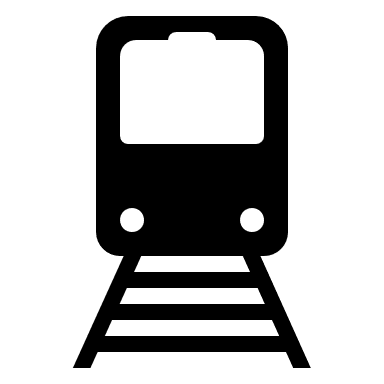
funkcje związane z zadaniem które przyczynia się do realizacji funkcji 3 poziomu

Funkcje 5 poziomu

funkcje związane z czynnością wymaganą do realizacji funkcji 4 poziomu

Funkcje 1 poziomu

ogólne cechy pojazdu, przeznaczenie



Rysunek 2 Podział funkcji na poziomy (opracowanie własne na podstawie [9])

Przywołane powyżej funkcje lub ich grupy realizowane są poprzez komponenty i urządzenia z jakich składa się pojazd kolejowy. Warto zaznaczyć, że pomimo tego, że poszczególne urządzenia mogą ze sobą współpracować w realizacji określonej funkcji, to fizycznie nie muszą być ze sobą połączone. Możliwa jest również sytuacja odwrotna – jedna funkcja realizowana będzie przez kilka urządzeń. Należy o tym pamiętać, dokonując analizy zamienności poszczególnych części w trakcie realizacji czynności utrzymaniowych pojazdu.

Grupą nadrzędną, odpowiadającą ogólnym cechom i przeznaczeniu pojazdu, czyli jego podstawowymi zadaniami, jest grupa funkcji **poziomu 1**. Jest to z założenia podział poglądowy, do którego należy przyporządkować kolejne podgrupy (poziomy) funkcji niższych rzędów – w celu uzyskania pełnego obrazu funkcji realizowanych przez poszczególne komponenty.

Przykład funkcji poziomu 1 przedstawiony jest w Tabela 3.

Tabela 3 Funkcje 1 poziomu [9]

|  |  |
| --- | --- |
| **Oznaczenie funkcji 1 poziomu** | **Funkcja 1 poziomu** |
| B | Przewożenie i ochrona pasażerów, załogi pociągu i ładunku |
| C | Zapewnienie właściwych warunków dla pasażerów, załogi pociągu i ładunku |
| D | Zapewnienie dostępu do pojazdu (zarówno dla pasażerów jak i ładunku) |
| E | Łączenie pojazdów |
| F | Zapewnienie energii |
| G | Przyspieszanie, utrzymywanie prędkości, hamowanie i zatrzymywanie |
| H | Zapewnienie komunikacji, monitoringu i kontroli |
| J | Prowadzenie pociągu po torze |
| K | Integracja pojazdu z całym system kolejowym |

Kolumna 1 w powyższej tabeli stanowi oznaczenie literowe określające daną funkcję pojazdu. Oznaczenia te zostały zestandaryzowane [9] i nie powinny być zmieniane podczas przygotowywania opisu funkcjonalnego pojazdu i jego dalszej dekompozycji w tym zakresie.

Zgodnie z przyjętym standardem, litery A oraz I są zarezerwowane i wyłączone ze stosowania w tym obszarze.

Każda z grup funkcji poziomu 1 może zostać podzielona na szereg podgrup o różnych poziomach – zgodnie z Rysunkiem 3.

Wsparciem w klasyfikowaniu funkcji realizowanych przez pojazd kolejowy może być norma PN-EN 15380 której poszczególne części dotykają kwestii podziału pojazdu kolejowego zarówno pod kątem wyrobów jak i pełnionych przez nie funkcji. Norma ta wskazuje następujące przykłady podfunkcji realizowanych w każdej z funkcji poziomu 1:

* Grupa B - np. pochłanianie energii zderzenia, sygnalizacja pożaru, przytwierdzanie ładunku
* Grupa C - np. zapewnienie oświetlenia wewnętrznego, podgrzewanie powietrza
* Grupa D - np. zmniejszenie odstępu między pojazdem i peronem, ryglowanie drzwi
* Grupa E - np. sprzęganie, przenoszenie sił przez sprzęg
* Grupa F - np. pomiar napięcia w sieci, zapobieganie uszkodzeniu sieci trakcyjnej
* Grupa G - np. podgrzewanie piasku, zabezpieczenie przed poślizgiem
* Grupa H - np. zapewnienie rozkładu jazdy, wprowadzenia numeru pociągu
* Grupa J - np. zapewnienie stabilności wózka, smarowanie obrzeży kół
* Grupa K - np. zapewnienie systemów ABP, zapewnienie komunikacji pociągu z torem
  1. **Zasady definiowania poziomu funkcji**

Wskazana w poprzednim akapicie norma [9], w załączniku D przedstawia zasady definiowania poziomu funkcji i brzmią one następująco:

„Każdą funkcję należy rozpatrywać pod względem jej ogólności. Najbardziej ogólne funkcje znajdują się na poziomie 1. Funkcje te można podzielić na podfunkcje, które można dalej podzielić na kolejne podfunkcje następnego - niższego poziomu.

Aby określić, do którego poziomu należy przypisać funkcję, aby osiągnąć odpowiedni poziom w hierarchii funkcji, stosuje się następujące zasady:

**Zasada 1:**

Na poziomie 1 domena funkcjonalna skupia się na zamierzonym celu funkcjonalnym, a nie na środkach, za pomocą których jest on osiągany.

**Zasada 2:**

Specyfikacja funkcji pierwszego poziomu nazywana jest specyfikacją wymagań dotyczących głównego taboru kolejowego. Funkcję drugiego poziomu można określić za pomocą specyfikacji wymagań funkcjonalnych. Preferowanym poziomem definicji dokumentu FRS jest poziom 2, ale może istnieć FRS dla funkcji poziomu 3.

**Zasada 3:**

Nowa funkcja poziomu 2 lub poziomu 3 nie może zostać utworzona, jeżeli jedyną różnicą jest obiekt, którego dotyczy problem (taki jak system lub osoba), a funkcja już istnieje.

**Zasada 4:**

W ramach danego poziomu FBS funkcje nie mogą się pokrywać.

**Zasada 5:**

Funkcje określa się w celu ograniczenia interfejsów między nimi, w szczególności na poziomie 2 i poziomie 3.

**Zasada 6:**

Funkcję definiuje się niezależnie od architektury.

**Zasada 7:**

Funkcja to nie wymaganie. Przykład różnicy między funkcją a wymaganiem jest następujący: Funkcja polega na przyspieszeniu pociągu, podczas gdy wymaganie to uzyskanie wartości przyspieszenia na poziomie 1,5 m/s2.

**Zasada 8:**

Każda funkcja jest w pełni zdefiniowana przez jej podfunkcje.

**Zasada 9:**

Na poziomie 2 i 3 nie mogą istnieć funkcje zastępcze (pozorowane). Każda funkcja powinna mieć więcej niż jedną podfunkcję (w przeciwnym razie funkcja podrzędna jest funkcją na powyższym poziomie).

1. **Identyfikacja funkcji i osiągów wybranych elementów pojazdów kolejowych** 
   1. **Katalog wybranych funkcji pojazdu kolejowego**

Na bazie informacji z rozdziału 1 można opracować katalog funkcji wybranych elementów pojazdów kolejowych. Punkt ten będzie odnosił się całości do podziału pod kątem realizowanych funkcji, traktując podział pod względem grup produktów jedynie pomocniczo.

Dekompozycja pojazdu kolejowego na główne funkcje przez niego realizowane stanowi pierwszy etap analizy. Podział taki przedstawia Tabela 3.

Kolejnym etapem jest przypisanie odpowiednich funkcji niższych poziomów, które ogólnie rzecz biorąc realizują „usługi” na rzecz funkcji wyższego poziomu (zgodnie z opisem na Rysunku 2).

Przykładowy podział na poszczególne funkcje pojazdu kolejowego (funkcje poziomu 1) oraz podgrupy funkcji niższych poziomów (poziomy 2-5) zostały przedstawione w Tabeli 4 i Tabeli 5.

Niestety, z uwagi na stały rozwój technologiczny nie jest możliwe utworzenie katalogu zamkniętego funkcji poszczególnych komponentów pojazdu kolejowego a tym samym jego samego. Podstawową rolą w zakresie wskazania najistotniejszych funkcji pojazdu kolejowego mają zarówno producent (szczególnie w przypadku pojazdów nowych), użytkownik pojazdu (Przewoźnik/Dysponent) pod kątem funkcji użytkowych/eksploatacyjnych, jak i podmiot odpowiedzialny za utrzymanie (plan utrzymania, weryfikacja, modyfikacja funkcji mając na uwadze doświadczenie techniczne).

Z punktu widzenia przejrzystości niniejszego opracowania jak i z uwagi na przywołany wcześniej brak możliwości stworzenia katalogu skończonego poniższe tabele prezentują wybrane funkcje przypisane do poszczególnych grup.

Tabela 4 Wybrane funkcje poziomów 1 – 3 (opracowanie na podstawie [9])

