

Dr inż. Mikołaj Moczarski

WSPÓŁCZYNNIK GOTOWOŚCI ELEKTRYCZNYCH ZESPOŁÓW TRAKCYJNYCH, EKSPLOATOWANYCH NA PKP

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Istota współczynnika gotowości
3. Od czego zależy wielkość współczynnika gotowości
4. Określenie wielkości $kg(t)$ dla warunków lokomotywowni Warszawa Grochów
5. Komentarze do uzyskanych wyników
6. Podsumowanie i wnioski

STRESZCZENIE

Omówiono istotę współczynnika gotowości i czynniki, które wpływają na jego wielkość. Określono współczynnik gotowości dla elektrycznych zespołów trakcyjnych eksploatowanych przez lokomotywownię Warszawa Grochów. Podano czynniki i ich wpływ na uzyskany współczynnik gotowości w warunkach lokomotywowni Warszawa Grochów. Przedstawiono wnioski dotyczące poprawy sytuacji.

1. WSTĘP

Naturalnym dążeniem właściciela każdego eksploatowanego obiektu technicznego jest przeznaczanie jak największej ilości czasu na jego użytkowanie. Pozwala to bowiem osiągać większe zyski, w konsekwencji użytecznego funkcjonowania obiektu i w rezultacie obniżki kosztów własnych dzięki rzadszemu obsłudze, a także dzięki mniejszej liczbie obiektów niezbędnych do wykonania zaplanowanych zadań.

To między innymi te przyczyny powodują dążenie do podnoszenia niezawodności i trwałości obiektów, podwyższania ich podatności obsługowej oraz stosowania rozwiązań

formalnych, technicznych i organizacyjnych umożliwiających skrócenie czasu trwania obsługi oraz zmniejszenie częstości obsługi.

Znaczenie takich działań rośnie ze wzrostem liczby eksploatowanych obiektów, wówczas bowiem ekonomiczny aspekt problemu jest bardziej odczuwalny. Rośnie też znaczenie społeczne takich działań, ponieważ niezawodność systemu eksploatacji dużego zbioru obiektów jest silnie odczuwalna. Do obiektów tego typu można zaliczyć pojazdy szynowe (kolejowe, metro, tramwaje), autobusy, środki komunikacji lotniczej, ale także obiekty energetyki, łączności, służby zdrowia, wojskowe i inne.

Omówione w artykule zagadnienia – związane bezpośrednio i pośrednio z współczynnikiem gotowości – odnoszą się nie tylko do badanych elektrycznych zespołów trakcyjnych, eksploatowanych przez PKP, ale również i do wszystkich innych obiektów technicznych, eksploatowanych przez ludzi.

2. ISTOTA WSPÓŁCZYNNIKA GOTOWOŚCI

Współczynnik gotowości $k_g(t)$ określa się jako stosunek czasu $T_u(t)$, który może być przeznaczony na użytkowanie obiektu, do sumy czasów $T_u(t)$ i $T_o(t)$.

Ten ostatni składnik oznacza czas, jaki powinien być przeznaczony na obsługiwane obiektu tj. na przeglądy, konserwację i naprawy. Współczynnik gotowości można wyrazić wzorem:

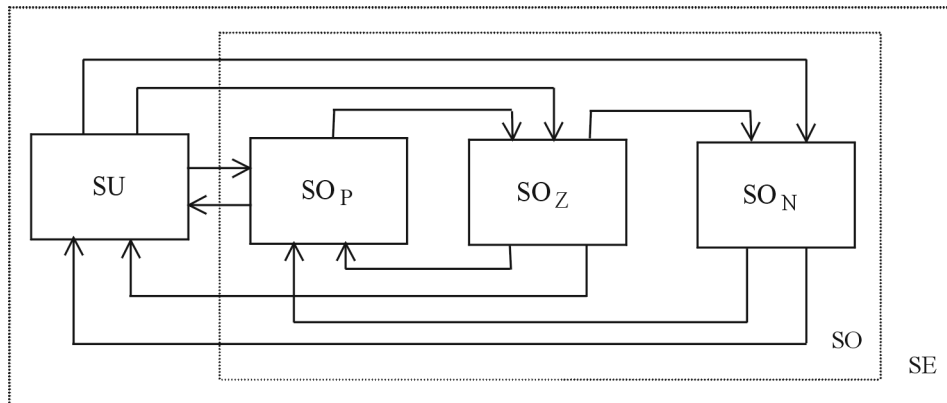
$$k_g(t) = \frac{T_u(t)}{T_u(t) + T_o(t)}. \quad (1)$$

Wyrażenie w mianowniku oznacza łączny, rozpatrywany w danym okresie czas (kalendarzowy) t , bądź też łączny czas wyodrębniony z rozpatrywanego przedziału czasowego (kalendarzowego) ze względu na specyfikę użytkowania obiektu. Na przykład w przypadku siewnika lub urządzenia do odśnieżania będzie to okres, w którym ze względów klimatycznych należy przeprowadzać siewy, bądź w którym utrzymuje się śnieg na drogach.

Współczynnik gotowości może być maksymalnie równy jedności. Występuje to wówczas, gdy obiekt nigdy nie wymaga obsługi i zawsze znajduje się w stanie zdatności.

Współczynnik gotowości definiuje się [8] jako prawdopodobieństwo zdarzenia, że obiekt będzie w stanie zdatności w dowolnie wybranej chwili z okresu eksploatacji.

Z wzoru (1) wynika, że o wielkości $k_g(t)$ decyduje wielkość czasu przeznaczanego na obsługiwane tj. $T_o(t)$. Wbrew pozorom wielkość tego czasu nie kształtuje w sposób tak prosty i jednoznaczny. Pojazdy szynowe, a także inne obiekty techniczne, są eksploatowane w systemie eksploatacji SE, który składa się z systemu użytkowania SU pojazdu i systemu jego obsługiwania SO. Każdy pojazd przechodzi z systemu SU do SO i z powrotem na podstawie ustalonych reguł postępowania, a także w sposób losowy.. Możliwe sposoby takiego przechodzenia przedstawia rysunek 1 [5].



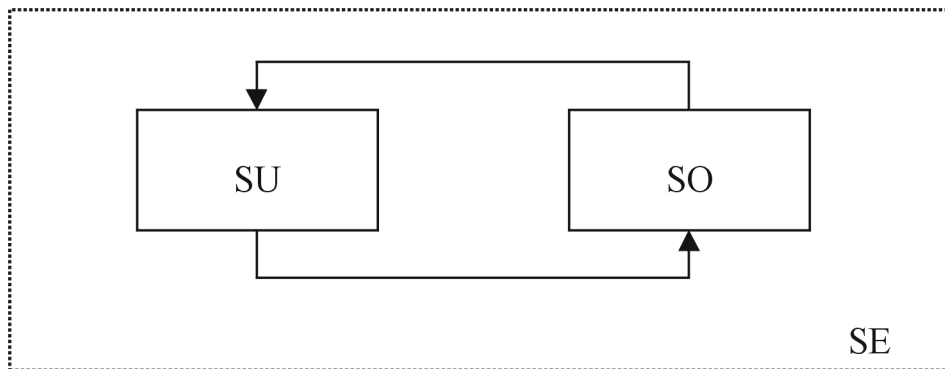
Rys. 1. Przemieszczanie pojazdu w obrębie systemu eksploatacji

SE – system eksploatacji; SU – system użytkowania; SO – system obsługiwania;

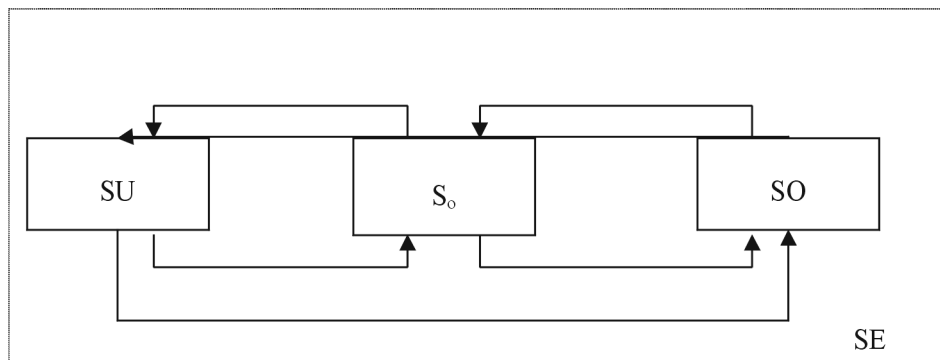
SO_P – system obsługiwania przygotowawczego (np. zaopatrywanie w paliwo, sprzątanie); SO_Z – system obsługiwania zapobiegawczego (np. przeglądy codzienne); SO_N – system obsługiwania naprawczego (np. naprawy rewizyjne).

