

Metody obsługi pojazdów szynowych

Mikołaj MOCZARSKI¹

Streszczenie

W artykule omówiono metody obsługi obiektów technicznych, a w szczególności pojazdów szynowych. Obiekty takie użytkowane w transporcie, przemyśle, obronności i w innej działalności są złożone, kosztowne i odczuwalnie wpływają na prawidłowe funkcjonowanie gospodarki narodowej, bezpieczeństwo kraju oraz warunki życia społeczeństwa. Ich obsługa jest kosztowna, pracochłonna i wymaga specjalistycznego i kosztownego zaplecza obsługowego. Omówiono różne metody postępowania obsługowego, podano kryteria i zależności pozwalające na dokonywanie wyboru metody oraz zwrócono uwagę na związki występujące między obsługiwaniem i użytkowaniem obiektów technicznych. Scharakteryzowano pojazdy szynowe jako przedmiot obsługi, omówiono cele obsługi pojazdów. Przedstawiono ogólne reguły postępowania obsługowego oraz wariantowe metody postępowania w obsługiwaniu pojazdów szynowych. Podano sposób optymalizacji okresów międzyobsługowych i omówiono funkcje jednostkowych kosztów sumarycznych obsługi. Przedstawiony materiał pozwala na dokonywanie wyboru najkorzystniejszej, w danych warunkach i dla danego typu konstrukcji obiektu, metody obsługi.

Słowa kluczowe: pojazdy szynowe, eksploatacja, obsługa

1. Wstęp

Pojazdy szynowe, podobnie zresztą jak i wszystkie inne obiekty techniczne wytwarzane przez człowieka, charakteryzują się tym, że tracą swoje właściwości w procesie użytkowania. Zmiana czy utrata właściwości występuje w pewnym stopniu także i wtedy, gdy pojazdy nie są użytkowane. Dzieje się tak na skutek oddziaływania naturalnych czynników otoczenia (np. wilgotność powietrza, utlenianie, temperatura, zanieczyszczenie powietrza) oraz zdarzeń losowych. Utrata właściwości występuje w pojazdach będących zbiorami złożonych konstrukcyjnie i technologicznie oraz zróżnicowanych pod względem właściwości elementowych (zespołów, podzespołów, części). Tracą one swoje właściwości użytkowe z różnymi prędkościami i różnymi konsekwencjami dla funkcjonowania i użytkowania pojazdu jako całości. W procesie użytkowania pojazdów mamy przy tym do czynienia ze zmiennymi obciążeniami i ze zmienną intensywnością oddziaływania otoczenia na elementy składowe pojazdów. Dzieje się tak na skutek losowych zmian warunków użytkowania oraz zmian zachodzących w otoczeniu naturalnym. W rezultacie to „wrodzone” oraz powstające

w procesie użytkowania zróżnicowanie właściwości pojazdów, konieczność uwzględniania spraw bezpieczeństwa oraz czynników ekonomicznych, a ponadto zazwyczaj dość duża liczba użytkowanych pojazdów powodują, że wybór racjonalnej metody postępowania obsługowego oraz praktyczna realizacja samego procesu obsługowego są zwykle trudne, kosztowne oraz pracochłonne.

1.1. Ogólna charakterystyka pojazdów szynowych jako przedmiotu obsługi

Obsługiwane pojazdy szynowe mają określone właściwości nadane im w procesie projektowania i wytwarzania, dostosowane do zadań realizowanych przez pojazdy, warunków ich użytkowania i obsługi oraz do realizacji celów jakie przez użytkowanie pojazdów chce osiągnąć ich właściciel. Właściwości mogą być rozpatrywane ogólnie i odnosić się do pojazdu jako całości i szczegółowo. W tym pierwszym przypadku możemy na przykład mówić o maksymalnej prędkości jazdy, ładowności pojazdu, jego masie, gabarytach, zużyciu paliwa itp. Te właściwości, istotne głównie z punktu widzenia użytkowania,