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Poziom** | | | | **Funkcja (poziom 1 do 3)** | **Przykład / wyjaśnienie** |
| **1** | **2** | **3** |  |
| B |  |  |  | przewożenie i ochrona pasażerów, załogi pociągu i towaru | komfort podróży nie jest brany pod uwagę w tej funkcji |
| B | D | B |  | absorbowanie energii zderzenia | rozpraszanie energii w konstrukcji pojazdu, bezpieczeństwo zderzeniowe |
| B | D | D |  | ograniczenie występującego opóźnienia (podczas zderzenia) |  |
| B | D | E |  | zapobieganie wspinaniu się pojazdu na inny pojazdu | wyposażenie zapobiegające wspięciu się pojazdu podczas zderzenia czołowego |
| C |  |  |  | zapewnienie właściwych warunków podroży pasażerom, załodze pociągu i towarom |  |
| C | B | B |  | zapewnienie rozwiązań pomocnych podczas podróży w pozycji stojącej | uchwyty, taśmy, poręcze, etc. |
| C | B | C | a | zapewnienie możliwości zajęcia pozycji siedzącej | fotele, ławki, etc. |
| C | C | C | a | czyszczenie szyby czołowej |  |
| C | C | C | a | zapewnienie widoczności w ciemności | poprzez oświetlenie toru i sygnałów odblaskowych przez reflektory |
| C | D | D | a | zapewnienie oświetlenia awaryjnego |  |
| C | D | D | a | zapewnienie oznakowania pojazdu prowadzącego do wyjścia |  |
| C | E |  |  | zapewnienie właściwych warunków powietrza |  |
| C | E | C | a | podgrzewanie powietrza |  |
| C | E | C | a | chłodzenie powietrza |  |
| C | E | D | a | zapewnienie przejrzystości szyby czołowej (przez przepływ powietrza - nawiew) |  |
| C | E | F | a | umożliwienie otwierania okien |  |
| C | E | G | a | ochrona przed falą ciśnienia (np. podczas mijania się pojazdów) |  |
| C | F | E | a | zapewnienie informacji pasażerskiej |  |
| C | G |  |  | zapewnienie monitoringu (dla pasażera i ładunku) |  |
| C | K | D |  | zliczanie pasażerów |  |
| C | L |  |  | zapewnienie komfortu podróży | kontrola przyspieszeń pudła pojazdu |
| C | L | B |  | kontrola przyspieszenia w kierunku wzdłużnym | poprzez zderzaki kolejowe oraz sterowanie hamulcem i przyspieszeniem |
| C | L | C |  | kontrola przyspieszenia w kierunku poprzecznym | np. wychylne pudło, uspreżynowanie |
| D | B | P | a | zmniejszenie odległości między pojazdem a peronem | zmniejszenie zarówno odległości pomiędzy pudłem pojazdu a peronem, a także różnicy wysokości |
| D | B | Q | a | zapewnienie pasażerom o ograniczonej sprawności ruchowej dostępu przez drzwi zewnętrzne |  |
| D | B | Q | a | wykrywanie żądania otwarcia drzwi | poprzez naciśnięcie przycisku |
| D | B | R |  | zapewnienie dostępu do załogi i maszynisty | oddzielny dostęp maszynisty i załogi do pociągu |
| E |  |  |  | łączenie pojazdów |  |
| E | B |  |  | umożliwienie sprzęgania i rozprzęgania | zapewnienie operacyjnej możliwości łączenia pojazdów docelowo tworzących pociąg |
| E | B | B | a | zarządzanie sprzęganiem |  |
| E | B | B | a | przygotowanie sprzęgu |  |
| E | B | B | a | otwieranie pokrywy |  |
| E | B | B | a | konfiguracja trybu sprzęgania |  |
| E | B | B | a | zarządzanie światłami zewnętrznymi po sprzęgnięciu |  |
| E | B | B | a | wykonanie sprzęgania |  |
| E | B | B | a | automatyczne wykonanie sprzęgania |  |
| E | B | B | a | ręczne wykonanie sprzęgania |  |
| E | B | B | a | zakończenie procesu sprzęgania |  |
| E | B | C | a | zarządzanie rozprzęganiem |  |
| E | B | C | a | przygotowanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | wykonywanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | automatyczne wykonywanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | ręczne wykonywanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | zakończenie procesu rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | zamknięcie pokrywy |  |
| E | B | C | a | weryfikacja przeprowadzenia rozprzęgania |  |
| E | B | D | a | przenoszenie sił przez sprzęg |  |
| E | B | D | a | przenoszenie sił rozciągających |  |
| E | B | D | a | przenoszenie sił ściskających |  |
| E | B | D | a | rozpraszanie energii zderzenia |  |
| E | B | D | a | ochrona elementów przenoszących siły |  |
| E | B | E | a | zapewnienie przejścia sygnałów, ciągłości zasilania i innych wymaganych mediów |  |
| E | B | F | a | wykrycie rozprzęgnięcia |  |
| E | B | F | a | zapewnienie reakcji na nieintencjonalne rozprzęgniecie | np. hamowanie |
| F |  |  |  | zapewnienie energii |  |
| F | B |  |  | zapewnienie energii trakcyjnej |  |
| F | B | B | a | zarządzanie energią trakcyjną | właściwa konfiguracja obwodów wysokiego napięcia |
| F | B | B | a | wykrywanie prądu w sieci |  |
| F | B | B | a | wykrywanie napięcia w sieci |  |
| F | B | B | a | konfigurowanie parametrów energii zasilającej |  |
| F | B | D | a | wytwarzanie energii trakcyjnej na pokładzie pojazdu |  |
| F | B | D | a | przetwarzanie energii z ogniwa paliwowego na energię elektryczną |  |
| F | B | E | a | odbiór energii elektrycznej (trakcyjnej) | poprzez odbierak prądu |
| F | B | E | a | zarządzenie urządzeniem do odbioru energii elektrycznej |  |
| F | B | E | a | zapewnienie dobrego kontaktu elektrycznego po stronie zasilania wysokim napięciem |  |
| F | B | E | a | zapewnienie dobrego kontaktu elektrycznego dla przepływu prądu (powrót) |  |
| F | B | E | a | ochrona odbieraka prądu i sieci trakcyjnej |  |
| F | B | E | a | zapobieganie uszkodzeniu sieci trakcyjnej |  |
| F | B | F | a | przekształcanie energii elektrycznej w celach zapewnienia trakcji | transformator i konwerter energii wejściowej (np. prostownik) |
| F | B | F | a | zarządzenie systemem przekształcania energii |  |
| F | B | F | a | ochrona urządzeń do przekształcania energii |  |
| F | B | F | a | ochrona urządzeń wysokiego napięcia przed przepięciem |  |
| F | B | F | a | ochrona urządzeń wysokiego napięcia przed skokami natężenia prądu |  |
| F | B | G | a | dystrybucja energii trakcyjnej | dystrybucja do systemów pomocniczych |
| F | B | G | a | zarządzanie systemem dystrybucji energii |  |
| F | B | G | a | ochrona urządzeń system dystrybucji energii |  |
| F | B | G | a | zapewnienie funkcji rozładowania, uziemienia, zwierania |  |
| F | B | H |  | magazynowanie energii trakcyjnej | kondensatory lub koła zamachowe |
| F | B | J |  | rozpraszanie strat energii elektrycznej | układy chłodzenia transformatora i przekształtników energii |
| F | C |  |  | zapewnienie energii dla urządzeń peryferyjnych |  |
| F | C | B | a | zarządzanie systemem dostarczania energii dla urządzeń peryferyjnych | konfiguracja systemu dostarczania energii dla urządzeń peryferyjnych |
| F | C | C | a | dostosowanie systemu dostarczania dodatkowej energii w zależności od obciążenia |  |
| F | C | E | a | odbiór energii dodatkowej | przyłącze warsztatowe |
| F | D |  |  | zapewnienie energii z paliwa płynnego dla potrzeb trakcyjnych | np. gaz pod ciśnieniem, para |
| F | D | B |  | zarządzanie systemem zasilania energią z paliwa płynnego |  |
| F | D | D |  | wytwarzanie energii z paliwa płynnego dla celów trakcyjnych |  |
| F | D | E |  | pobieranie paliwa płynnego do celów trakcyjnych | stanowisko uzupełniania paliwa |
| F | D | F |  | przechowywanie paliwa płynnego | zbiornik |
| F | D | G |  | przekształcanie energii z paliwa płynnego | napęd hydrauliczny |
| F | D | H |  | dostarczenie energii do silników trakcyjnych |  |
| F | H |  |  | zapewnienie energii chemicznej do celów trakcyjnych |  |
| F | H | B |  | zarządzanie systemem energii chemicznej do celów trakcyjnych |  |
| F | H | D |  | przechowywanie energii chemicznej dla celów trakcyjnych | zbiorniki na olej napędowy lub gaz ziemny |
| F | H | E |  | pobieranie energii chemicznej dla celów trakcyjnych | stacja uzupełniania paliwa |
| G |  |  |  | przyspieszanie, utrzymywanie prędkości, hamowanie i zatrzymywanie się |  |
| G | B |  |  | zapewnienie przyspieszania |  |
| G | B | B | a | konfiguracja układu napędowego |  |
| G | B | B | a | konfiguracja układu napędowego zgodnie z trybami pracy/ograniczeniami |  |
| G | B | B | a | konfiguracja układu napędowego zgodnie ze stanem układów wewnętrznych |  |
| G | B | B | a | zastosowanie ograniczenia mocy |  |
| G | B | C | a | uzyskanie informacji o zapotrzebowaniu na moc |  |
| G | B | C | a | uzyskanie informacji o zapotrzebowaniu na moc od maszynisty |  |
| G | B | C | a | uzyskanie informacji o zapotrzebowaniu na moc z ato |  |
| G | B | C | a | uzyskanie informacji o zapotrzebowaniu na moc w zależności od stanu układów wewnętrznych |  |
| G | B | C | a | uzyskanie zapotrzebowania na dynamiczną siłę hamowania z systemu sterowania hamulcami |  |
| G | B | C | a | uzyskanie informacji o utracie trakcji |  |
| G | B | D | a | zarządzenie systemem dostarczania siły trakcyjnej w zależności od wybranych trybów pracy |  |
| G | B | D | a | kontrola prędkości silnika i momentu obrotowego |  |
| G | B | D | a | kontrola przenoszenia momentu obrotowego (przekładnia) |  |
| G | B | D | a | wyłącznie sił trakcyjnych (na żądanie) |  |
| G | B | F |  | kontrolowanie poślizgu koła |  |
| G | B | G | a | wytwarzanie siły trakcyjnej |  |
| G | B | G | a | zamiana dostarczonej energii w siłę trakcyjną i odwrotnie |  |