Prace obsługowe charakteryzują się różnym stopniem złożoności. Gdy wymienia się na pojeździe przepaloną żarówkę lub bezpiecznik, wówczas prace te mogą być wykonane przez obsługę pociągu praktycznie w dowolnych warunkach, bez specjalnego uzbrojenia. Można to zrobić na stacji, podczas postoju czy nawet podczas jazdy pociągu. Są jednak prace technicznie złożone, które mogą być wykonywane tylko w specjalnych warunkach, na przygotowanych stanowiskach pracy, z użyciem specjalistycznego wyposażenia i przez wykwalifikowanych fachowców, np. w lokomotywowni lub w zakładzie naprawczym. W związku z tym rozróżnia się dwu-, trój- i czterostanowe procesy eksploatacji [4], zależnie od stopnia technicznej i organizacyjnej złożoności obsługiwania.

Istotę tych procesów przedstawiają rysunki 2, 3 i 4, podane dla przypadku pojazdów szynowych wg opracowania [5]. Rysunki te obrazują też w pewnym stopniu możliwą strukturę czasu przeznaczanego na obsługiwane pojazdów. Jej znajomość jest niezbędna w procesie dążenia do poprawy współczynnika gotowości.

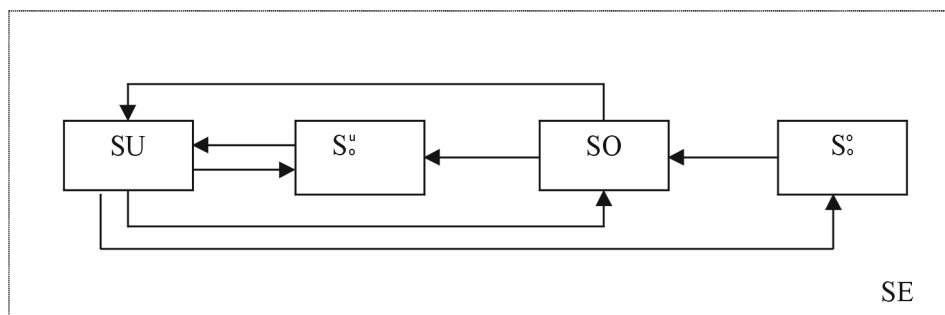


Rys. 2. Dwustanowy proces eksploatacji



Rys. 3. Trójstanowy proces eksploatacji

S_o – stanowisko oczekiwania na użytkowanie lub obsługiwanie;



Rys. 4. Czterostanowy proces eksploatacji

S_u^o , S_o^o – stanowiska oczekiwania na użytkowanie i obsługiwanie (pozostałe symbole jak na rys. 1.).

W praktyce występują wszystkie trzy typy procesów eksploatawania.

D w u s t a n o w y – występuje wówczas, gdy pojazd jest albo użytkowany albo obsługiwany, a więc wtedy, gdy pojazd niesprawny jest naprawiany bezpośrednio przez obsługę pojazdu (np. przez maszynistę); powstaje wówczas przerwa w użytkowaniu, przeznaczona na obsługiwanie.

T r ó j s t a n o w y – występuje wtedy, gdy pojazd jest obsługiwany w lokomotywni lub wagonowni. Tory postojowe (S_o) są jednocześnie miejscem oczekiwania pojazdu na użytkowanie i na obsługiwanie.

C z t e r o s t a n o w y – występuje, gdy rozpatrujemy np. lokomotywownię kierującą pojazd do ruchu (użytkowania), wykonującą przeglądy kontrolne, okresowe i naprawy bieżące oraz wysyłającą pojazd do zakładu naprawczego na naprawy okresowe i awaryjne. Stanowiska S_o^u i S_o^o w lokomotywowniach oraz w zakładach naprawczych.

W przypadku wielostanowego procesu eksploatacji pojazd okresowo przebywa w różnych systemach i na różnych stanowiskach oraz musi być przemieszczany między systemami i stanowiskami. Wszystkie te procesy powiększają czas przeznaczony na obsługiwane. Wielkość współczynnika $k_g(t)$ można dla poszczególnych typów procesu eksploatacji określić następująco:

Dla d w u s t a n o w e g o procesu eksploatacji

$$k_g(t) = \frac{T_u(t)}{T_u(t) + T_o(t)}. \quad (1)$$

Dla t r ó j s t a n o w e g o procesu eksploatacji

$$k_g(t) = \frac{T_u(t)}{T_u(t) + T_o(t) + T_p(t)}. \quad (2)$$

Dla c z t e r o s t a n o w e g o procesu eksploatacji

$$k_g(t) = \frac{T_u(t)}{T_u(t) + T_o(t) + T_{pu}(t) + T_{po}(t)}. \quad (3)$$

$T_u(t)$ i $T_o(t)$, w przypadku zależności (1) są czasami przebywania pojazdu w użytkowaniu i obsługiwaniu; przyjmują wartości z przedziału $[0, t]$, a ich suma (czas eksploatacji) $T_u(t) + T_o(t) = t$ dla każdego $t > 0$.

$T_p(t)$ – łączny czas oczekiwania,

$T_{pu}(t)$ i $T_{po}(t)$ – łączne czasy oczekiwania, odpowiednio na użytkowanie i obsługiwane.

Czas $T_{pu}(t)$ może być związany z procesem użytkowania (np. rozkładowa przerwa w ruchu) i obsługiwane (np. oczekiwanie pojazdu po naprawie w ZNTK na formalny odbiór przez właściciela).

Dla zależności (2) :

$$T_u(t) + T_o(t) + T_p(t) = t \quad \text{dla każdego } t > 0.$$

Dla zależności (3) :

$$T_u(t) + T_o(t) + T_{pu}(t) + T_{po}(t) = t \quad \text{dla każdego } t > 0.$$

W czasach $T_p(t)$, $T_{pu}(t)$ i $T_{po}(t)$ kryją się też czasy transportowania pojazdu ze stanowiska na stanowisko, z lokomotywni do zakładu naprawczego i z powrotem.

3. OD CZEGO ZALEŻY WIELKOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA GOTOWOŚCI

Dotychczasowe rozważania na temat współczynnika gotowości pozwalają dostrzec pewne czynniki, które na jego wielkość wpływają. Poniżej zostaną omówione wszystkie czynniki, które mają na to wpływ. Zalicza się do nich:

- 1) właściwości konstrukcyjne i technologiczne pojazdu wpływające na jego trwałość i niezawodność, a przez to na częstość wykonywania zabiegów obsługowych;
- 2) właściwości konstrukcyjne i technologiczne pojazdu wpływające na jego podatność obsługową, a przez to na czas trwania obsługi;
- 3) przyjęty system obsługi, warunkujący częstość i zakres wykonywanych prac obsługowych, a przez to czas trwania obsługi w rozpatrywanym przedziale czasu eksploatacji pojazdu;
- 4) przyjęta koncepcja obsługi i organizacja procesu obsługowego wpływające na czas trwania obsługi $T_o(t)$ oraz czasy $T_p(t)$, $T_{pu}(t)$ i $T_{po}(t)$,
- 5) zdarzenia losowe, występujące w otoczeniu systemu eksploatacji i w samym systemie eksploatacji i powodujące uszkodzenia, awarie oraz zniszczenia wymagające następnego obsługi dla ich usunięcia.

Omówimy bardziej szczegółowo wymienione czynniki.

3.1. Właściwości konstrukcyjne i technologiczne pojazdów

Są kształtowane w fazie projektowania pojazdu, badania jego prototypu, próbnej eksploatacji, wytwarzania oraz normalnej eksploatacji, dostarczającej informacji wykorzystywanych w procesach modernizacji istniejących i projektowania nowych pojazdów. Właściwości wpływają na niezawodność i trwałość pojazdu, a przez to na częstość wykonywania przeglądów i napraw, a więc i na czas zużywany na obsługę. Ze wzrostem niezawodności i trwałości rośnie współczynnik gotowości pojazdu.

Właściwości konstrukcyjne i technologiczne wpływają też na podatność obsługową pojazdów, którą definiuje się [5] jako właściwość obiektu charakteryzującą jego przystosowanie do wykonywania przeglądów i napraw z wykorzystaniem ustalonych metod i środków. Należy pamiętać, że ukształtowanie wymienionych właściwości nie może być sprzeczne z warunkami, w jakich pojazd będzie pełnił swoje funkcje, wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa użytkownika i obsługi oraz wymaganiami dotyczącymi ochrony naturalnego środowiska człowieka.