¹ Dr inż., emerytowany pracownik Instytutu Kolejnictwa.

nie są szczególnie istotne z punktu widzenia obsługiwanego. Z tego punktu widzenia ważne są następujące właściwości [6]:

1. Właściwości fizykochemiczne charakteryzujące tworzywa, z których są wykonane elementy pojazdu oraz zastosowane w wytwarzaniu elementów pojazdu procesy technologiczne.
2. Właściwości i relacje stereometryczne określające wymiary, kształt i położenie elementów pojazdu, zwłaszcza te, których dotrzymanie warunkuje właściwą z punktu widzenia funkcjonowania i bezpieczeństwa pracę pojazdu i które muszą być kontrolowane w procesie użytkowania oraz obsługiwanego.
3. Niektóre właściwości techniczne charakteryzujące trwałość, niezawodność, podatność obsługową, wymaganą częstość wykonywania badań diagnostycznych, przeglądów, zabiegów konserwacyjnych i napraw.

Wszystkie pojazdy składają się z dużej liczby zespołów, podzespołów i części o bardzo zróżnicowanych właściwościach podanych w punktach 1, 2, 3. Przy losowo zmieniających się warunkach użytkowania, a także losowych oddziaływaniach otoczenia, mamy do czynienia z dużym zróżnicowaniem przebiegu utraty właściwości użytkowych składników pojazdu, mimo starań konstruktorów i technologów aby to zróżnicowanie ograniczyć. Zróżnicowanie przebiegu utraty właściwości użytkowych komplikuje opracowywanie metod obsługiwanego, a potęguje to dodatkowo duża różnorodność rodzajów i typów użytkowanych pojazdów. Do opracowania właściwych metod obsługiwanego, niezbędne jest też zrozumienie celów takiej działalności.

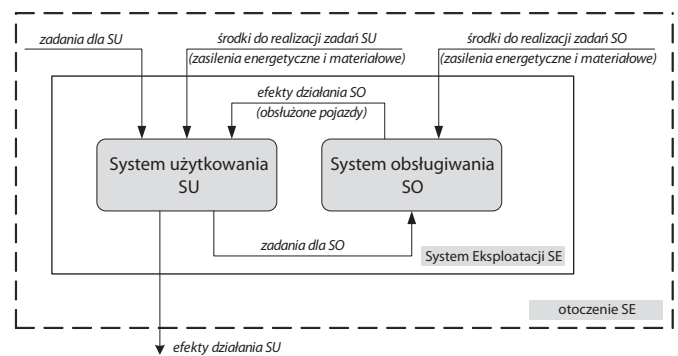
Według leksykonu, cel jest to założony rezultat dążeń. Rozpatrując sprawę w kontekście działania systemu użytkowania pojazdów, celem obsługiwanego nie jest przywracanie pojazdom utraconych właściwości użytkowych, czy zmniejszanie prędkości utraty tych właściwości lecz umożliwienie systemowi użytkowania wykonywania ustalonych zadań za pomocą pojazdów. Omówiono to w punkcie 1.2.

1.2. Cele obsługiwanego pojazdów

Pod pojęciem obsługiwanego rozumie się najogólniej [9] działania zmniejszające prędkość utraty właściwości użytkowych obiektów (obsługiwanego zapobiegawcze) oraz działania przywracające obiektom właściwości już utracone (naprawa).