| G | B | H | a | odzyskiwanie energii z hamowania |  |
| G | B | H | a | przetwarzanie energii z hamowania do ponownego użycia |  |
| G | B | H | a | kontrola rozpraszania energii z hamowania |  |
| G | B | H | a | powrót odzyskanej energii do urządzeń pomocniczych |  |
| G | B | H | a | przemieszczanie odzyskanej energii do magazynu energii / sieci trakcyjnej. |  |
| G | C |  |  | zapewnienie hamowania i utrzymywania pojazdu w stanie zahamowanym |  |
| G | C | B | a | konfigurowanie układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | konfiguracja układu hamulcowego w zależności od konfiguracji pociągu |  |
| G | C | B | a | konfigurowanie układu hamulcowego w zależności od lokalizacji kabiny sterowniczej (aktywnej) |  |
| G | C | B | a | konfigurowanie systemu hamulcowego w zależności od ograniczeń operacyjnych i działaniem w trybie awaryjnym |  |
| G | C | B | a | uzyskiwanie statusu układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | uzyskiwanie statusu automatycznego układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | uzyskiwanie statusu podstawowego (zasadniczego) układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | uzyskiwanie statusu elektrodynamicznego układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | uzyskiwanie statusu hydrodynamicznego układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | uzyskiwanie statusu wiroprądowego układu hamulcowego |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania od maszynisty |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania od kontrolera automatycznego hamowania maszynisty |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń awaryjnych | przyciski nagłego hamowania, dźwignie i inne tego typu urządzenia |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń zabezpieczających układy pojazdu |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń badających stan maszynisty |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń ATP |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania po wykryciu transmisji sygnału hamowania |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania z urządzeń kontroli prędkości pociągu |  |
| G | C | C | a | pozyskiwanie żądania hamowania od pasażerów i załogi pociągowej |  |
| G | C | D | a | priorytetyzacja pozyskanego sygnału hamowania i uruchomienie właściwych układów hamowania |  |
| G | C | D | a | ustawianie trybu hamulca roboczego |  |
| G | C | D | a | ustawianie trybu hamulca bezpieczeństwa (awaryjnego) |  |
| G | C | D | a | ustawianie trybu hamulca pomocniczego |  |
| G | C | D | a | ustawianie trybu automatycznego hamulca pomocniczego |  |
| G | C | D | a | ustawianie trybu ręcznego hamulca pomocniczego |  |
| G | C | D | a | ustawianie trybu hamulca postojowego |  |
| G | C | E | a | rozdział siły hamowania |  |
| G | C | E | a | obliczanie wymaganej siły hamowania | obliczenie wstępne |
| G | C | E | a | obliczanie wymaganej siły hamowania (pociąg) |  |
| G | C | E | a | obliczanie wymaganej siły hamowania (pojazd) |  |
| G | C | E | a | obliczanie wymaganej siły hamowania (wózek) |  |
| G | C | E | a | kolejność uruchamiania poszczególnych systemów hamulcowych |  |
| G | C | E | a | uzyskiwanie informacji o dostępnej sile hamowania |  |
| G | C | F | a | realizacja hamowania ze względu na konfigurację pociągu, tryb hamowania i żądanie hamowania | ta funkcja bierze pod uwagę pociąg jako zespół połączonych ze sobą pojazdów |
| G | C | F | a | zapewnienie polecenia hamowania do hamowania postojowego |  |
| G | C | F | a | zapewnienie polecenia hamowania do hamowania zasadniczego |  |
| G | C | F | a | zapewnienie polecenia hamowania do hamowania awaryjnego |  |
| G | C | F | a | żądanie odłączenia siły trakcyjnej |  |
| G | C | F | a | uzyskanie informacji o wygenerowanej sile hamującej |  |
| G | C | G | a | stosowanie i zwalnianie sił hamujących |  |
| G | C | G | a | generowanie i zmniejszanie sił hamujących |  |
| G | C | G | a | generowanie sił hamujących hamulcem ciernym |  |
| G | C | G | a | generowanie sił hamujących hamulcem wiroprądowym |  |
| G | C | G | a | generowanie sił hamujących hamulcem magnetycznym |  |
| G | C | G | a | wydawanie polecenia hamowania elektrodynamicznego |  |
| G | C | G | a | zwalnianie sił hamujących (ręczne i awaryjne) |  |
| G | C | G | a | rozpraszanie generowanego ciepła |  |
| G | C | G | a | zapewnianie magazynowania energii do hamowania (na poziomie pociągu) |  |
| G | C | G | a | zapewnianie pośredniego magazynowania energii do hamowania |  |
| G | C | G | a | kontrola stanu zgromadzonej do hamowania energii |  |
| G | C | G | a | ochrona zgormadzonej do hamowania energii |  |
| G | C | G | a | wykrycie braku zwolnienia sił hamujących |  |
| G | C | H | a | zapewnienie ochrony przed poślizgiem kół podczas hamowania |  |
| G | C | H | a | wykrywanie poślizgu |  |
| G | C | H | a | kontrola poślizgu |  |
| G | C | H | a | zarządzanie zwolnieniem hamulców |  |
| G | D |  | a | poprawianie przyczepności |  |
| G | D | B | a | zarządzanie piasecznicami |  |
| G | D | B | a | wybór kierunku |  |
| G | D | B | a | wybór osi |  |
| G | D | B | a | suszenie piasku |  |
| G | D | B | a | podgrzewanie piasku |  |
| G | D | B | a | stan (poziom) piasku |  |
| G | D | B | a | polecenie uruchomienia piasecznicy |  |
| H | E | B | a | zarządzanie aktywacją kabiny |  |
| H | E | B | a | zapobieganie konfliktom z powodu aktywacji więcej niż jednej (nadawanie statusu kabiny aktywnej) |  |
| H | E | G | a | zarządzanie łączeniem pojazdów | realizacja funkcji sprzęgania na poziomie centralnym |
| H | G | D | a | dostęp do danych diagnostycznych | dostęp do danych o zdarzeniach i stanach komponentów oraz informacji z bazy danych diagnostycznych |
| J |  |  |  | podtrzymanie i prowadzenie pociągu |  |
| J | B |  |  | prowadzenie pociągu w torze |  |
| J | B | B | a | zarządzanie stabilnością wózka | weryfikowanie i zapewnianie warunków do utrzymania stabilności |
| J | B | B | a | zapewnienie stabilności wózka | zapewnienie stabilność z aktywną kontrolą sztywności wzdłużnej wózka |
| J | B | B | a | monitorowanie stabilności wózka | zapewnienie nagrywania zapisów monitoringu |
| J | B | B | a | wykrywanie niestabilności wózka | przetwarzanie sygnałów z czujników w celu zamknięcia pętli sprzężenia zwrotnego z użyciem siłowników |
| J | B | B | a | sygnalizowanie niestabilności wózka | sygnalizowanie stanu braku stabilności do systemów monitorowania |
| J | B | C |  | wykrywanie stanu wykolejenia | wykrywanie wykolejenia poprzez monitorowanie odpowiednich parametrów pokładowych z akceptowalną niezawodnością w dowolnych dopuszczalnych warunkach eksploatacji |
| J | B | D | a | wykrywanie przeszkód na torze | monitorowanie obecności przeszkód na torze podczas przemieszczania się pojazdu |
| J | B | E |  | usuwanie przeszkód z toru | ochrona wózka i jego wyposażenia przed uszkodzeniem w wyniku kolizji z przeszkodami leżącymi na torze, usuwani śniegu z obszaru przed pociągiem |
| J | B | F |  | smarowanie obrzeża koła | smarowanie obrzeża koła w celu ograniczenia nadmiernego zużycia i sygnalizowanie stanu urządzenia smarującego |
| J | B | G | a | zapewnienie biegu z odpowiednimi parametrami | umożliwienie swobodnego ruchu wózków w stosunku do pudła na każdym odcinku toru, w warunkach jakie można napotkać podczas eksploatacji zgodnej przeznaczeniem |
| J | B | H | a | monitorowanie stanu łożysk osiowych | zdefiniowanie kryteriów, poziomów osiąganych parametrów i czasu odpowiedzi w celu zaplanowania pomiarów lub czynności serwisowych |
| J | B | J | a | monitorowanie stanu przekładni |  |
| J | C |  |  | przenoszenie sił |  |
| J | C | B | a | przenoszenie sił wzdłużnych |  |
| J | C | C | a | przenoszenie sił poprzecznych |  |
| J | C | D | a | przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych |  |
| J | C | E | a | przenoszenie siły trakcyjnej i hamującej | przenoszenie sił i momentów z pojazdu na tor i odwrotnie w warunkach trakcji i hamowania; |
| J | C | E | a | przenoszenie sił trakcyjnych na szynę |  |
| J | C | E | a | przenoszenie sił na mocowanie (podporę) przekładni |  |
| J | C | E | a | przenoszenie sił elektromagnetycznych układu hamowania |  |
| J | D |  |  | ograniczanie przyspieszeń | ocena charakterystyki biegu pociągu (bezpieczeństwo, obciążenie) "jakości biegu" w zgodności z normą EN14363 (lub UIC 518) ocena komfortu z punktu widzenia pasażera w zgodności z normą EN12299 (lub UIC 513) |
| J | D | B | a | ograniczanie przyspieszeń w kierunku x |  |
| J | D | B | a | ograniczanie przyspieszeń w kierunku y |  |
| J | D | B | a | ograniczanie przyspieszeń w kierunku z |  |
| J | D | C |  | ograniczanie szarpania |  |
| J | E |  |  | utrzymywanie zestawu kołowego w zakresie rozstawu szyn | zapewnienie, że pojazd posiada rozstaw kół zgodny z rozstawem szyn na całej drodze standardowego przebiegu |
| J | E | B |  | ograniczanie przemieszczeń wzdłużnych |  |
| J | E | C |  | ograniczanie przemieszczeń poprzecznych |  |
| J | E | D |  | ograniczanie przemieszczeń pionowych |  |