W procesie projektowania pojazdu ustala się właściwości stereometryczne i fizykochemiczne zespołów i podzespołów pojazdu, ustala się ich rozmieszczenie na pojeździe w sposób zapewniający łatwy demontaż i montaż, regulację, możliwości oględzin i pomiarów. Istnieje możliwość nadania pojazdowi cech konstrukcji modułowej, umożliwiającej zastosowanie organizacji napraw opartej na wymianie zespołów i podzespołów; organizacja taka, możliwa do zastosowania w wagonowni lub lokomotywni, skraca wyraźnie czas przebywania pojazdu jako całości w naprawie.

W procesie projektowania powstają też rozwiązania umożliwiające diagnozowanie składników pojazdu, dzięki czemu możliwe jest poważne ograniczenie bądź odstępianie od sztywnego i sformalizowanego postępowania obsługowego wg systemu PZR (planowo-zapobiegawczych remontów) i przejście na inny system, bardziej elastyczny (np. SSO – sekwencyjną strategię obsługi), który znacznie poprawia współczynnik gotowości.

Wszystko to oznacza, że projektanci pojazdu, w fazie jego tworzenia, powinni uwzględniać przyszłe obsługiwane i zaprojektować zasady obsługi, technologię oraz pewne elementy organizacji i wyposażenia niezbędnego w tych procesach. Wszystko to bowiem w istotny sposób wpływa na współczynnik gotowości $k_g(t)$.

Poza wymienionymi czynnikami konstruktorzy i technolodzy, a także producenci pojazdów i przedsiębiorstwa je obsługujące, powinni przywiązywać wagę do dokładności wykonania i montażu elementów oraz pojazdu jako całości, warunków realizacji procesu technologicznego wytwarzania i obsługi oraz kwalifikacji ludzi wykonujących te czynności. Czynniki te wpływają na $k_g(t)$ poprzez jakość wykonywanych prac produkcyjnych i obsługowych, przenosząc się na niezawodność i trwałość pojazdów ze skutkami sygnalizowanymi wcześniej. Jakość wpływa też na powtarzalność uzyskiwanych właściwości elementów pojazdu i pojazdu jako całości, co powoduje

zmniejszenie zróżnicowania przebiegu procesów utraty właściwości użytkowych i ułatwia optymalizowanie wielkości okresów międzyobsługowych.

3.2. System obsługiwanego pojazdów

Dla dużych zbiorów obiektów, w tym pojazdów szynowych, jest regułą określanie sformalizowanych zasad postępowania obsługowego. Tworzy się system obsługiwanego, określający dla zespołów składowych i pojazdu jako całości kiedy (po jakim przebiegu kilometrów), jaki rodzaj obsługiwanego i o jakim zakresie prac obsługowych należy wykonać. Określone jest także miejsce wykonywania tych prac. Te obligatoryjne dla wszystkich pojazdów zbioru zasady postępowania muszą być szczególnie starannie określone, z uwzględnieniem właściwości pojazdów (niezawodność, trwałość) oraz dążenia do minimalizacji kosztów eksploatacji. Oznacza to konieczność ekonomicznego optymalizowania okresów międzyprzebiegowych i międzynaprawczych oraz zakresów przeglądów i napraw. Jest to zadanie trudne, zwłaszcza w przypadku silnego losowego zróżnicowania właściwości poszczególnych pojazdów. Zbyt rzadkie wykonywanie przeglądów i napraw zwiększa częstość występowania awarii oraz zwiększa stopień zużycia elementów pojazdów przychodzących do naprawy. Może to w konsekwencji wydłużyć – sumaryczny dla rozpatrywanego przedziału czasowego – czas przeznaczony na obsługiwane, na skutek częstych awarii i zwiększonego przez nadmierne zużycie zakresu naprawy, co pogarsza współczynnik $k_g(t)$. Zbyt częste wykonywanie przeglądów i napraw zmniejsza w istotny sposób liczbę awarii, ale zwiększa częstość wyłączenia pojazdu do obsługiwanego, co też pogarsza $k_g(t)$.

3.3. Przyjęta koncepcja obsługiwanego i organizacja procesu obsługowego

Pod pojęciem koncepcji obsługiwanego rozumie się ogólne założenia dotyczące miejsca obsługiwanego i metod postępowania z obsługiwanymi pojazdami. Przykładem może być obowiązująca na PKP zasada, że drobne naprawy pojazdów są wykonywane w wagonowniach i lokomotywniach, a większe – w zakładach naprawczych. Przyjęcie takiej koncepcji nie tylko ukształtowało strukturę zaplecza technicznego kolei, jego wyposażenie i wielkość zatrudnienia, ale wpłynęło również na współczynnik gotowości pojazdów. Każde bowiem wysłanie pojazdu do naprawy w zakładzie naprawczym powoduje jego wyłączenie z użytkowania i wzrost czasu przeznaczanego na obsługiwane. Występuje przy tym swoiste uzależnienie właściwości pojazdów i

koncepcji obsługiwan. Gdyby konstrukcja pojazdów była z założenia modułowa, można byłoby – przy lepszym uzbrojeniu wagonowni i lokomotywowni oraz uwzględniając fakt, że zespoły i podzespoły składowe pojazdu prowadzą "niezależne życie" – przyjąć następującą koncepcję postępowania obsługowego. Do zakładów naprawczych byłyby wysyłane, według odrębnych cykli naprawczych, oddzielne zespoły i podzespoły pojazdów; byłyby one wymieniane na dobre, znajdujące się w zapasie w wagonowni lub lokomotywowni jako tzw. zespoły rotacyjne. Do zakładu naprawczego rzadko byłyby wysyłane całe pojazdy, z powodu potrzeby wykonania planowej naprawy nadwozia (naprawy średnie, główne), albo poważnych napraw powypadkowych. Ponieważ czas wymiany zespołów i podzespołów na rotacyjne w wagonowni czy lokomotywowni jest bez porównania krótszy niż wysyłanie całego pojazdu na naprawę do zakładu naprawczego, nastąpi przy takich zasadach postępowania istotne podwyższenie $k_g(t)$, zmniejszenie liczby zakładów naprawczych oraz obniżka kosztów obsługiwan i eksploatacji jako całości. Nie jest to koncepcja nowa; takie rozwiązanie zastosowały koleje szwedzkie [10].

Tak więc przemyslenie i przyjęcie na etapie projektowania pojazdu koncepcji jego obsługiwan i następnie dostosowanie do tej koncepcji jego cech konstrukcyjno-technologicznych, a także właściwości zaplecza technicznego może dać poważne korzyści w zakresie poprawy $k_g(t)$ i obniżki kosztów.

Wpływ organizacji procesu obsługiwan na wielkość $k_g(t)$ jest dość oczywisty. Jeżeli przyjmiemy definicję organizacji [3] jako ogół sposobów zarządzania ludźmi i zasobami oraz koordynowanie czynności wszelkich ogniw dla osiągnięcia danych celów, to zakładając, że celem systemu obsługiwan [5] nie jest zmiana stanu technicznego przedmiotu obsługiwan (pojazdów), lecz umożliwienie osiągnięcia za pomocą pojazdów w procesie użytkowania celów kolejowego systemu transportowego (z utrzymaniem wymaganego poziomu niezawodności systemu użytkowania i poziomu kosztów – należy dążyć do takiego zarządzania ludźmi i zasobami oraz koordynowania przebiegu procesu obsługiwan, które zapewni jak najkrótszy czas przebywania pojazdu w obsługiwan. Przejawi się to we wzroście wielkości $k_g(t)$.

Przy kształtowaniu koncepcji i organizacji obsługiwan nie można pomijać właściwości samego procesu użytkowania, jego organizacji oraz naturalnych relacji,

występujących między SU i SO. Należy brać pod uwagę następujące specyficzne cechy użytkowania i obsługiwanie. [6]:

- pojazdy są obiektami mobilnymi, które muszą być obsługiwane stacjonarnie,
- pojazdy są użytkowane w systemie narzucającym "reguły gry",
- pojazdy są użytkowane jako różne podzbiory pracujące równolegle; zaburzenia w pracy jednego podzbioru pociągają za sobą zaburzenia w pracy pozostałych oraz całego systemu użytkowania SU,
- pojazdy pracują w dynamicznym otoczeniu; występują silne oddziaływania wzajemne między pojazdami a otoczeniem, w tym takie, które wpływają na bezpieczeństwo ludzi,
- zapotrzebowanie na użytkowanie pojazdów jest zmienne w czasie,
- system SO musi zapewniać osiągnięcie możliwie wysokiej niezawodności SU; powinien być nastawiony na zapobieganie, niedopuszczanie do powstawania niesprawności w procesie użytkowania,
- system SO musi uwzględniać zmienną w czasie dostępność pojazdów do wykonywania obsługiwanie i często krótki czas tej dostępności,
- system SO musi uwzględniać dynamiczne oddziaływanie otoczenia na pojazdy (zmiany właściwości pod wpływem oddziaływania otoczenia),
- funkcjonowanie systemu SO musi być oparte na zasadzie, że pojazd przyjeżdża do SO lub SO przyjeżdża do pojazdu aby go naprawić,
- system SO musi być elastyczny, dostosowywać się do potrzeb SU i dysponować nadmiarem zdolności produkcyjnej,
- system SO musi dysponować na bieżąco informacjami o stanie pojazdu, sytuacji w SU i SO oraz w otoczeniu SE.