Pojazdy (i inne obiekty techniczne) tracą swoje właściwości użytkowe – wyczerpują resurs [6], głównie podczas ich użytkowania. Użytkowanie z kolei prowadzone jest po to, aby osiągnąć jakieś ustalone wcześniej cele pozaużytkowe, np. umożliwić przemieszczanie się ludzi, dostarczanie ładunków i uzyskać w rezultacie efekty mające znaczenie dla właściciela pojazdów (zysk) i znaczenie gospodarcze czy społeczne. Oznacza to, że celem obsługiwanego jest umożliwienie użytkowania pojazdów szynowych w systemie ich użytkowania, a przez to osiągnięcie za pomocą tych pojazdów celów systemu użytkującego pojazdy czy celów systemu wyższego rzędu. Takie rozumienie obsługiwanego wywołuje

istotne konsekwencje. System obsługiwanego, który realizuje działania zapobiegawcze i naprawcze w pojazdach musi to robić biorąc pod uwagę cele i zadania realizowane przez system użytkowania; powinien być ukształtowany i działać w symbiozie z tym systemem. Konsekwencją tego jest konieczność stworzenia spójnego systemu eksploatacji pojazdów, którego głównymi podsystemami (składnikami) są właśnie systemy użytkowania i obsługiwanego. Przedstawia to rysunek 1 według [5].



Rys.1. Model systemu eksploatacji

Wszystko to oznacza, że nie należy kształtować systemu obsługiwanego pojazdów w oderwaniu od celów i warunków ich użytkowania. Musi się to odbywać w systemie eksploatacji pojazdów, z uwzględnieniem wszystkich czynników jakie w tym systemie występują i z uwzględnieniem oddziaływania otoczenia systemu eksploatacji.

W praktyce kolejowej uwzględnia się to na przykład przez lokalizację lokomotywni i wagonowni w pobliżu dużych stacji czy węzłów kolejowych. Wyposaża się je przy tym w urządzenia, przyrządy i maszyny umożliwiające wykonywanie prac porządkowych, diagnostycznych, konserwacyjnych i drobnych napraw, co pozwala wykonywać niektóre prace obsługowe podczas przerw technologicznych w procesie użytkowania pojazdów. Zwiększa to współczynnik gotowości pojazdów. W postępowaniu naprawczym opracowuje się takie metody postępowania, aby czas wyłączenia pojazdu z użytkowania w celu przeprowadzenia naprawy był jak najmniejszy, a koszty obsługiwanego były małe. Wpływa na to uwzględnianie właściwości pojazdów przy wyborze metod obsługiwanego, a także takie projektowanie pojazdów, które dostosowuje w pewnym stopniu ich właściwości fizykochemiczne, stereometryczne i techniczne do specyfiki potrzeb procesów obsługowych i umożliwia obniżenie kosztów i czasu trwania obsługiwanego. Wszystko to oznacza, że przy wyborze metod postępowania obsługowego, muszą być brane pod uwagę właściwości obsługiwanego pojazdów, specyfika ich użytkowania i efektywność ekonomiczna eksploatacji pojazdów dla osiągnięcia określonego celu.

1.3. Składniki procesu obsługiwanego

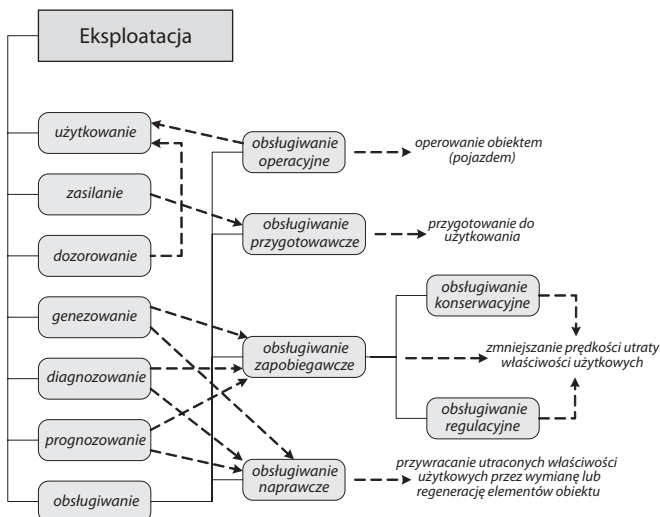
Proces obsługiwanego jest złożony technologicznie i organizacyjnie. Dotyczy bowiem pojazdów konstrukcyjnie i tech-

nologicznie złożonych, wieloskładnikowych. W procesach obsługi występuje z jednej strony duża różnorodność technologiczna tych procesów, a z drugiej strony, duża różnorodność organizacyjno-techniczna samych działań obsługowych dokonywanych na pojazdach.