W zależności od potrzeb, istnieje możliwość dalszego podziału funkcji na poziomy 4 i 5. Podział taki (w nawiązaniu do funkcji 1-3) przedstawiony został w Tabeli 6.

Tabela 5 Wybrane funkcje 4 i 5 poziomu (opracowanie na podstawie [9])

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Poziom** | | | | | | **Funkcja (poziom 1 do 5)** | **Przykład / wyjaśnienie** |
| **1** | **2** | **3** |  | **4** | **5** |
| C | C | C | a | G |  | zapewnienie widoczności w ciemności | poprzez oświetlenie toru i sygnałów odblaskowych przez reflektory |
| C | E | C | a | C |  | ogrzewanie powietrza |  |
| C | E | C | a | D |  | chłodzenie powietrza |  |
| C | L | C | a | B |  | przechył pojazdu | łącznie z kontrolą prowadzenia pantografu podczas przechyłu |
| D | B | B | a | B |  | odblokowanie drzwi do pojazdu przez maszynistę | autoryzacja możliwości otwarcia drzwi zewnętrznych pojazdu (z wyborem strony lewej lub prawej) |
| D | B | C | a | B |  | otwarcie drzwi zewnętrznych pojazdu przy użyciu sterowania lokalnego (dźwignia ręczna, przycisk) | dźwignia ręczna sterowania napędem i drzwiami, z funkcją rejestrowania otwarcia i przekazywania sygnału do sterowania pociągiem, aby uruchomić hamulec awaryjny w przypadku uruchomienia w trakcie biegu pociągu |
| D | B | C | a | C |  | otwieranie drzwi zewnętrznych po aktywacji przez maszynistę lub załogę | uruchomienie napędu drzwi |
| D | B | C | a | D |  | automatyczne otwieranie drzwi zewnętrznych | żądanie otwarcia drzwi z systemu atc |
| D | B | C | a | E |  | otwieranie drzwi zewnętrznych po rozpoczęciu rozkładania rampy | po uzyskaniu specjalnego żądania, poprzez wciśnięcie dedykowanego przycisku lub sekwencji przycisków |
| D | B | C | a | F |  | otwieranie drzwi zewnętrznych po aktywowaniu windy | po uzyskaniu specjalnego żądania, poprzez wciśnięcie dedykowanego przycisku lub sekwencji przycisków |
| D | B | C | a | G |  | umożliwienie otwarcia wybranych drzwi | w celu ograniczenia dostępu do niektórych pojazdów wchodzących w skład pociągu |
| D | B | D | a | B |  | automatyczne zamykanie drzwi | automatyczne zamykanie drzwi, jeśli żadna osoba nie pojawi się w strefie działania czujnika przez określony czas lub poprzez sygnał podany przez maszynistę / załogę pociągu |
| D | B | E | a | B |  | wykrywanie przeszkód |  |
| D | B | P | a | B |  | zarządzanie stopniami pojazdu | system kontroli ruchomych stopni |
| D | B | P | a | B | B | umożliwienie wysuwania stopni |  |
| D | B | P | a | B | C | umożliwienie chowania stopni |  |
| D | B | P | a | B | D | umożliwienie ręcznej blokady stopnia |  |
| D | B | P | a | B | E | dostosowanie wysokości stopnia do wysokości peronu |  |
| D | B | Q | a | B |  | zarządzanie rampą |  |
| D | B | Q | a | B | B | wykrywanie żądania otwarcia rampy | naciśnięcie przycisku |
| D | B | Q | a | B | C | umożliwienie rozłożenia rampy | odblokowanie rampy po uzyskaniu sygnału zezwalającego |
| D | B | Q | a | B | D | umożliwienie złożenia rampy | rozpoczęcie składania w przypadku braku wykrycia obciążenia na rampie bądź braku sygnału z czujnika ruchu |
| D | B | Q | a | B | G | umożliwienie ręcznej blokady rampy |  |
| E | B | B | a | B |  | przygotowanie sprzęgu |  |
| E | B | B | a | C |  | otwieranie pokrywy |  |
| E | B | B | a | D |  | konfiguracja trybu sprzęgania |  |
| E | B | B | a | E |  | zarządzanie światłami zewnętrznymi po sprzęgnięciu |  |
| E | B | B | a | F |  | wykonanie sprzęgania |  |
| E | B | B | a | G |  | automatyczne wykonanie sprzęgania |  |
| E | B | B | a | H |  | ręczne wykonanie sprzęgania |  |
| E | B | B | a | J |  | zakończenie procesu sprzęgania |  |
| E | B | C | a | B |  | przygotowanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | C |  | wykonywanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | D |  | automatyczne wykonywanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | E |  | ręczne wykonywanie rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | F |  | zakończenie procesu rozprzęgania |  |
| E | B | C | a | G |  | zamknięcie pokrywy |  |
| E | B | C | a | H |  | weryfikacja przeprowadzenia rozprzęgania |  |
| E | B | D | a | B |  | przenoszenie sił rozciągających |  |
| E | B | D | a | C |  | przenoszenie sił ściskających |  |
| E | B | D | a | D |  | rozpraszanie energii zderzenia |  |
| E | B | D | a | E |  | ochrona elementów przenoszących siły |  |
| E | B | E | a |  |  | połączenie przewodów sygnałowych, zasilania w energię oraz inne media |  |
| E | B | F | a | B |  | wykrycie rozprzęgnięcia |  |
| E | B | F | a | C |  | zapewnienie reakcji na nieintencjonalne rozprzęgniecie | np. hamowanie |
| F | B | B | a | B |  | wykrywanie prądu w sieci |  |
| F | B | B | a | C |  | wykrywanie napięcia w sieci |  |
| F | B | B | a | D |  | konfigurowanie parametrów energii zasilającej |  |
| F | B | D | a | B |  | przetwarzanie energii z ogniwa paliwowego na energię elektryczną |  |
| F | B | E | a | B |  | zarządzenie urządzeniem do odbioru energii elektrycznej |  |
| F | B | E | a | B | B | zapewnienie dobrego kontaktu elektrycznego po stronie zasilania wysokim napięciem |  |
| F | B | E | a | B | C | zapewnienie dobrego kontaktu elektrycznego dla przepływu prądu (powrót) |  |
| F | B | E | a | C |  | ochrona odbieraka prądu i sieci trakcyjnej |  |
| F | B | E | a | C | B | zapobieganie uszkodzeniu sieci trakcyjnej |  |
| F | B | F | a | B |  | zarządzenie systemem przekształcania energii |  |
| F | B | F | a | C |  | ochrona urządzeń do przekształcania energii |  |
| F | B | F | a | C | B | ochrona urządzeń wysokiego napięcia przed przepięciem |  |
| F | B | F | a | C | C | ochrona urządzeń wysokiego napięcia przed skokami natężenia prądu |  |
| F | B | G | a | B |  | zarządzanie systemem dystrybucji energii |  |
| F | B | G | a | C |  | ochrona urządzeń systemu dystrybucji energii |  |
| G | C | B | a | B |  | konfiguracja układu hamulcowego w zależności od konfiguracji pociągu |  |
| G | C | B | a | C |  | konfigurowanie układu hamulcowego w zależności od lokalizacji kabiny sterowniczej (aktywnej) |  |
| G | C | B | a | D |  | konfigurowanie systemu hamulcowego w zależności od ograniczeń operacyjnych i działaniem w trybie awaryjnym |  |
| G | C | B | a | E |  | uzyskiwanie statusu układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | E | B | uzyskiwanie statusu automatycznego układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | E | C | uzyskiwanie statusu podstawowego (zasadniczego) układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | E | D | uzyskiwanie statusu elektrodynamicznego układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | E | E | uzyskiwanie statusu hydrodynamicznego układu hamulcowego |  |
| G | C | B | a | E | F | uzyskiwanie statusu wiroprądowego układu hamulcowego |  |
| G | C | C | a | B |  | pozyskiwanie żądania hamowania od maszynisty |  |
| G | C | C | a | B | B | pozyskiwanie żądania hamowania od kontrolera automatycznego hamowania maszynisty |  |
| G | C | C | a | B | E | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń awaryjnych | przyciski nagłego hamowania, dźwignie i inne tego typu urządzenia |
| G | C | C | a | C |  | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń zabezpieczających układy pojazdu |  |
| G | C | C | a | C | B | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń badających stan maszynisty |  |
| G | C | C | a | C | C | pozyskiwanie żądania hamowania od urządzeń atp |  |
| G | C | C | a | C | D | pozyskiwanie żądania hamowania po wykryciu transmisji sygnału hamowania |  |
| G | C | C | a | D |  | pozyskiwanie żądania hamowania z urządzeń kontroli prędkości pociągu |  |
| G | C | C | a | E |  | pozyskiwanie żądania hamowania od pasażerów i załogi pociągowej |  |
| G | C | D | a | B |  | ustawianie trybu hamulca roboczego |  |
| G | C | D | a | C |  | ustawianie trybu hamulca bezpieczeństwa (awaryjnego) |  |
| G | C | D | a | D |  | ustawianie trybu hamulca pomocniczego |  |
| G | C | D | a | D | B | ustawianie trybu automatycznego hamulca pomocniczego |  |
| G | C | D | a | D | C | ustawianie trybu ręcznego hamulca pomocniczego |  |
| G | C | D | a | E |  | ustawianie trybu hamulca postojowego |  |
| G | C | E | a | B |  | obliczanie wymaganej siły hamowania | obliczanie wstępne |
| G | C | E | a | B | B | obliczanie wymaganej siły hamowania (pociąg) |  |
| G | C | E | a | B | C | obliczanie wymaganej siły hamowania (pojazd) |  |
| G | C | E | a | B | D | obliczanie wymaganej siły hamowania (wózek) |  |
| G | C | E | a | B | E | kolejność uruchamiania poszczególnych systemów hamulcowych |  |
| G | C | E | a | C |  | uzyskiwanie informacji o dostępnej sile hamowania |  |
| G | C | E | a | D |  | obliczanie wymaganej siły hamowania |  |
| G | C | F | a | C | B | zapewnienie polecenia hamowania do hamowania postojowego |  |
| G | C | F | a | C | D | zapewnienie polecenia hamowania do hamowania zasadniczego |  |
| G | C | F | a | C | E | zapewnienie polecenia hamowania do hamowania awaryjnego |  |
| G | C | F | a | E |  | żądanie odłączenia siły trakcyjnej |  |
| G | C | F | a | F |  | uzyskanie informacji o wygenerowanej sile hamującej |  |
| G | C | G | a |  |  | stosowanie i zwalnianie sił hamujących |  |
| G | C | G | a | B |  | generowanie i zmniejszanie sił hamujących |  |
| G | C | G | a | B | B | generowanie sił hamujących hamulcem ciernym |  |
| G | C | G | a | B | C | generowanie sił hamujących hamulcem wiroprądowym |  |
| G | C | G | a | B | D | generowanie sił hamujących hamulcem magnetycznym |  |
| G | C | G | a | B | E | wydawanie polecenia hamowania elektrodynamicznego |  |
| G | C | G | a | B | F | zwalnianie sił hamujących (ręczne i awaryjne) |  |
| G | C | G | a | C |  | rozpraszanie generowanego ciepła |  |
| G | C | G | a | D |  | zapewnianie magazynowania energii do hamowania (na poziomie pociągu) |  |
| G | C | G | a | D | B | zapewnianie pośredniego magazynowania energii do hamowania |  |
| G | C | G | a | D | C | kontrola stanu zgromadzonej do hamowania energii |  |
| G | C | G | a | D | D | ochrona zgormadzonej do hamowania energii |  |
| G | C | G | a | E |  | wykrycie braku zwolnienia sił hamujących |  |
| G | C | H | a | B |  | wykrywanie poślizgu |  |
| G | C | H | a | C |  | kontrola poślizgu |  |
| G | C | H | a | D |  | zarządzanie zwolnieniem hamulców |  |
| G | D | B | a |  |  | zarządzanie piasecznicami |  |
| G | D | B | a | B |  | wybór kierunku |  |
| G | D | B | a | C |  | wybór osi |  |
| G | D | B | a | D |  | suszenie piasku |  |
| G | D | B | a | E |  | podgrzewanie piasku |  |
| G | D | B | a | F |  | stan (poziom) piasku |  |
| G | D | B | a | G |  | polecenie uruchomienia piasecznicy |  |
| J | B | B | a | B |  | zapewnienie stabilności wózka | zapewnienie stabilność z aktywną kontrolą sztywności wzdłużnej wózka |
| J | B | B | a | C |  | monitorowanie stabilności wózka | zapewnienie nagrywania zapisów monitoringu |
| J | B | B | a | D |  | wykrywanie niestabilności wózka | przetwarzanie sygnałów z czujników w celu zamknięcia pętli sprzężenia zwrotnego z użyciem siłowników |
| J | B | B | a | E |  | sygnalizowanie niestabilności wózka | sygnalizowanie stanu braku stabilności do systemów monitorowania |
| J | B | D | a | B |  | wykrywanie przeszkód na torze | pozyskiwanie sygnałów z czujników zewnętrznych |
| J | B | D | a | C |  | sygnalizowanie przeszkody na torze | przesłanie sygnału do zewnętrznego system monitorowania |
| J | B | G | a | B |  | pokonywanie łuków |  |
| J | B | G | a | C |  | pokonywanie wzniesień |  |
| J | B | G | a | D |  | ruch pociągu po wichrowatym torze |  |
| J | B | G | a | F |  | pokonywanie łuku w kształcie litery s |  |
| J | B | H | a | B |  | detekcja gorącego łożyska | detekcja nadzwyczajnego wzrostu temperatury w łożysku |
| J | B | H | a | C |  | sygnalizowanie wysokiej temperatury łożyska | przekazanie maszyniście wiarygodnej informacji lub wiadomości alarmowej w celu ograniczenia prędkości pociągu lub zatrzymania w zależności od poziomu temperatury |
| J | B | J | a | B |  | wykrywanie wysokiej temperatury oleju przekładni |  |
| J | B | J | a | C |  | sygnalizowanie wysokiej temperatury oleju przekładni |  |
| J | C | B | a | B |  | przenoszenie sił wzdłużnych przez II poziom usprężynowania | przenoszenie sił trakcyjnych, hamowania i sił generowanych podczas manewrów pomiędzy pudłem pociągu a ramą wózka |
| J | C | B | a | C |  | przenoszenie sił wzdłużnych przez I poziom usprężynowania. | przenoszenie sił trakcyjnych, hamowania i sił generowanych podczas manewrów pomiędzy ramą wózka a zestawem kołowym |
| J | C | B | a | D |  | przenoszenie sił wzdłużnych na poziomie toru | przenoszenie sił trakcyjnych, hamowania i sił generowanych podczas manewrów pomiędzy zestawem kołowym a torem |
| J | C | C | a | B |  | przenoszenie sił poprzecznych przez II poziom usprężynowania | przenoszenie sił poprzecznych (ruch po łuku, nierówności toru, etc.) pomiędzy pudłem pociągu a ramą wózka |
| J | C | C | a | C |  | przenoszenie sił poprzecznych przez  I poziom usprężynowania. | przenoszenie sił poprzecznych (ruch po łuku, nierówności toru, etc.) pomiędzy ramą wózka a zestawem kołowym |
| J | C | C | a | D |  | przenoszenie sił poprzecznych na tor | przenoszenie sił poprzecznych (ruch po łuku, nierówności toru, etc.) pomiędzy zestawem kołowym a torem |
| J | C | D | a | B |  | przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych przez II stopień usprężynowania | przenoszenie obciążeń pionowych (ruch po łuku, nierówności toru, masa przewożonego ładunku, etc.) pomiędzy pudłem pojazdu a ramą wózka |
| J | C | D | a | C |  | przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych przez I stopień usprężynowania | przenoszenie obciążeń pionowych (ruch po łuku, nierówności toru, masa przewożonego ładunku, etc.) pomiędzy ramą wózka a zestawem kołowym |
| J | C | D | a | D |  | przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych na tor | przenoszenie obciążeń pionowych (ruch po łuku, nierówności toru, masa przewożonego ładunku, etc.) pomiędzy zestawem kołowym a torem |
| J | C | E | a | B |  | przenoszenie sił trakcyjnych na szynę |  |
| J | C | E | a | E |  | przenoszenie sił na mocowanie (podporę) przekładni |  |
| J | C | E | a | F |  | przenoszenie sił elektromagnetycznych układu hamowania |  |
| J | D | B | a | B |  | ograniczanie przyspieszeń w kierunku x |  |
| J | D | B | a | C |  | ograniczanie przyspieszeń w kierunku y |  |

* 1. **Funkcje wybranych komponentów pojazdu kolejowego**

Opierając się na katalogu funkcji realizowanych przez pojazd kolejowy, można dokonać przypisania właściwych funkcji poszczególnym elementom pojazdu kolejowego lub odwrotnie – przypisanie komponentów pojazdu do realizowanych przez niego funkcji. Obydwie metody są dopuszczalne, a ich wybór zależy od przyjętym w danym przedsiębiorstwie sposobie prezentacji danych.