Uwzględnienie w organizacji wymienionych cech w sposób umożliwiający osiągnięcie celu SO, o którym napisano wcześniej, z jednej strony pozytywnie wpłynie na wielkość $k_g(t)$, a z drugiej wymusi takie ukształtowanie właściwości pojazdów, które umożliwią osiągnięcie celu SO w opisanych warunkach i przy występowaniu opisanych relacji.

Ten krótki przegląd czynników, od których zależy wielkość $k_g(t)$ pokazuje, że współczynnik gotowości może być traktowany jako swoisty, syntetyczny wskaźnik charakteryzujący właściwości pojazdu, właściwości systemu obsługiwanie, jakość relacji

między SU i SO oraz relacje między SE a jego otoczeniem. Aby jednak można było wychwycić ilościowe i jakościowe oddziaływanie tych czynników na $k_g(t)$, muszą być śledzone jego zmiany w funkcji zmian tych czynników. Jest pewne, że znajomość przebiegu i oddziaływania zmian na $k_g(t)$ będzie opłacalna dla właściciela pojazdów, ponieważ pozwoli mu właściwie reagować na zachodzące zmiany.

3.4. Zdarzenia losowe

Zdarzenia losowe są w rzeczywistości przejawem oddziaływania otoczenia systemów SU i SO na pojazdy i infrastrukturę systemu SE. To oddziaływanie może być konsekwencją zużycia i uszkodzeń elementów infrastruktury SU, z którą pojazdy współpracują, niesprawności maszyn, urządzeń i narzędzi stosowanych w obsłudze, błędów ludzi pracujących w SU i SO oraz zamierzonych działań prowadzących do uszkodzania pojazdów (wandalizm, złodziejstwo). Występują też losowe uszkodzenia samych pojazdów, powstające z różnych przyczyn w procesie użytkowania. Niektóre z tych zdarzeń, zwłaszcza mających związek przyczynowo–skutkowy z fizjologią człowieka, są trudne do uniknięcia (np. złe samopoczucie człowieka pracującego na obrabiarce powoduje powstanie "wady wrodzonej" w elemencie); występowanie innych można ograniczyć przez kontrolę lub zastąpienie człowieka automatami. Znany jest bowiem pogląd, że w 80% wypadków jakie występują, winę za ich zaistnienie ponosi człowiek. Oznacza to, że aby współczynnik $k_g(t)$ nie pogarszał się wskutek oddziaływania czynników losowych, należy dbać o niezawodność otoczenia SU i SO. Takim typowym przykładem z tego zakresu mogą być kolizje pociągów z innymi pojazdami na niestrzeżonych przejazdach kolejowych. Kolizja wywołuje uszkodzenie pojazdu i w następstwie konieczność jego naprawy, a więc wyłączenia z użytkowania. Pogarsza to $k_g(t)$ tym bardziej, im więcej jest takich zdarzeń i większe są uszkodzenia. Awarie składników pojazdu wywołują analogiczne konsekwencje. Im zatem mniej jest negatywnych dla pojazdu zdarzeń losowych, tym lepiej dla $k_g(t)$. Wniosek ten dotyczy zresztą nie tylko pojazdów szynowych.

4. OKREŚLENIE WIELKOŚCI WSPÓLCZYNNIKA GOTOWOŚCI DLA WARUNKÓW LOKOMOTYWOWNI WARSZAWA GROCHÓW

Współczynnik gotowości określono dla elektrycznych zespołów trakcyjnych (EZT) serii EN57 i dla obecnie obowiązujących warunków ich obsługiwanania.

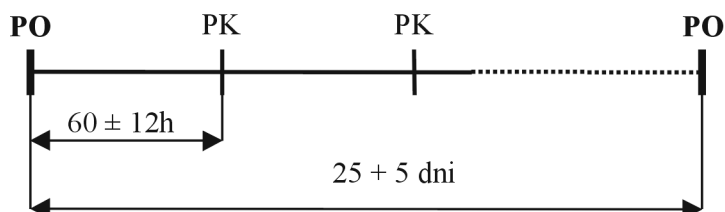
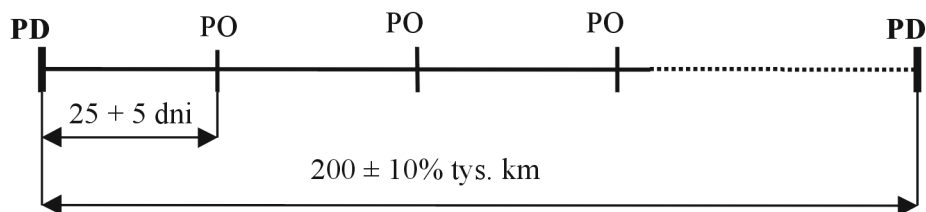
4.1. Krótka charakterystyka EZT i obowiązujących warunków ich obsługiwanania

Elektryczne zespoły trakcyjne serii EN57 były projektowane prawie 50 lat temu. Ich średni wiek wynosi około 25 lat, przy czym najmłodsze pojazdy są eksploatowane przez około 12 lat, a najstarsze – 40 lat. W stosunku do nowych rozwiązań są to pojazdy przestarzałe, wysłużone i nie odpowiadające w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-technologicznych nowoczesnym tendencjom w dziedzinie obsługiwanania.

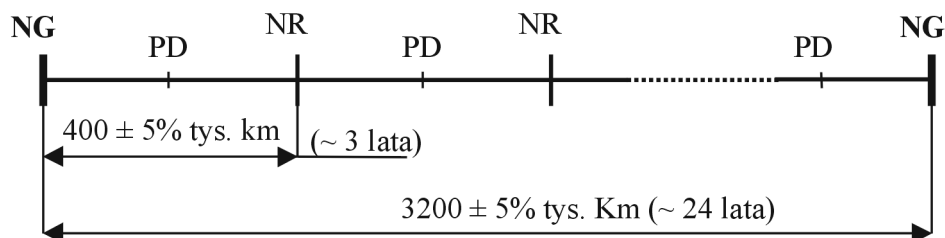
Prace obsługowe dotyczące tych pojazdów obejmują następujące grupy działań:

- planowe przeglądy kontrolne (PK) i okresowe (PO) wykonywane w lokomotywowni,
- planowe przeglądy duże (PD) wykonywane w zakładzie w Idzikowicach,
- planowe naprawy rewizyjne (NR) i główne (NG) wykonywane w zakładach naprawczych w Mińsku Mazowieckim,
- naprawy bieżące (NB) i wypadkowe (NW) wykonywane w lokomotywowni lub w zakładach w Mińsku Mazowieckim, zależnie od stopnia złożoności naprawy,
- naprawy gwarancyjne wykonywane w Idzikowicach lub w Mińsku Mazowieckim zależnie od tego, który zakład udzielał gwarancji na wykonane prace obsługowe.

Częstości wykonywania i układ przeglądów i napraw planowych przedstawiają cykle podane na rysunkach 5 i 6.



Rys. 5. Aktualne cykle przeglądu dla zespołów trakcyjnych serii EN57
Uwaga: do czerwca 2000 r. Okres między PD wynosił 130 – 170 tys. km.



Rys. 6. Aktualny cykl naprawczy dla zespołów trakcyjnych serii EN57

Uwaga: do czerwca 2000 r. Okres między NR wynosił $300 \pm 10\%$ tys. km, a między NG – $2400 \pm 10\%$ tys. km.

Przeglądy PK, PO, PD i naprawy NR i NG są obligatoryjne; naprawy typu NB, NW i gwarancyjne występują losowo.