Aby można było stworzyć system obsługi pojazdów, określić zasady i metody obsługi, określić relacje między podsystemami użytkownika i obsługi oraz praktycznie zorganizować działalność obsługową, należy określić główne składniki procesu obsługi występujące we wszystkich typach pojazdów, niezależnie od ich przeznaczenia i warunków użytkowania. W obsłudze można wyróżnić trzy grupy rodzajowe działań organizacyjno-technicznych dokonywanych na pojazdach:

- 1) **działania wstępne** obejmujące zwykle formalne przyjęcie pojazdu do obsługi, czyszczenie pojazdu i jego zespołów, oględziny ogólne połączone często z pomiarami, diagnostyką czy badaniami na stanowisku probierczym;
- 2) **właściwe działania obsługowe** obejmujące: demontaż wstępny pojazdu, badania diagnostyczne zespołów i podzespołów, demontaż szczegółowy zespołów i podzespołów, czyszczenie zdemontowanych elementów, oględziny, pomiary, badania defektoskopowe, wymianę lub regenerację elementów i podzespołów, montaż zespołów i podzespołów oraz regulację i próby po montażu;
- 3) **działania końcowe** obejmujące: montaż końcowy pojazdu jako całości, próby stacjonarne i ruchowe, regulację, usuwanie usterek, końcowe czyszczenie, nakładanie zewnętrznych powłok ochronnych oraz przekazanie formalne pojazdu zlecającemu obsługę.

Różnorodność prac wykonywanych podczas obsługi jest bardzo duża. Powoduje to silną koncentrację w jednym zakładzie obsługowym dużej liczby różnorodnych technologii obsługi, a w rezultacie dużej liczby różnorodnych maszyn, urządzeń, przyrządów, narzędzi, materiałów i części zamiennych oraz rzemieślników o różnych kwalifikacjach zawodowych.



Rys. 2. Składniki eksploatacji i występujące ważniejsze relacje

Ma to wpływ na kształtowanie obsługi jako systemu. Ta koncentracja różnorodnych technologii i konsekwencje tego odbijają się też na kosztach obsługi. Ogólnie, rodzaje działań obsługowych występujących w systemie eksploatacji można przedstawić jak na rysunku 2 według [5].

Liniami przerywanymi zaznaczono ważniejsze relacje, jakie występują w eksploatacji. Rysunek pokazuje dużą różnorodność działań obsługowych, jak i relacje między poszczególnymi rodzajami działań, wskazujące pośrednio na ich znaczenie dla właściwego przebiegu użytkowania obiektu przez system jego użytkownika.

1.4. Obsługa jako system

Według A.D. Halla [1] ogólnie system jest zbiorem obiektów wraz z relacjami istniejącymi między tymi obiektami i między ich właściwościami. Na podstawie tej definicji, system obsługi możemy określić jako:

- 1) zbiór obiektów, tj. maszyn, urządzeń, obrabiarek, przyrządów, narzędzi, budynków, budowli, za pomocą których są wykonywane operacje zmniejszające prędkość utraty właściwości i przywracające pojazdowi właściwości już utracone;
- 2) zbiór ustalonych technologii obsługi pojazdów, organizacji obsługi i funkcjonowania systemu jako całości;
- 3) zbiór relacji występujących między wymienionymi w punktach 1) i 2) obiektami i między ich właściwościami.