Przykład funkcji jakie mogą pełnić wybrane komponenty pojazdu kolejowego zawiera Tabela 6.

Tabela 6 Prezentacja funkcji wybranych komponentów pojazdu kolejowego

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Układ** | **Komponent** | **Funkcja**  **poziomu 1** | **Funkcja poziomu 2** | **Funkcja 3 poziomu** | **Funkcja poziomu 4** | **Uwagi** |
| zestaw kołowy | koło | utrzymanie masy pojazdu i prowadzenie torze | prowadzenie pojazdu | ochrona przed wykolejeniem | - | współpraca koło - szyna |
| przenoszenie sił | przenoszenie sił wzdłużnych | przenoszenie sił wzdłużnych na tor | przenoszenie sił trakcyjnych, hamowania i sił generowanych podczas manewrów pomiędzy zestawem kołowym a torem |
| przenoszenie sił poprzecznych | przenoszeni sił poprzecznych na tor | przenoszenie sił poprzecznych (ruch po łuku, nierówności toru, etc.) pomiędzy zestawem kołowym a torem |
| przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych | przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych na tor | przenoszenie obciążeń pionowych (ruch po łuku, nierówności toru, masa przewożonego ładunku, etc.) pomiędzy zestawem kołowym a torem |
| przenoszenie siły trakcyjnej i hamującej | przenoszenie sił trakcyjnych na szynę | przenoszenie sił i momentów z pojazdu na tor i odwrotnie w warunkach trakcji i hamowania |
| oś | utrzymanie masy pojazdu i prowadzenie torze | prowadzenie pojazdu | utrzymanie właściwego rozstawu zestawu kołowego | - | zgodnie z rozstawem toru |
| (pośrednio) zapewnienie wykrycia braku obracania się osi | - | możliwy wpływ pośredni (np. wpływ stosowania pokrycia osi warstwą ochronną na działania czujników ruchu) |
| przenoszenie sił | przenoszenie sił wzdłużnych | przenoszenie sił wzdłużnych na koło | - |
| przenoszenie sił wzdłużnych z koła na ramę wózka | - |
| przenoszenie sił poprzecznych | przenoszenie sił poprzecznych na koło | - |
| przenoszenie sił poprzecznych z koła na ramę | - |
| przenoszenie sił skrętnych | przenoszenie sił skrętnych z napędu / hamowania na koło, a zwrotnie na ramę wózka | - |
| przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych | przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych na koło / ramę wózka | - |
| przenoszenie siły trakcyjnej i hamującej | przenoszenie sił trakcyjnych na koło | przenoszenie sił i momentów na koło i odwrotnie w warunkach trakcji i hamowania |
| układ hamulcowy | tarcza hamulcowa (układ siłowy) | przyspieszanie, utrzymywanie prędkości, hamowanie i zatrzymywanie | zapewnienie opóźnienia pojazdu i utrzymania go w pozycji zatrzymanej | generowanie siły przeciwstawnej do kierunku ruchu pojazdu (siły hamującej) | - | - |
| zamiana energii kinetycznej na energię cieplną | odbiór i rozpraszanie ciepła | - | - |
| wstawka hamulcowa (układ siłowy) | przyspieszanie, utrzymywanie prędkości, hamowanie i zatrzymywanie | zapewnienie opóźnienia pojazdu i utrzymania go w pozycji zatrzymanej | generowanie siły przeciwstawnej do kierunku ruchu pojazdu (siły hamującej) | - | - |
| zamiana energii kinetycznej na energię cieplną | odbiór i rozpraszanie ciepła | - | - |
| siłownik (układ siłowy) | przyspieszanie, utrzymywanie prędkości, hamowanie i zatrzymywanie | zapewnienie opóźnienia pojazdu i utrzymania go w pozycji zatrzymanej | zapewnienie siły docisku pary ciernej | - | - |
| rozdzielacz powietrza (układ sterowania) | przyspieszanie, utrzymywanie prędkości, hamowanie i zatrzymywanie | zapewnienie opóźnienia pojazdu i utrzymania go w pozycji zatrzymanej | aplikowanie i usuwanie sił hamujących | - | - |
| zarządzanie hamowaniem na poziomie wózka | - | - |
| czujnik zmiany prędkości obrotowej kół (układ sterowania) | przyspieszanie, utrzymywanie prędkości, hamowanie i zatrzymywanie | kontrola prędkości obrotowej koła | zapobieganie blokowaniu koła podczas hamowania | - | - |
| układ zasilania | odbierak prądu | zapewnienie energii | zapewnienie energii elektrycznej | pobieranie energii z sieci trakcyjnej | zapewnienie dobrego kontaktu elektrycznego po stronie wysokiego napięcia | - |
| zapobieganie uszkodzeniu sieci trakcyjnej | - |
| dystrybucja energii | zapewnienie dobrego kontaktu elektrycznego dla przepływu prądu | - |
| akumulator | zapewnienie energii | zapewnienie energii elektrycznej | wytwarzanie energii trakcyjnej na pokładzie pojazdu | - | - |
| magazynowanie energii elektrycznej | - | - |
| zapewnienie możliwości ładowania i rozładowywania | - | - |
| zapewnienie możliwości kontroli stanu rozładowania | - | - |
| urządzenia cięgłowo - zderzne | sprzęg | łączenie pojazdów | umożliwienie sprzęgania i rozprzęgania | ręczne wykonanie sprzęgania | - | - |
| automatyczne wykonanie sprzęgania | - | - |
| automatyczne wykonywanie rozprzęgania | - | - |
| ręczne wykonywanie rozprzęgania | - | - |
| przenoszenie sił przez sprzęg | przenoszenie sił rozciągających i ściskających |  |
| rozpraszanie energii zderzenia | - | - |
| ochrona elementów przenoszących siły | - | - |
| zapewnienie przejścia sygnałów, ciągłości zasilania i innych wymaganych mediów | - | - |
| zapewnienie właściwej reakcji na nieintencjonalne rozprzęgnięcie | - | - |
| zderzak | łączenie pojazdów | umożliwienie sprzęgania i rozprzęgania | rozpraszanie energii zderzenia | - | - |
| ochrona elementów przenoszących siły | - | - |
|  |  |  |  | tłumienie sił | tłumienie sił ściskających | - |

* 1. **Osiągi wybranych komponentów pojazdu kolejowego**

Należy mieć na uwadze, że jeśli dany komponent pojazdu kolejowego posiada udział w realizacji więcej niż jednej funkcji jego osiągi mogą zostać wskazane w odniesieniu do każdej z funkcji niezależnie, jeśli jest to korzystne z punktu widzenia przejrzystości dokumentacji. Pomocne w tym celu będzie wykorzystanie oznaczeń literowych wskazanych w Tabelach 4 i 5.

Dla realizacji określonej funkcji w pojeździe, nie wszystkie parametry komponentu są równie istotne, a niektóre mogą mieć pomijalne znaczenie. W niektórych zastosowaniach parametrem takim może być np. masa komponentu, która będzie miała znaczenie drugorzędne, natomiast istotna dla zapewnienia funkcji będzie odporność na rozciąganie, udarność, bądź w przypadku urządzeń sterowania – czas odpowiedzi (reakcji).

Określenie wymagalnych (istotnych) z punktu widzenia pełnienia określonej funkcji w pojeździe parametrów będzie wymagało wiedzy zarówno o samym komponencie (jego parametrach charakterystycznych – np. kata specyfikacji technicznej), jak i jego miejsca w całej logicznej strukturze pojazdu – pod kątem pełnionej w nim funkcji (Tabela 4 i Tabela 5).

W związku z powyższym, dla poszczególnych funkcji możliwe jest opracowanie zestawów osiągów które będą charakteryzowały element pojazdu realizujący daną funkcję.

Na przykład dla funkcji *DBP* - „zmniejszenie odstępu między pojazdem i peronem" osiągi danego komponentu mogłyby zostać zdefiniowane następująco:

* zakres wysuwania stopnia (cm), ugięcie stopnia w zależności od siły (F/s), czas wysuwania i chowania stopnia [s],

a dla funkcji *GDB* - "podgrzewanie piasku":

* sposób podgrzewania, czas podgrzewania [s], zakres temperatur [°C].

Informacje na temat poszczególnych osiągów w miarę możliwości najlepiej czerpać z dokumentacji technicznej danych komponentów. W przypadku, w którym dokumentacja techniczna komponentu nie jest dostępna, konieczne będzie określenie osiągów istotnych z punktu widzenia pełnionej przez niego funkcji, oraz wskazanie ich wartości (poprzez badanie, analizę, odniesienie do elementów podobnych, etc.).

Mając na uwadze pełnione przez komponenty funkcje zaprezentowane w Tabeli 6 wybrane propozycje zidentyfikowanych osiągów zestawiono w Tabeli 7

Tabela 7 Przykłady osiągów wybranych komponentów pojazdu kolejowego (opracowanie własne na podstawie [10] [11] [12] [13])

|  |  |
| --- | --- |
| **Komponent / Urządzenie** | **Osiągi (parametry)** |
| Urządzenie cięgłowe | wytrzymałość na rozciąganie |
| udarność |
| twardość |
| zarys gwintu sprzęgu śrubowego |
| Urządzenie zderzakowe | siła ściskająca |
| praca przyjęta |
| praca pochłonięta |
| siła miękkiego skoku |
| zacisk wstępny |
| siła zacisku wstępnego |
| siła zderzna |
| skok miękki |
| promień krzywizny tarcz zderzakowych |
| średnica tarcz zderzakowych |
| Odbierak prądu | nacisk statyczny |
| nacisk dynamiczny |
| siła opuszczająca |
| siła mechanizmu podnoszenia |
| nacisk statyczny odbieraka przy ruchu w dół |
| nacisk statyczny odbieraka przy ruchu w górę |
| siła utrzymująca |
| zakres pracy odbieraka [mm] |
| czas podnoszenia / opuszczania |
| siła aerodynamiczna |
| siła tarcia |
| masa odbieraka |
| sztywność usprężynowania ślizgacza |
| rezystancja toru prądowego odbieraka |
| trwałość mechaniczna |
| wytrzymałość elektryczna izolacji |
| obciążalność prądowa |
| Układ hamulcowy | współczynnik tarcia pary ciernej |
| przewodność cieplna |
| generowane opóźnienie |
| nacisk klocka na koło |
| przebieg ciśnienia w układzie podczas hamowania / odhamowania |
| przebieg spadku ciśnienia w przewodzie hamulcowym |
| przebieg napełniania cylindrów hamulcowych |
| charakterystyka wyczerpywania się hamulca |
| szybkość działania |
| Zestaw kołowy | zarys powierzchni tocznej |
| poziom generowanych drgań i hałasu |
| odporność na obciążenia cieplne |
| właściwości mechaniczne |
| wytrzymałość zmęczeniowa |
| masa zestawu |
| sposób prowadzenia badania NDT |
| odporność na uderzenia |
| przygotowanie pod montaż elementów dodatkowych (przekładnie, tarcze) |
| odporność na czynniki atmosferyczne |
| odporność na pękanie (np. ugniatanie) |
| Akumulator | pojemność |
| napięcie znamionowe |
| siła elektromotoryczna |
| minimalne napięcie (wskazujące na stan głębokiego rozładowania) |
| napięcie ładowania |
| współczynnik samorozładowania |
| wytrzymałość [cykle] |
| rezystancja wewnętrzna |
| maksymalny prąd rozładowania |

Przedstawione w powyżej tabeli wybrane parametry komponentów, które w zależności od pełnionej funkcji mogą stanowić ich oczekiwane osiągi stanowią jedynie propozycję, a nie są katalogiem zamkniętym ani wytyczną co do istotności (priorytetu) poszczególnych osiągów.