4.2. Dane statystyczne zebrane dla określenia $k_g(t)$. Przyjęty horyzont czasowy dla zbierania danych

Dane statystyczne zostały zebrane podczas wykonywania pracy [11]. Zbierano je w początkowej fazie dla dziesięciu losowo wybranych pojazdów i dla okresu 10 lat eksploatacji, tj. lat 1992 – 2001. W trakcie zbierania danych wyeliminowano dwa pojazdy tj. nr 1232 i 1647 ze względu na ich bardzo długi, bo prawie dwu- i trzyletni okres oczekiwania w lokomotywni na naprawę, co zniekształciłoby obraz przeciętnej statystycznie sytuacji. Ponieważ przyjęty dla wszystkich badanych pojazdów dziesięcioletni horyzont czasowy okazał się – wobec dużego wydłużenia przez PKP przebiegów międzynaprawczych – zbyt mały i nie obejmował zupełnie napraw głównych oraz obejmował zbyt mało napraw rewizyjnych, zwiększono horyzont czasowy do 24 lat,

wykorzystując w nim dane zebrane dla okresu dziesięcioletniego oraz dodatkowo dane charakteryzujące naprawy główne pojazdów.

Informacje o wybranych do badań pojazdach (wg [11]) zawiera tablica 1; w tablicach 2, 3 i 4 podano zestawienie danych o przeciętnych czasach wyłączenia pojazdów do obsługiwania.

Podane w tablicy 2 czasy oczekiwania na przeglądy i na włączenie do ruchu po przeglądach są równe zeru, ponieważ prace te są wykonywane w przerwach kursowania pociągów.

Dla sporządzenia tablic 2 – 4, charakteryzujących strukturę i kształtowanie się wielkości czasów związanych z obsługiwaniem, zebrano informacje z lokomotywowni Grochów oraz zakładów w Idzikowicach i Mińsku Mazowieckim, korzystając z dostępnych tam dokumentów, harmonogramów i przeprowadzając rozmowy z pracownikami [11]. Natomiast do sporządzenia tablicy 6 i następnego obliczenia współczynnika gotowości wykorzystano szczegółowe dane zarejestrowane dla 8 badanych pojazdów w dziesięcioletnim okresie ich eksploatacji. Dane te przetransponowano następnie dla 24-letniego okresu, zgodnie z obowiązującym dla takiego okresu cyklem przeglądowo – naprawczym.

Tablica 1

Numer EZT	1232	1486	1590	1629	1647	1664	1666	1698	1755	1809
Rok produkcji	1978	1982	1984	1985	1986	1987	1987	1988	1989	1990

Tablica 2

Rodzaj przeglądu	Czas oczekiwania na przegląd (godziny)	Czas trwania przeglądu (godziny)	Czas oczekiwania na włączenie do ruchu (godziny)
PK	0	1,5	0
PO	0	4	0

Tablica 3

Rodzaj przeglądu, naprawy	Czas oczekiwania na wysłanie na przegląd, naprawę godz.	Czas przejazdu z rodzimej lokomotywowni do zakładu naprawczego i z powrotem godz.	Czas oczekiwania na przegląd, naprawę w miejscu wykonywania tych prac godz. (dni)	Czas trwania naprawy, przeglądu godz. (dni)	Czas oczekiwania na odbiór po przeglądzie, naprawie przez zleceniodawcę godz. (dni)
PD	0	2+2	48 (2dni)	96 (4dni)	96 (4dni)
NR	0	1,5+1,5	72 (3dni)	600 (25dni)	120 (5dni)
NG	0	1,5+1,5	72 (3dni)	816 (34dni)	120 (5dni)

Tablica 4

Rodzaj przeglądu, naprawy	Czas oczekiwania na naprawę godz. (dni)	Czas przejazdu z rodzimej lokomotywowni do zakładu naprawczego i z powrotem godz.	Czas trwania naprawy godz. (dni)	Czas oczekiwania na odbiór po naprawie godz. (dni)
Naprawy bieżące (NB)	120 (5dni)	0	48 (2dni)	0
Naprawy wypadkowe (NW)	48 (2dni)	0	24 (1dzień)	0
Naprawy gwarancyjne	96 (4dni)	1,5+1,5 lub 2+2	24 (1dzień)	72 (3dni)

Przykład takich danych, zebranych w pracy [11] dla EZT nr 1698 podano w tablicy 5.

Tablica 5

Przeglądy i naprawy EZT nr 1698.

EN57-1698	Obsługa w lokomotywowni - ilości obsług i czasy trwania					Naprawy w ZNTK - ilości obsług i czasy trwania				Przeglądy w Idzikowicach ilości i czasy trwania
	Lata	PK godz.	PO godz.	Naprawy bieżące godz.	Naprawy wypadkowe godz.	Oczekiwanie na wysłanie na naprawę godz.	Naprawa główna godz.	Naprawy rewizyjne godz.	Naprawy doraźne (NB, NW) zlecane ZNTK godz.	
1992	103 (154,5)	11 (44)	0	0	0	0	1 (504)	0	0	0
1993	110 (165)	12 (48)	0	0	0	0	0	0	0	1 (264)
1994	106 (159)	12 (48)	0	0	0	0	1 (264)	0	0	0
1995	103 (154,5)	11 (44)	0	0	0	0	480	0	0	0
1996	109 (163,5)	12 (48)	0	1 (48)	0	0	0	0	0	1 (264)
1997	102 (153)	12 (48)	0	2 (48)	0	0	1 (504)	0	0	0
1998	92 (138)	9 (36)	4 (144)	2 (120)	0	0	816	0	2 (240)	0
1999	102 (153)	11 (44)	5 (648)	0	0	0	0	0	0	0
2000	60 (90)	7 (28)	8 (3216)	0	0	0	0	0	0	0
2001	70 (105)	9 (36)	1 (96)	0	1 (648)	0	0	1 (624)	1 (480)	0
RAZEM	957 (1435,5)	106 (424)	18 (4104)	5 (216)	1 (648)	0	3 (2568)	1 (624)	3 (720)	2 (528)

Pewnego komentarza wymagają dane przedstawione w tabelicy 4. Zwraca uwagę fakt, że czasy oczekiwania na naprawę są stosunkowo duże i przeciętnie większe od czasu trwania samej naprawy. Wynika to z następujących przyczyn:

1. W przypadku poważniejszej awarii pojazd musi być odholowany z miejsca zdarzenia do zakładu naprawczego lub lokomotywowni, ponieważ nie może jechać o własnych siłach; w czasie oczekiwania mieści się też czas holowania. W przypadku awarii drobnych, usuwanych w lokomotywowni, czas przejazdu nie występuje.
2. Naprawy bieżące lub powypadkowe są zdarzeniami losowymi i dlatego sytuacja w lokomotywowni nie zawsze pozwala na natychmiastowe rozpoczęcie prac naprawczych; analogicznie wygląda sytuacja w zakładzie naprawczym, do którego pojazd przesyłany jest w przypadku poważniejszych awarii.
3. Zupełnie podobnie wygląda sytuacja dotycząca napraw gwarancyjnych, wykonywanych w Idzikowicach lub w Mińsku Mazowieckim.
4. Na czasy oczekiwania na naprawę w lokomotywowni ma wpływ także brak części zamiennych, które można zamówić dopiero po stwierdzeniu rodzaju uszkodzenia, a następnie i oczekiwać na ich dostawę.

Czasy podane w tabelicy 5 uzyskano na podstawie zapisów w książkach badanych pojazdów, obowiązujących w lokomotywowni normatywów czasowych oraz zebranych informacji w Idzikowicach i w Mińsku Mazowieckim. Te dane zostały wykorzystane do obliczenia współczynnika gotowości. Dla ułatwienia interpretacji danych jakie zawiera tablica 5, przedstawia się następujące, dodatkowe wyjaśnienia.

W kolumnie pierwszej podano lata eksploatacji pojazdu, objęte badaniami. W każdej kolejnej kolumnie i w każdym roku występują dwie wielkości: pierwsza określa liczbę wykonanych w skali roku przeglądów bądź napraw, druga (w nawiasie) – czas przeznaczony na wykonanie obsługi w skali roku (czas wyłączenia pojazdu z użytkowania). Czas równy zeru w kolumnie „oczekiwanie na wysłanie na naprawę (godz.)” oznacza, że pojazd nie oczekiwał na wysłanie do naprawy. W przypadku napraw planowych, w Mińsku Mazowieckim bądź w Idzikowicach, nie występują czasy oczekiwania na wysłanie, ponieważ z reguły pojazdy są kierowane do naprawy "na gorąco", tj. o własnych siłach i do momentu wysłania do naprawy pracują zgodnie z rozkładem jazdy. Czasy takie występują w przypadku poważnych napraw doraźnych NB, NW, zwłaszcza o znacznym zakresie, i napraw gwarancyjnych.