1. **Wytyczne ułatwiające identyfikację funkcji i osiągów**

Producent pojazdu kolejowego jest pierwszym i najważniejszym ogniwem procesu identyfikacji kluczowych funkcji jakie ma on realizować oraz osiągów jakimi muszą charakteryzować się jego poszczególne komponenty, aby zdefiniowane funkcje mogły zostać spełnione – zapewniając tym samym pełną funkcjonalność pojazdu przez cały cykl jego życia oraz bezpieczeństwo jego eksploatacji.

Proces identyfikacji i docelowo opracowania listy funkcji i osiągów podzielić można na kilka etapów. Pierwszym etapem będzie zgromadzenie informacji pomocnych w zidentyfikowaniu głównych funkcji pojazdu. Informacje takie pozyskać można z założeń projektowych, obowiązujących norm, standardów, określonych kart UIC, dedykowanym budowie pojazdów kolejowych, własnego doświadczenia w budowie podobnych typów pojazdów, ustaleń z zamówienia złożonego na dany typ pojazdu kolejowego, a także z wiedzy wynikającej ze współpracy z innymi podmiotami rynku kolejowego (w tym przede wszystkim eksploatującymi podobne typy pojazdów oraz podmiotami odpowiedzialnymi za utrzymanie). W celu identyfikacji głównych funkcji (tzw. poziomu 1) oraz podfunkcji jakie na nie się składają, można posiłkować się zestawieniem zawartym w Tabeli 4, Tabeli 5 oraz Tabeli 6 niniejszego opracowania, a w przypadku zakresu wykraczającego poza dane w tabelach posiłkowanie się normami z tego zakresu [np. 9] lub w ostateczności wskazanie nowej funkcji nie ujętej żadnym z dostępnych opracowań, np. na podstawie wytycznych z pkt. 2.2.

Istotnym krokiem jest podział komponentów pod względem zadań jakie realizują w celu spełnienia założeń określonej funkcji. W celu identyfikacji i przyporządkowania komponentów do określonej funkcji pojazdu, pomocny będzie wykaz komponentów (części) użytych do produkcji pojazdu kolejowego, oraz podział na grupy produktowe (zgodnie z Tabelą 2 i Tabelą 3) w celu ich wstępnego uporządkowania. Opierając się na wiedzy konstruktorskiej, wzajemnym oddziaływaniu komponentów na funkcje pojazdu oraz kartach charakterystyki danego komponentu i jego właściwościach dokonywany jest wybór tych parametrów (osiągów) które są wymagane w celu realizacji funkcji pojazdu do której komponent został przypisany (przykłady osiągów wybranych komponentów przedstawione zostały w Tabeli 8. Warto na tym etapie dokonać analizy czy któryś z opisywanych komponentów nie spełnia definicji komponentu krytycznego dla bezpieczeństwa (zgodnie z rozdziałem 4). Jeśli zachodzi takie podejrzenie, należy zweryfikować listę elementów krytycznych i dokonać ewentualnych zmian, lub przystąpić do jej opracowania, jeśli dla tego typu pojazdu kolejowego nie została jeszcze opracowana.

W przypadku niektórych komponentów, a w szczególności dotyczyć to może komponentów krytycznych dla bezpieczeństwa, koniecznym może okazać się opracowanie dodatkowych instrukcji / wytycznych związanych z weryfikacją ich stanu na etapie eksploatacji pojazdu, instrukcji demontażu i montażu w celach przeprowadzenia czynności utrzymaniowych i wykazu narzędzi specjalistycznych jakie powinny być stosowane w celu zagwarantowania bezpieczeństwa procesu utrzymania pojazdu. Definicja elementów krytycznych zawarta jest w szeregu dokumentów jakie należy brać pod uwagę zarówno w przypadku projektowania jak i użytkowania pojazdów kolejowych. Dla zrozumienia w pełni znaczenia terminu „element krytyczny dla bezpieczeństwa” należy posłużyć się definicją zawartą w punkcie 4 sekcji 4.2.12.1 TSI Loc&Pas [2], normy EN 17023:2018 [14] i EN 17095:2019 [15] oraz Artykułu 3(12) Dyrektywy bezpieczeństwa [4]. Analizując zapisy przywołanych opracowań, można opisać tego typu komponenty w następujący sposób.

Komponenty krytyczne dla bezpieczeństwa to komponenty pojazdu kolejowego, w przypadku których pojedyncza awariamoże (w wiarygodny sposób) prowadzić bezpośrednio do:

* kolizji pociągu lub wykolejenia pociągu skutkujących śmiercią co najmniej jednej osoby lub poważnymi obrażeniami pięciu lub więcej osób lub rozległym uszkodzeniem taboru, infrastruktury lub środowiska,
* każdy inny wypadek o takich samych skutkach, który ma oczywisty wpływ na przepisy bezpieczeństwa kolei lub zarządzanie bezpieczeństwem;

Termin „rozległe szkody” w tym przypadku, zgodnie z [4] które oznaczają szkody, które mogą być natychmiast oszacowane przez organ dochodzeniowy na łączną kwotę co najmniej 2 mln EUR

Należy również zaznaczyć, że zgodnie z normą EN15380-2 (§ 3.10) [8], komponent to „jednoznacznie identyfikowalny produkt, który jest uważany za niepodzielny dla określonego celu planowania lub kontroli i/lub którego nie można rozmontować bez jego zniszczenia”.

Przytoczona wcześniej „pojedyncza awaria” powinna być rozumiana jako wydarzenie bezpośrednio powodujące częściową lub całkowitą utratę możliwości pełnienia założonej przez komponent funkcji. W tym przypadku nie bierze się pod uwagę innej awarii lub zespołu awarii będących częścią łańcucha zdarzeń. Podczas dokonywania analizy można wykorzystać zasadę, że poza uszkodzonym komponentem wszystkie pozostałe komponenty uważamy za sprawne i spełniające swoje funkcje. Podejście takie pozwoli zawęzić ilość potencjalnych kandydatów do listy komponentów krytycznych.

Ogólnie rzecz biorąc, elementy krytyczne dla bezpieczeństwa są podzbiorem komponentów związanych z bezpieczeństwem, gdzie są one zdefiniowane jako elementy pełniące funkcje istotne dla bezpieczeństwa, utrzymują pojazd w bezpiecznym stanie i zapobiegają występowaniu zagrożeń bezpieczeństwa (zob. norma EN 17023:2018 [20], załącznik B).

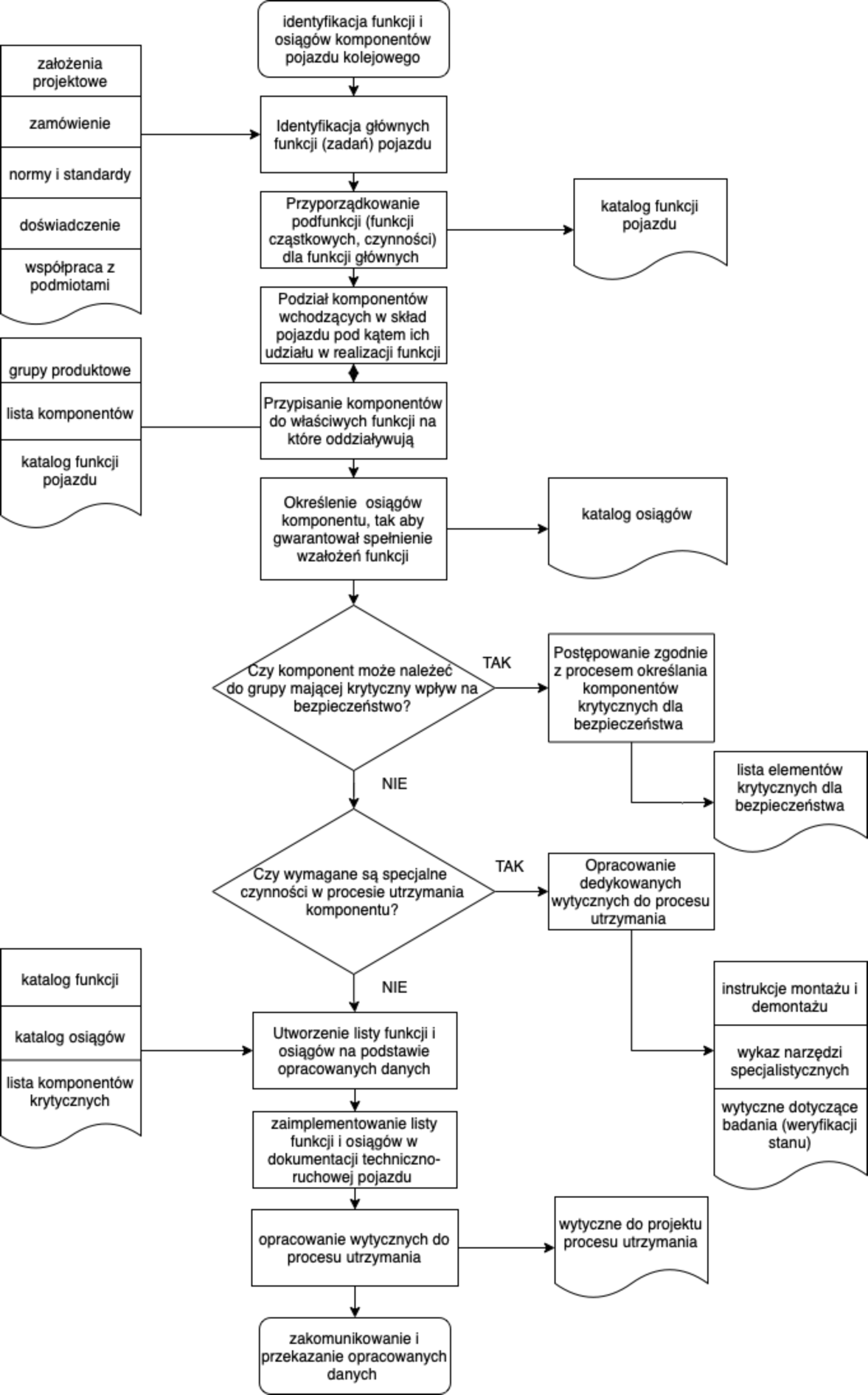
Identyfikacja komponentów krytycznych dla bezpieczeństwa, a zatem rozpoczęcie procesu zarządzania nimi powinno mieć miejsce już na etapie projektowania pojazdu kolejowego. To na tym etapie, wykorzystując doświadczenie inżynierskie, dostępną wiedzę oraz doświadczenia z budowy pojazdów podobnego typu producent / projektant w odniesieniu do komponentów krytycznych jakie mogą zaistnieć w pojeździe może i powinien dążyć do zminimalizowania ich liczby lub wyeliminowania ich w zupełności.

Mając na uwadze wszystkie powyższe informacje, stwierdzić można, że ostateczny zakres i kształt listy funkcji i osiągów zależał będzie od typu pojazdu kolejowego oraz stopnia jego skomplikowania konstrukcyjnego.

Jako wzór wyjściowy listy funkcji i osiągów wraz z informacją o spełnianiu definicji komponentu krytycznego dla bezpieczeństwa można zastosować propozycję ujętą w Tabeli 9.

W przypadku gdy proces identyfikacji funkcji i osiągów danego typu pojazdu odbywa się wtórnie, a producent identyfikuje konieczność wprowadzenia zmian – informacje takie powinny zostać zakomunikowane zainteresowanym stronom – szczególnie podmiotom odpowiedzialnym za utrzymanie i dysponentom pojazdu kolejowego.