Czasy przejazdu, oczekiwania na rozpoczęcie naprawy oraz na odbiór po naprawie są zawarte czasach trwania napraw podanych w tablicy 5. Strukturę tych czasów podają tablice 3 i 4.

Jeżeli w okienku tablicy 5 podana jest tylko jedna liczba, to oznacza ona czas trwania naprawy (przeгляdu) rozpoczętej w roku poprzedzającym. Przykładowo, w roku 1994 rozpoczęto naprawę rewizyjną, na którą przeznaczono w tym roku 264 godziny; zakończono ją w 1995 r., w którym przeznaczono na nią 480 godzin. Jak już wspomniano wcześniej, na podstawie zebranych danych, (takich jak podano w tablicy 5) obliczono dla 24-letniego okresu eksploatacji i dla wszystkich ośmiu zbadanych pojazdów następujące wielkości:

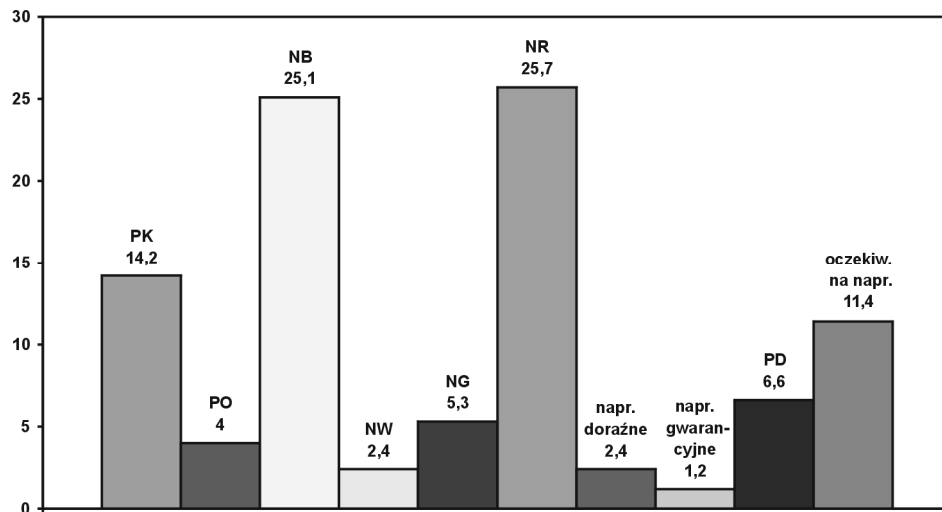
- 1) procentowy udział w czasie obsługiwanie poszczególnych rodzajów przeglądów i napraw oraz czasów oczekiwania pojazdów na naprawy wykonywane poza lokomotywnią;
- 2) średnie czasy przebywania jednego pojazdu w poszczególnych przeglądach i naprawach oraz w oczekiwaniu;
- 3) przeciętne liczby poszczególnych przeglądów i napraw, przypadające na jeden pojazd w badanym okresie.

Wyniki przedstawiono w tablicy 6 (wg opracowania [11]).

Tablica 6

Rodzaj wskaźnika	OBŚLUGA W LOKOMOTYWOWNI					NAPRAWY W ZNTTK				Idzikowice
	PK godz.	PO godz.	Naprawy bieżące godz.	Naprawy wypadkowe godz.	Oczekiwanie na naprawę poza lokomotywnią godz.	Naprawa główna godz.	Naprawy rewizyjne godz.	Naprawy doraźne zlecane ZNTK godz.	Naprawy gwarancyjne godz.	PD godz.
Procentowy udział w czasie obsługiwanie	14,2%	4,0%	25,1%	2,4%	11,4%	5,3%	25,7%	2,4%	1,2%	6,6%
Czas przypadający na naprawy i przeglądy jednego EZT w okresie 24 lat godz.	3474	1025	6394	598	2887	1344	6536	612	317	2112
Ilość przeglądów i napraw przypadająca na jeden EZT w okresie 24 lat sztuki	2316,00	256,20	40,80	8,71	-	1,00	7,00	1,20	1,80	8,00

Rysunek 7 przedstawia graficznie procentowe udziały czasów trwania poszczególnych przeglądów, napraw i oczekiwania jednego pojazdu, w łącznym czasie obsługiwanym, dla 24-letniego okresu eksploatacji.



Rys. 7. Procentowy udział czasów trwania poszczególnych przeglądów, napraw i oczekiwania jednego EZT w łącznym czasie obsługiwanym dla 24-letniego okresu eksploatacji [11]

4.3. Obliczenie współczynnika gotowości

Współczynnik gotowości obliczono na podstawie zebranych danych, przedstawionych w tabeli 6, dla przypadku czterostanowego procesu eksploatacji (rys. 4). Posłużono się następującymi danymi:

- przedział czasu objęty badaniami wynosił 24 lata, co odpowiada liczbie 8760 dni, czyli 210240 godz.,
- czas wyłączenia pojazdu w celu wykonania obsługiwanego $T_{obst}(t)$ wynosi 25299 godz.; czas ten wg zależności (3), równy $T_{obst}(t) = T_o(t) + T_{pu}(t) + T_{po}(t)$, powstał z zsumowania wszystkich czasów podanych w wierszu drugim tabeli 6, przy czym czas $T_{pu}(t)$ obejmuje oczekiwanie pojazdu po naprawie w ZNTK na formalny odbiór
- czas, w którym pojazd może być użytkowany $T_u(t) = 210240 - 25299 = 184941$ godz.

Współczynnik gotowości wynosi zatem:

$$k_g(t) = \frac{184941}{184941 + 25299} = 0,88.$$

Uzyskany współczynnik gotowości jest raczej niski. Obecnie, w nowoczesnych rozwiązaniach pojazdów [12, 13, 14] uzyskuje się współczynniki gotowości rzędu 0,92 ÷ 0,95. Pozornie wydaje się, że różnice nie są duże; aby zobrazować faktyczną wymowę różnicy, np. między współczynnikiem gotowości równym 0,88 a 0,92, obliczymy jaki – dzięki wzrostowi $k_g(t)$ o wielkość = 0,04 – możemy uzyskać wzrost czasu $T_u(t)$, w którym pojazd może być użytkowany. Czas ten wyniesie :

$$[T_u(t) + T_{obsl}(t)] \times 0,92 = 210240 \times 0,92 = 193421 \text{ godz.}$$

Różnica wynosi zatem : 193421 - 184941 = 8480 godz., czyli 353 dni. Oznacza to wzrost $T_u(t)$ o około 1 rok w przedziale 24 lat eksploatacji pojazdu.

Wzrost $T_u(t)$ oznacza też zmniejszenie liczby pojazdów niezbędnych dla wykonania ustalonych zadań przewozowych. Obliczymy wielkość tego zmniejszenia.

W przypadku gdy obsługiwane pojazdy są zbędne, wówczas jego współczynnik gotowości równa się 1, a liczba pojazdów potrzebnych do wykonania zadań przewozowych = I_T .

Konieczność wykonywania obsługi zwiększa liczbę pojazdów do $I_{RZ} > I_T$.

$$I_{RZ} = \frac{I_T}{k_g(t)}$$

W lokomotywowni Warszawa Grochów $I_{RZ} = 64$ pojazdy. Dla $k_g(t) = 0,88$ rezerwa pojazdów I_R wyniesie:

$$I_R = I_{RZ} - I_T = 64 - (64 \times 0,88) = 64 - 56,3 = 7,7 \text{ pojazdów.}$$

Dla $k_g(t) = 0,92$ otrzymamy:

$$\frac{I_T}{k_g(t)} - I_T = \frac{64 \times 0,88}{0,92} - 64 \times 0,88 = 61,2 - 56,3 = 4,9 \text{ pojazdów.}$$

Różnica w wielkości rezerwy wyniesie więc 7,7 - 4,9 = 2,8 pojazdów, w skali tylko jednej lokomotywowni. Za tą rezerwą kryją się mniejsze koszty zakupu pojazdów, mniejsze koszty ponoszone na obsługiwane oraz mniejsze koszty na niezbędną powierzchnię produkcyjną, maszyny, urządzenia i siłę roboczą.

5. KOMENTARZE DO UZYSKANYCH WYNIKÓW

Z tablicy 6 i rysunku 7 wynika że:

- największe czasy wyłączenia pojazdu z użytkowania występują w rezultacie wykonywania napraw rewizyjnych, bieżących i przeglądów kontrolnych,
- sporo czasu traci się na oczekiwanie pojazdu na naprawę poza lokomotywnią.

Są to bezpośrednio dostrzegalne przyczyny niskiego współczynnika gotowości. Jak o tym wspomniano w rozdziale 3 jest jeszcze wiele innych przyczyn, które na to wpływają. Niżej zostaną podane informacje i dane statystyczne ilustrujące tę sytuację.