Propozycja procedury w zakresie identyfikacji funkcji i osiągów została schematycznie przedstawiona na Rysunku 4.



Rysunek 3 Propozycja procedury w zakresie identyfikacji funkcji i osiągów

1. **Wytyczne dotyczące oceny identyczności funkcji i osiągów istotnych z punktu widzenia wymiany w ramach utrzymania**

Stwierdzenie w trakcie realizacji procesu utrzymania konieczności wymiany komponentu pojazdu kolejowego, wymagało będzie udzielenia odpowiedzi na pytanie czy nowy komponent realizuje te same funkcje i charakteryzuje się tymi samymi osiągami co komponent zastępowany.

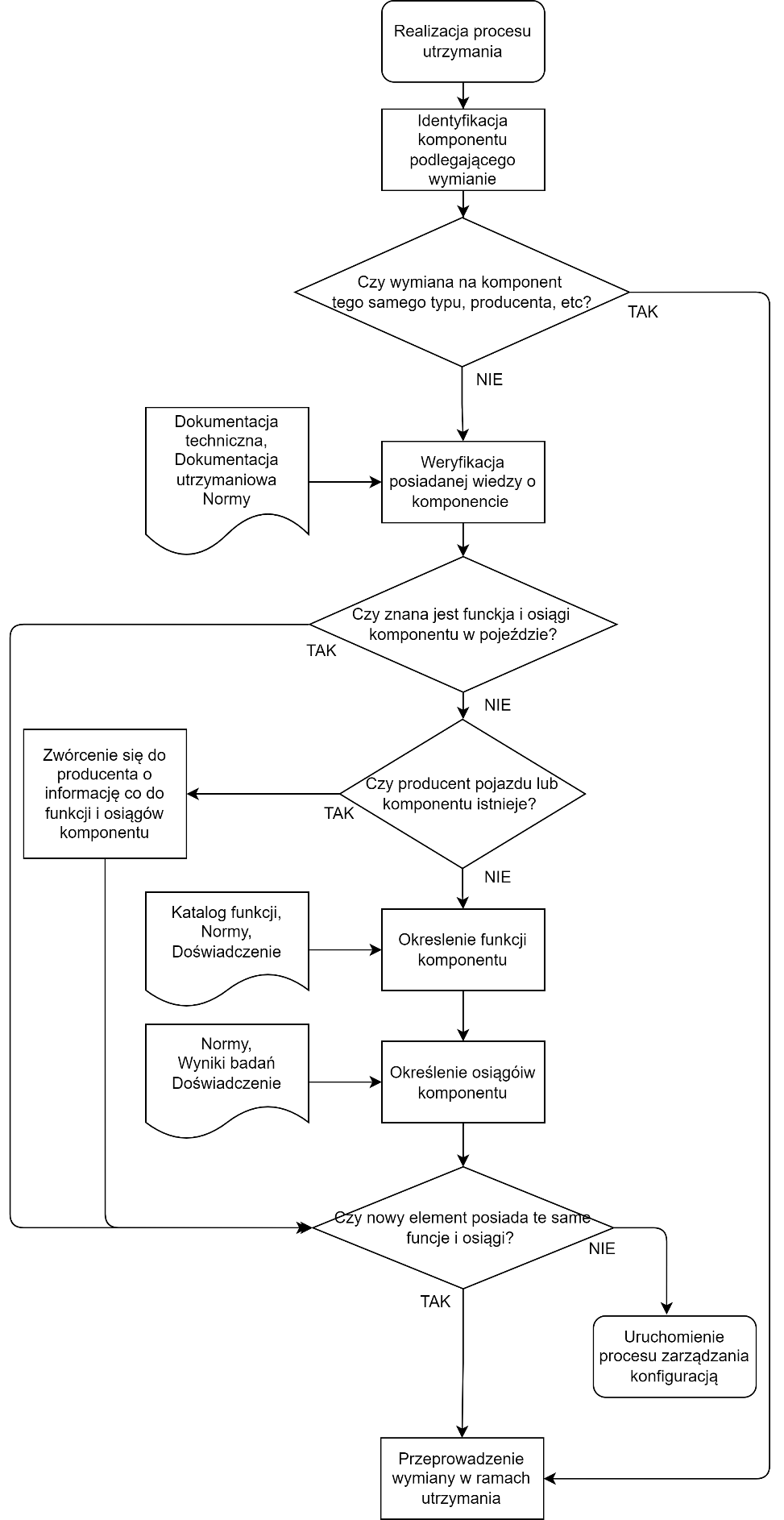
Pierwszym etapem w procesie wymiany będzie zatem udzielenie odpowiedzi na pytanie czy komponent jaki zamierzamy zamontować w pojeździe jest elementem tego samego typu i producenta (czyli mówiąc potocznie oryginalną częścią zamienną, zgodną z dokumentacją techniczną). Jeśli odpowiedź jest twierdząca oraz nic nie zmieniło się pod względem parametrów tego komponentu (np. nowa wersja wprowadzona przez producenta, zmiana parametrów charakterystycznych, technologii wykonania mogącej mieć wpływ na jego parametry) możemy uznać że wymiana będzie spełniała zakres wymiany w ramach utrzymania i nie są wymagane dodatkowe czynności (chyba, że jest to element krytyczny dla bezpieczeństwa, wtedy w zależności od przyjętych w organizacji procedur może zaistnieć konieczność podjęcia dodatkowych działań, np. zgodnie z Rysunkiem 8).

Jeśli natomiast nie jest możliwe pozyskanie komponentu tego samego typu/producenta lub jeśli podjęto decyzję o zastosowaniu zamiennika komponentu oryginalnego wymagane będzie dokonanie weryfikacji zgodności funkcji i osiągów obu komponentów. W przypadku posiadania odpowiedniej wiedzy w tym zakresie (np., dokumentacja przekazana przez producenta pojazdu, baza wiedzy przedsiębiorstwa, etc.) weryfikacje będzie polegała de facto na porównaniu tych parametrów z elementem nowo zabudowywanym.

W razie braku informacji w zakresie funkcji i osiągów komponentu należy te parametry właściwie określić, mając na względzie konfigurację pojazdu oraz wymóg zapewnienia bezpieczeństwa. Ułatwieniem tego procesu niewątpliwie będzie zwrócenie się do producenta pojazdu w celu pozyskania tego typu informacji. W przypadku braku takiej możliwości proces ustalania funkcji i osiągów powinien rozpocząć się od określenia funkcji danego komponentu. Jest to niezmiernie istotny etap całego procesu, gdyż tylko właściwe określenie wszystkich funkcji jakie dany komponent pełni pozwoli na zdefiniowanie jego wymaganego zakresu możliwości technicznych – czyli osiągów.

W celu zidentyfikowania właściwej funkcji komponentu (jednej lub kilku) pomocny będzie katalog zaprezentowany w Tabeli 5 i Tabeli 6. Po określeniu funkcji 1 poziomu (funkcja najwyższa) dany komponent należy przypisać do właściwej funkcji niższych poziomów (2-5). Analiza ta nie może ograniczać się jedynie do zidentyfikowania jednej funkcji komponentu, wymaga weryfikacji wszystkich połączeń funkcjonalnych z innymi komponentami pojazdu (nie muszą to być połączenia fizyczne). Wytyczne w zakresie identyfikacji funkcji i osiągów w tym zakresie będą zbieżne z wytycznymi dla producentów pojazdów (opisane w pkt. 3.4). Po zidentyfikowaniu właściwych funkcji i osiągów komponentu i porównaniu ich z funkcjami i osiągami komponentu podlegającego wymianie można przystąpić do czynności wymiany w ramach procesu utrzymania (jeśli parametry te będą takie same) lub uruchomić proces zarządzania konfiguracją (Rysunek 2), jeśli pomimo różnic w funkcjach i osiągach wymiana nadal musi zostać przeprowadzona.

Powyższy proces schematycznie został przedstawiony na Rysunku 4.



Rysunek 4 Schemat postępowania w przypadku konieczności wymiany komponentu (opracowanie własne)

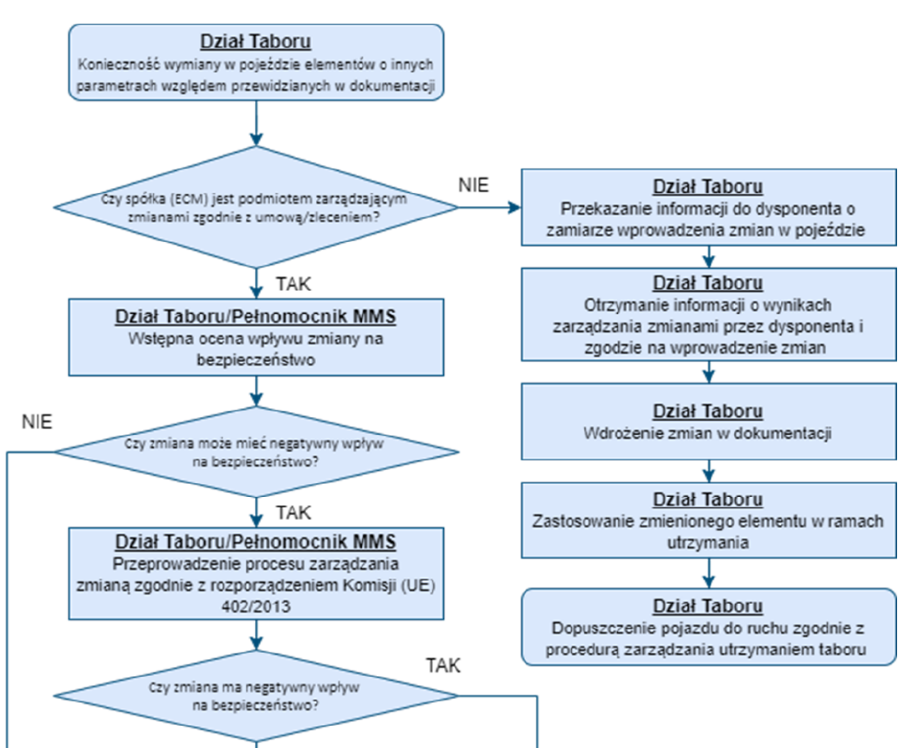
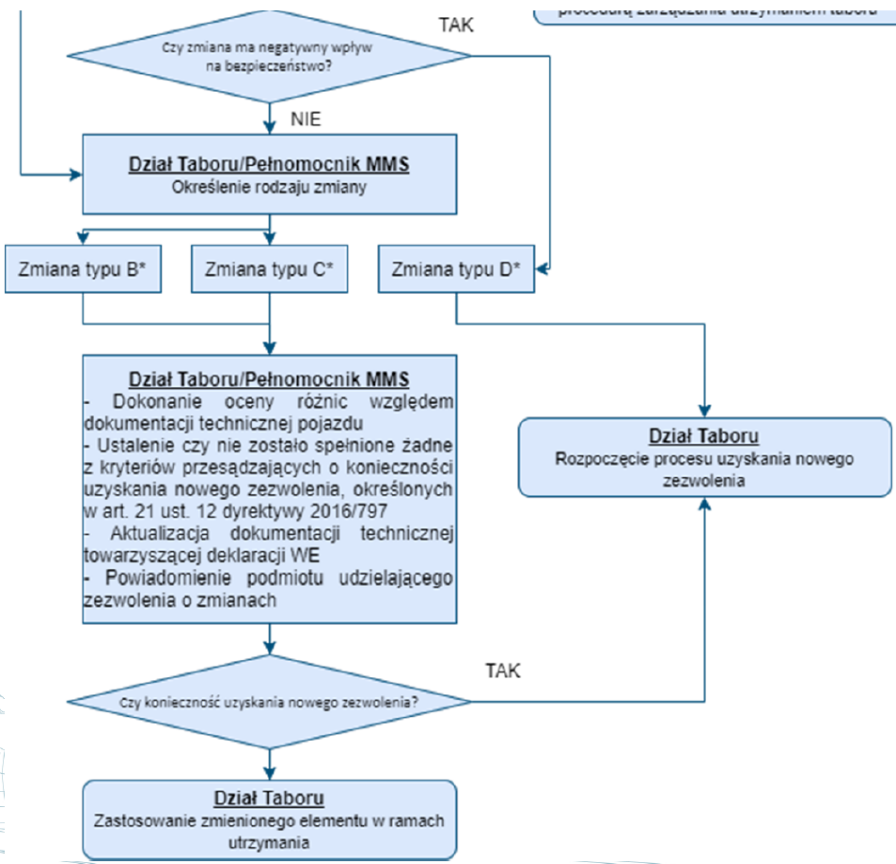
Podmiot dokonujący wymiany w ramach utrzymania, nie dysponując dokumentacją techniczną dotyczącą funkcji i osiągów określonego elementu powinien dokonać analizy i oceny we własnym zakresie. Do tego celu można wykorzystać posiadaną dokumentację techniczno-ruchową pojazdu, dokumentację systemu utrzymania, karty charakterystyki komponentu, bądź w przypadku braku jakichkolwiek dokumentów przeprowadzić badania w kierunku ustalenia wymaganych osiągów lub zlecić ich przeprowadzenie wyspecjalizowanej jednostce, jeśli ich zakres wykracza ponad kompetencje podmiotu dokonującego naprawy.

Dokumentacja z przeprowadzonej weryfikacji musi być zachowana i dostępna.

W przypadku wymiany komponentu na komponent o innych (nawet lepszych) parametrach należy uruchomić proces zarządzania konfiguracją pojazdu kolejowego, tak aby potwierdzić bezpieczeństwo takiej wymiany i wybrać właściwą ścieżkę formalną jej przeprowadzenia (Rysunek *5*).

Należy pamiętać, że dokumentacja stanowiąca podstawę uznania identyczności funkcji i osiągów powinna być przechowywana i udostępniona na żądanie Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego.

Rysunek 5 Przykład procedury zarządzania konfiguracją (opracowanie własne)



1. **Prezentacja w dokumentacji technicznej poszczególnych funkcji i osiągów istotnych z punktu widzenia wymiany w ramach utrzymania**

Istotną kwestią całego procesu właściwej oceny, identyfikacji oraz określenia parametrów funkcji oraz osiągów poszczególnych elementów pojazdów kolejowych jest zapewnienie właściwego procesu utrzymania oraz powtarzalności czynności utrzymaniowych, tak aby parametry te nie zostały zaburzone. Właściwe zapisy wprowadzone w dokumentacji technicznej pojazdu kolejowego są w tym obszarze kluczowym zagadnieniem.

Kluczową rolę zyskują w tym przypadku informacje pochodzące od producenta pojazdu kolejowego. Producent jako podmiot posiadający najbogatszą wiedzę odnośnie funkcji realizowanych przez pojazd w ujęciu całościowym (funkcje 1 poziomu) jak i szczegółowym (funkcje poziomów 2-5) definiowane już na etapie projektowania, poprzez etapy badań, produkcji i walidacji jest podstawowym źródłem wiedzy niezbędnej do opracowania katalogu funkcji i osiągów danego typu pojazdu kolejowego. Z punktu widzenia współpracy producenta z pozostałymi uczestnikami rynku kolejowego, w tym w szczególności Podmiotami Odpowiedzialnymi za Utrzymanie pojazdów kolejowych oraz biorąc pod uwagę zakres przekazywanej z pojazdem dokumentacji w ocenie autorów ekspertyzy właściwym miejscem na lokowanie katalogu funkcji i osiągów pojazdu kolejowego jest dokumentacja techniczno – ruchowa (DTR). Dokumentacja ta stanowi podstawowy zbiór informacji o pojeździe, jego parametrach charakterystycznych, układach i urządzeniach w nim zamontowanych oraz stanowi wytyczne do opracowywania dalszej dokumentacji, w tym dokumentacji systemu utrzymania.

Biorąc pod uwagę zbieżne potrzeby jakim musi odpowiadać dokumentacja techniczna pojazdu, tj. m.in. zarówno potrzeba zaspokojenia potrzeb właściwego zarządzania konfiguracją poprzez identyfikację funkcji i osiągów, jak i konieczność opracowania listy komponentów krytycznych dla bezpieczeństwa – wydaje się zasadne i uzasadnione zawierać obie te informacje w jednym katalogu.

Propozycja zapisów, która w przypadku zastosowania zestandaryzowanego podejścia wśród producentów oraz podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie przyniosłaby oczekiwane efekty przedstawiona została w Tabeli 9.

Pozyskane od producenta bądź opracowane we własnym zakresie katalogi funkcji i osiągów komponentów wchodzących w skład pojazdu kolejowego należy właściwie udokumentować i zachować w celu właściwego zarządzania utrzymaniem pojazdu kolejowego.

Zapisy dotyczące pełnionych funkcji i osiągów co do zasady powinny być przeglądane i aktualizowane w ramach funkcji rozwoju utrzymania.

Zapisy takie mogą podlegać weryfikacji Krajowej Władzy Bezpieczeństwa w celu stwierdzenia czy zarządzanie konfiguracją pojazdu kolejowego oraz przeprowadzanie czynności utrzymaniowych przebiega w zgodzie z obowiązującymi przepisami oraz parametrami jakie powinien spełniać dopuszczony do eksploatacji typ pojazdu.

Tabela 9 Propozycja prezentacji funkcji i osiągów w dokumentacji technicznej pojazdu.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Funkcja główna (poziom 1)** | **Podfunkcja (poziom 2)** | **Podfunkcja**  **(poziom 3)** | **Nazwa komponentu** | **Numer katalogowy producenta**  **/typ** | **Komponent krytyczny dla bezpieczeństwa** | **Sposób identyfikacji** | **Osiągi istotne dla realizacji funkcji** | **Uwagi** |
| przewożenie  i ochrona pasażerów, załogi pociągu i ładunku | ochrona przed pożarem | zabezpieczenie przed rozprzestrzenianiem się ognia | drzwi przejścia międzywagonowego | #CF260GS | nie | brak | czas zapłonu [s]  TSV [m2]  THR [MJ/m2]  spełnienie wymagań  DIN 5510-2 | dopuszczalne zamienniki zgodnie z kartą Z-31 |
| łączenie pojazdów | umożliwienie sprzęgania i rozprzęgania | Przenoszenie sił przez sprzęg | sprzęg śrubowy | ZSS-06 -L650 | tak | tabliczka znamionowa | wytrzymałość na rozciąganie  [wartość]  udarność [wartość]  zarys gwintu sprzęgu [typ] | postępować zgodnie z instrukcją demontażu ZSS-06-L650-5 |
| zapewnienie energii | zapewnienie energii | pobieranie energii  z sieci trakcyjnej | odbierak prądu | 2V\_4H\_120ECI | nie | tabliczka znamionowa | nacisk statyczny  [wartość]  nacisk  dynamiczny [wartość]  siła utrzymująca  [wartość]  zakres pracy odbieraka [mm]  obciążalność prądowa [wartość] |  |
| przyspieszanie, utrzymywanie prędkości hamowanie i zatrzymywanie | zapewnienie opóźnienia pojazdu i utrzymania go w pozycji zatrzymanej | generowanie siły przeciwstawnej do kierunku ruchu pojazdu (siły hamującej) | tarcza hamulcowa | D11-4-00633 | nie | cecha | współczynnik tarcia [wartość]  przewodność cieplna [wartość]  odporność na ścieranie [wartość]  wymiary [mm] |  |
| prowadzenie pociągu po torze | przenoszenie sił | przenoszenie pionowych obciążeń dynamicznych i statycznych | koło kolejowe | BA\_004sa | TAK | cecha | zgodność z dedykowanym profilem koła [oznaczenie]  wytrzymałość zmęczeniowa [wartość]  odporność na obciążenia cieplne [wartość]  poziom generowanych drgań\hałasu [wartość] |  |
| przenoszenie siły trakcyjnej i hamującej |  |
| poznoszenie sił wzdłużnych i poprzecznych |  |
| prowadzenie pojazdu | ochrona przed wykolejeniem |  |

1. **Źródła**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Urząd Transportu Kolejowego , [Online]. Available: <https://utk.gov.pl/pl/uslugi/ecm/uslugi/certyfikat-ecm/17736,Wydanie-nowego-certyfikatu-ECM.html>. |
| [2] | Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1302/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor — lokomotywy i tabor pasażerski” systemu kolei w Unii Europejskiej. |
| [3] | Ministerstwo Infrastruktury, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 października 2005 r. w sprawie ogólnych warunków technicznych eksploatacji pojazdów kolejowych (Dz. U. z 2016 r. poz. 226 t.j.). |
| [4] | Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei. |
| [5] | Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2018/545 ustanawiające uzgodnienia praktyczne na potrzeby procesu udzielania zezwoleń dla pojazdów. |
| [6] | ROZPORZĄDZENIE WYKONAWCZE KOMISJI (UE) NR 402/2013 w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka i uchylające. |
| [7] | Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej. |
| [8] | PN-EN 15380-2:2006 Kolejnictwo - System oznaczania pojazdów kolejowych, 2006. |
| [9] | PN-EN 15380-4:2013 Kolejnictwo - System kwalifikacji pojazdów szynowych, 2013. |
| [10] | Urządzenia cięgłowe i zderzakowe, J.Podemski, R.Marczewski, WKŁ 1979. |
| [11] | Odbieraki prądu i ich współpraca z siecią jezdną, T. Siemiński, T. Jarosz, WKŁ 1989. |
| [12] | Hamulce pojazdów szynowych, W. Grzesikiewicz Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, 1982. |
| [13] | Zestawy kołowe pojazdów szynowych, wybrane zagadnienia, K. Karwala, M. Michnej, Politechnia Krakowska, 2015. |
| [14] | EN 17023:2018, Railway applications - Railway vehicle maintenance - Creation and modification. |
| [15] | EN 17095:2019, Railway applications - Rolling stock maintenance - Maintenance records. |
| [16] | FprCEN/TR 17696 - Railway applications - Vehicle Maintenance. |
| [17] | ROZPORZĄDZENIE WYKONAWCZE KOMISJI (UE) 2018/545 ustanawiające uzgodnienia praktyczne na potrzeby procesu udzielania zezwoleń dla pojazdów, 2018. |
| [18] | Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/779 z dnia 16 maja 2019 r. ustanawiające szczegółowe przepisy dotyczące systemu certyfikacji podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie pojazdów. |
| [19] | PN-EN 50126-1:2018-02 Zastosowania kolejowe -- Specyfikowanie i wykazywanie niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa (RAMS) -- Część 1: Proces ogólny RAMS. |
| [20] | EN 17023:2018 Railway applications - Railway vehicle maintenance - Creation and modification of maintenance plan. |
| [21] | COMMISSION REGULATION (EC) No 352/2009, on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in. |
| [22] | Commission Implementing Regulation (EU) 2015/1136 of 13 July 2015 amending Implementing Regulation (EU) No 402/2013 on the common safety method for risk evaluation and assessment. |
| [23] | EN 50126-2 : 2017, RAILWAY APPLICATIONS - THE SPECIFICATION AND DEMONSTRATION OF RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY AND SAFETY (RAMS) - PART 2: SYSTEMS APPROACH TO SAFETY. |
| [24] | EN 17023:2018, Railway Applications – Rolling Stock Maintenance – Maintenance Records. |