Można wyróżnić cztery najistotniejsze czynniki, wpływające na wielkość $k_g(t)$:

- wrodzoną niezawodność i trwałość pojazdu,
- wymagania formalne narzucające postępowanie obsługowe,
- organizację obsługiwania i użytkowania,
- zdarzenia losowe.

Omówimy je kolejno.

5.1. Wrodzona niezawodność i trwałość pojazdu

Poziom niezawodności i trwałości pojazdów, określane zwykle na podstawie badań, można w rozpatrywanej sytuacji spróbować scharakteryzować pośrednio, poprzez liczbę występujących napraw bieżących (NB), wykonywanych w przypadku wystąpienia niesprawności między kolejnymi naprawami planowymi. Dane z tego zakresu przedstawia tablica 7, sporządzona na podstawie zapisów w książkach pojazdów [11].

Tablica 7

Liczba napraw bieżących (NB) w kolejnych latach eksploatacji EZT.

Rok	Liczba NB dla 8 badanych EZT	Średnia liczba NB przypadająca na 1 EZT	Ustalony w przepisach okres między NR
1992	1	0,12	300±10% tys. km
1993	11	1,37	jak wyżej
1994	8	1	jak wyżej
1995	4	0,5	jak wyżej
1996	2	0,25	jak wyżej
1997	4	0,5	jak wyżej
1998	8	1	jak wyżej
1999	33	4,12	jak wyżej
2000	33	4,12	od czerwca 2000r. - 400±5% tys. km
2001	20	2,5	jak wyżej
do 10. 2002	23	2,87	jak wyżej

Roczne przebiegi pojazdów były zbliżone i wynosiły około 130 tys. km. Zwraca uwagę znaczny wzrost liczby napraw bieżących od 1999 r. Nie wiadomo, jakie są tego przyczyny; utrzymująca się duża liczba napraw bieżących po 2000 r. może być częściowo tłumaczona zwiększeniem – od tego roku – przebiegów międzynaprawczych. Nie można też wykluczyć wpływu gwałtownego nasilenia złodziejstwa i wandalizmu, występującego na kolei, co nie ma związku z wrodzoną niezawodnością i trwałością. Istotną rolę może tu też odgrywać wiek taboru, powodujący występowanie uszkodzeń typu zmęczeniowego, zwłaszcza w ramach wózków, przekładniach zębatych i innych elementów pojazdu. Wymienione wyjaśnienia nie tłumaczą jednak przekonująco gwałtownego wzrostu liczby napraw bieżących.

Z tablicy 7 wynika, że średnia liczba napraw bieżących, przypadających na jeden pojazd, w jednym roku wyniosła dla badanego okresu czasu 1,67. Przy rocznym przebiegu pojazdu wynoszącym około 130 tys. km oznacza to, że przeciętnie co 77844 km występowała naprawa bieżąca. Według informacji podanych w artykule [2] wagony typu 142A, zbudowane przez firmę *Kawasaki* dla metra w Nowym Jorku osiągają średnie przebiegi między niesprawnościami rzędu 300 tys. km. Analogiczny wskaźnik dla współczesnych lokomotyw spalinowych wynosi, wg publikacji [14], 120 tys. km, a dla elektrycznych zespołów trakcyjnych [13] – 116 tys. km. W artykule [12] podano, że taki wskaźnik dla lokomotyw elektrycznych wynosi 250 tys. km.

Przedstawione porównanie nie upoważnia oczywiście do wyciągania jakichś daleko idących wniosków w zakresie niezawodności i trwałości, zwłaszcza że badane EZT są pojazdami przestarzałymi konstrukcyjnie, wyeksploatowanymi i użytkowanymi w trudnych warunkach otoczenia. Tym nie mniej fakt tak częstego wykonywania napraw bieżących na pewno negatywnie wpływa na wielkość $k_g(t)$ i sygnalizuje, że wpływać na to mogą właściwości niezawodności i trwałości pojazdów.

5.2. Wymagania formalne narzucające postępowanie obsługowe

Ustalenia określające główne parametry obsługi, tj. rodzaje, częstości i zakresy przeglądów i napraw planowych, mają – jak już o tym pisano w rozdziale 3 – istotny bezpośredni i pośredni wpływ na wielkość czasu zużywanego na obsługiwaniu ($T_{obs}(t)$). Występują w praktyce PKP dwa problemy dotyczące obsługi, bez rozwiązania których nie można liczyć na sensowne kształtowanie się współczynnika gotowości i

uzyskiwanie poprzez ten współczynnik miarodajnych informacji o sytuacji w systemie eksploatacji pojazdów.

Pierwszy problem polega na tym, że główne parametry obsługiwanie powinny być kształtowane na zasadzie ich ekonomicznej optymalizacji, na podstawie badań niezawodności pojazdów i badań kosztów. Powinny być ponadto okresowo korygowane, ponieważ niezawodność i koszty zmieniają się z wiekiem pojazdów i w zależności od warunków otoczenia. Tego na PKP się nie robi.

Drugi problem, zresztą ściśle związany z pierwszym, polega na konieczności odejścia od dotychczasowej praktyki żywiołowego, bez uprzednich badań, wydłużania okresów międzyprzeładowych i międzynaprawczych. Na przestrzeni ostatnich lat wymienione okresy były wydłużane wielokrotnie i obecnie, po kolejnej zmianie w 2000 r., wynoszą:

- okres między przeglądami kontrolnymi PK: 60 ± 12 godz. (wzrost o 50%),
- okres między przeglądami okresowymi PO: 25 ± 5 dni (bez zmian),
- okres między przeglądami dużymi PD: $200 \pm 10\%$ tys. km (wzrost o 30%),
- okres między naprawami rewizyjnymi NR: $400 \pm 5\%$ tys. km (wzrost o 33%),
- okres między naprawami głównymi NG: $3200 \pm 5\%$ tys. km (wzrost o 33%).

Podany wzrost dotyczy starego, nienowoczesnego i przepracowanego taboru i jest, jak można przypuszczać, formą "ratowania się" w sytuacji permanentnych niedoborów finansowych kolei. To zapewne jest też jedną z przyczyn dużej liczby napraw bieżących.

5.3. Organizacja obsługiwanie

Z zebranych informacji wynika, że obecnie najłatwiej można osiągnąć zmniejszenie czasu $T_{obsl}(t)$ skracając czas oczekiwania pojazdu na wykonanie zabiegów obsługiwanie. W przypadku przeglądów PK i PO czasy oczekiwania praktycznie nie występują, ponieważ prace te są wykonywane na terenie rodzimej lokomotywni i w przerwach między kursowaniem pociągów. W przypadku napraw NB i NW, wykonywanych na terenie rodzimej lokomotywni, główną choć trudną do dokładnego określenia przyczyną oczekiwania jest brak części zamiennych. W przypadku przeglądów i napraw PD, NR, NG i NW wykonywanych poza lokomotywnią występują długie czasy oczekiwania na rozpoczęcie naprawy i oczekiwania na odbiór pojazdu po naprawie. Można tu zauważyć pewną rozbieżność interesów. Zakłady naprawcze, dla utrzymania ciągłości pracy wolą mieć pewną liczbę taboru oczekującego na naprawę. Procedura odbioru po naprawie wynikająca z obowiązujących przepisów oraz obowiązek

kontraktowania przez PKP Przewozy Regionalne w Polskich Liniach Kolejowych przejazdu pojazdu z zakładu naprawczego do rodzimej lokomotywowni, a także obowiązek załatwiania maszynisty w PKP Cargo sprzyjają stratom czasu.

Dane charakteryzujące sytuację w zakresie czasów oczekiwania przedstawia tablica 8 [11].

Tablica 8.

Udział czasów oczekiwania w poszczególnych naprawach oraz w całym okresie obsługiwan.

Rodzaj obsługiwan	Udział czasowy przeglądu/naprawy w czasie trwania całego cyklu obsługiwan pojazdu	Udział czasu oczekiwania na przegląd/naprawę w czasie trwania jednego przeglądu/naprawy	Udział czasu oczekiwania na przegląd/naprawę w czasie trwania całego cyklu obsługiwan pojazdu
PK	14,2%	pomijalnie mały	pomijalnie mały
PO	4%	pomijalnie mały	pomijalnie mały
PD	6,6%	60%	3,96%
NR	25,7%	24,2%	6,23%
NG	5,3%	21,1%	1,11%
NB	25,1%	trudny do dokładnego oszacowania	trudny do dokładnego oszacowania
NW	2,4%	jak wyżej	jak wyżej
naprawy gwarancyjne	1,2%	jak wyżej	jak wyżej
RAZEM			11,3%
oczekiwanie w lokomotywowni na wysłanie do naprawy			11,4%
RAZEM			22,7%

Z tablicy wynika, że udział czasów oczekiwania w procesie obsługiwan wynosi prawie 23%. Nie jest wykluczone, że podany procent jest w rzeczywistości większy.

5.4. Zdarzenia losowe

Wpływ zdarzeń losowych na $k_g(t)$ był omawiany w rozdziale 3. Tu zostaną podane dane ilościowe, charakteryzujące pewne aspekty tego zjawiska.

I tak według szacunków lokomotywowni Warszawa Grochów [11], akty wandalizmu wywołują w skali miesiąca straty rzędu 80 – 130 tysięcy złotych. Konsekwencją takich aktów jest konieczność wykonywania napraw bieżących co pogarsza współczynnik $k_g(t)$. Do typowych objawów wandalizmu zalicza się uszkodzenie szyb i ram okiennych, świetlówek, stolików, śmietniczek, lusterek, siedzeń, półek bagażowych, umywalek, muszli, desek sedesowych, poręczy, osłon grzejników, kranów umywalek, płyt laminowanych.

Przykładowo, tylko w jednym miesiącu – styczniu 2002 r. – usunięcie szkód wymagało około 700 godzin pracy, a wysokość strat osiągnęła kwotę 104 tys. zł [11].

Oczywiście nie wszystkie takie przypadki pociągają za sobą konieczność wyłączenia pojazdu na naprawę NB; naprawy o małym zakresie można przeprowadzać podczas przeglądu PK lub PO.

Niebagatelną sprawą są też wypadki kolejowe na przejazdach i na szlaku, których liczba wykazuje raczej tendencję wzrostową. Jest to z jednej strony konsekwencją wzrostu liczby samochodów w kraju, z drugiej – małej liczby bezkolizyjnych skrzyżowań i nieostrożności kierowców. Według raportu NIK [9] liczba wypadków na przejazdach kolejowych wynosiła: w 1997 r. – 301, w 1998 r. – 327, w ciągu trzech kwartałów 1999 r. – 228.

Wskaźnik wypadków na przejazdach – określany liczbą wypadków na 100 przejazdów – wynosił: w 1997 r. – 1,61, w 1998 r. – 1,74. Wskaźnik wypadków na przejazdach, określany liczbą wypadków na 10 tysięcy zarejestrowanych pojazdów samochodowych, w 1997 r. wynosił 2,34, a w 1998 r. – 2,51. Wypadki na przejazdach kolejowych w wymienionych latach stanowiły odpowiednio 69,7% i 75,5% wszystkich wypadków na PKP. Według artykułu [1], w 2003 r. w stosunku do 2002 r. nastąpiło zwiększenie wypadków pociągowych o 5,3%, przy czym w wypadkach na przejazdach kolejowych zginęło 46, a rannych zostało 114 osób.

Wypadki na szlaku są raczej rzadkie i część z nich, będąca rezultatem kolizji ze zwierzętami czy ludźmi, nie powoduje istotnych uszkodzeń pojazdów.

Łącznie czas przeznaczany na naprawy powypadkowe nie jest duży i stanowi 2,4% całego czasu obsługiwanego (patrz tablica 6).

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione dane statystyczne i komentarze dość wyraźnie określają przyczyny ukształtowania się niskiego współczynnika gotowości eksploatowanych obecnie na PKP elektrycznych zespołów trakcyjnych oraz sposoby jego poprawienia. Nie chodzi przy tym tylko o poprawienie $k_g(t)$ ale i o metody działania, które powinny być stosowane zawsze podczas projektowania i wytwarzania pojazdów.

W procesie tworzenia nowych pojazdów niewątpliwie pierwszoplanową rolę odgrywają badania właściwości pojazdów takich jak trwałość, niezawodność i podatność obsługowa.

Jak o tym wspomniano w poprzednich rozdziałach wymienione właściwości, ukształtowane odpowiednio do warunków użytkowania i obsługi pojazdów, mają istotny wpływ na częstość wyłączenia z ruchu pojazdu w celu wykonania obsługi oraz wpływają na czas trwania obsługi. Dostosowanie do takich właściwości zasady obsługi, oparte na optymalizacji kosztów, umożliwiają racjonalnie wykorzystanie właściwości pojazdów. Przyjęcie takiego postępowania wymaga jednak kosztownych badań omawianych właściwości, przeprowadzanych na prototypie pojazdu, a następnie na serii informacyjnej.

Aby korzystnie ukształtowanych właściwości nie zaprzepaścić, należy dbać o dobrą organizację obsługi na poziomie kontaktów między właścicielem pojazdów a przedsiębiorstwem wykonującym obsługę oraz w obrębie samych przedsiębiorstw obsługowych. Zebrane dane statystyczne świadczą o tym, że jest tu dużo do zrobienia.

Pojazdy szynowe działają w określonym otoczeniu; między nimi a otoczeniem występują określone relacje wzajemne. Stan otoczenia może negatywnie oddziaływać na pojazdy i wówczas nawet najlepsze ich rozwiązania nie przyniosą oczekiwanych efektów w zakresie poprawy $k_g(t)$. Powstaje więc konieczność równoległego doskonalenia otoczenia, które współistnieje z pojazdem w swoistej symbiozie. Zmniejszy się wówczas w istotny sposób częstość występowania negatywnych zdarzeń losowych i w konsekwencji napraw bieżących.

Jeżeli chodzi o aktualnie eksploatowane zespoły EN57, to oczywiście wszystkie podane wyżej sugestie odnoszą się też i do nich. Nie wszystkie jednak są możliwe do zrealizowania. Bardzo trudne, a praktycznie niemożliwe jest poprawienie takich właściwości jak niezawodność, trwałość i podatność obsługowa pojazdów, które już istnieją i od wielu lat są eksploatowane. Wymagałoby to w wielu przypadkach takiego przekonstruowania ich, że w rezultacie powstałyby "nowe stare pojazdy". Nie zawsze byłoby to technicznie sensowne i ekonomicznie uzasadnione. Metody postępowania w takiej sytuacji podano w opracowaniu [7]. Pozostaje zatem w odniesieniu do istniejących pojazdów EN57 doskonalenie i optymalizowanie cyklu przeglądowo - naprawczego, organizacji obsługi w szerokim tego słowa znaczeniu i ograniczanie szkodliwych

przypadków losowych, których źródłem jest otoczenie kolejowego systemu transportowego.

BIBLIOGRAFIA

1. Dyduch J.: Ocena funkcjonowania transportu kolejowego w 2003 r. *Problemy Kolejnictwa*, 2004, nr 139.
2. Eksport podtrzymuje przemysł japoński. *Technika Transportu Szynowego*, 2004, nr 12.
3. Leksykon PWN. Państwowe Wydawnictwa Naukowe. Warszawa, 1972.
4. *Hebda M, Janicki D.*: Trwałość i niezawodność samochodów w eksploatacji. WKŁ, Warszawa, 1977.
5. *Moczarski M.*: Podstawy organizacji i techniki obsługi pojazdów szynowych. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1986.
6. *Moczarski M.*: Problem kształtowania systemu obsługi wagonów metra. *Problemy Kolejnictwa*, 2004nr 139.
7. *Moczarski M.*: Ulepszanie obiektów technicznych. *Technika Transportu Szynowego*, 2001 nr 9.
8. Polska Norma PN 80/N - 04000.
9. Raport NIK odnośnie bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych. Warszawa, lipiec 2000.
10. *Raczyński J.*: Organizacja utrzymania taboru na kolejach szwedzkich (SJ). *Technika Transportu Szynowego*, 1998 nr 9.
11. *Ścieszko P.*: Badanie współczynnika gotowości elektrycznych zespołów trakcyjnych w lokomotywowni Warszawa Grochów. Określenie czynników wpływających na współczynnik gotowości. Wnioski i zalecenia dotyczące poprawy sytuacji. Praca dyplomowa. Promotor: *Moczarski M.* Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, Zakład Pojazdów Szynowych. Warszawa, 2005.
12. *Wolfram T.*: Elektryczne lokomotywy pociągowe – stan rozwoju. *Technika Transportu Szynowego*, 2003 nr 11.
13. *Wolfram T.*: Nowoczesne elektryczne zespoły trakcyjne ruchu podmiejskiego. *Technika Transportu Szynowego*, 2003 nr 5.
14. *Wolfram T.*: Współczesne lokomotywy spalinowe. *Technika Transportu Szynowego*, 2004 nr 7 – 8.