System obsługi można też rozpatrywać w innym kontekście. Zgodnie z definicją M.D. Mesarowica podaną w pracy pt. „Matematyczna teoria systemów ogólnych” [8], muszą być też znane „reguły gry” – w naszym przypadku zasady obsługi określające postępowanie z pojazdami w procesie użytkowania i obsługi (w procesie eksploatacji). Chodzi tu o zasady, które pozwolą na podstawie posiadanych informacji (np. badań niezawodnościowych użytkowanych pojazdów, wyników diagnostyki, analizy kosztów) podejmować decyzje o tym czy można jeszcze pojazd użytkować, czy też należy go poddać obsłudze, kiedy i w jakim zakresie. Wykorzystując te zasady oraz znajomość warunków użytkowania i obsługi ustala się też techniczne i organizacyjne procedury postępowania z pojazdami poddawany obsługi. Ogólnie można powiedzieć, że zasady obsługi pozwalają uzyskać w dowolnym momencie użytkowania pojazdu odpowiedź na pytanie: czy, kiedy i jak obsługiwać pojazd? Pojęcie „system obsługi” można zatem rozumieć dwojako:

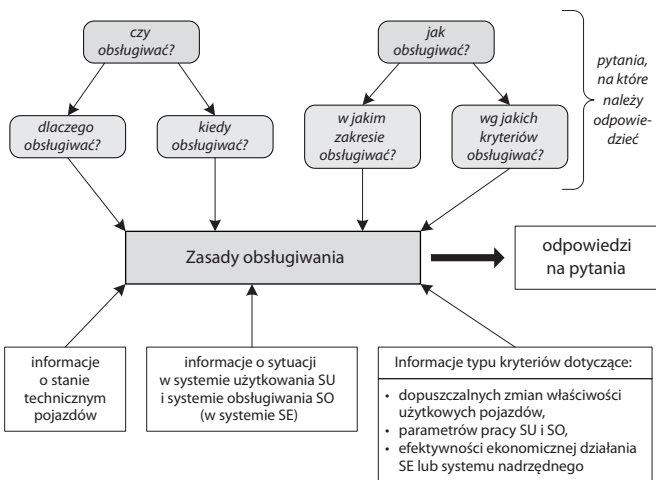
- 1) jako system techniczny, ukształtowany fizycznie na podstawie przyjętych zasad („reguł gry”) oraz na podstawie właściwości obsługiwanych pojazdów i specyfiki procesów obsługi;
- 2) jako zbiór zasad („reguł gry”) i występujących relacji między nimi, pozwalających podejmować decyzje o obsłudze pojazdów i narzucających metody postępowania z pojazdami w procesie eksploatacji z punktu widzenia ich obsługi.

1.5. Ogólne reguły postępowania obsługowego i ich interpretacja

Aby można było podjąć decyzję o skierowaniu pojazdu do obsługi i wykonać obsługę należy móc odpowiedzieć na dwa pytania:

- 1) czy obsługiwać pojazd?
- 2) jak obsługiwać pojazd?

To drugie pytanie nie dotyczy technologii i organizacji obsługi, lecz zakresu obsługi oraz kryteriów, w oparciu o które podejmujemy decyzje o obsłudze. Rysunek 3 ilustruje procedurę pozwalającą odpowiedzieć na wymienione pytania [5].



Rys. 3. Czy i jak obsługiwać pojazdy

Zasady obsługi podane na rysunku 3 oraz ich interpretację przedstawiono według [5].

1. Zasada celu poza obsługowego
Celem działalności obsługowej nie jest zmiana stanu technicznego przedmiotu obsługi, lecz umożliwienie osiągnięcia za pomocą obsługiwanych obiektów celów systemu użytkującego obiekty, lub celów systemu nadrzędnego.
2. Zasada globalnych efektów
Efektywności obsługi nie należy określać w skali systemu obsługowego lecz poprzez efektywność osiągnięcia celu poza eksploatacyjnego przez system użytkujący obsługiwane obiekty lub system nadrzędny.
3. Zasada spójności
System obsługi nie może być kształtowany, a działalność obsługowa nie może być sterowana w oderwaniu od przedmiotu obsługi oraz systemu, z którym system obsługi współpracuje, lub którego jest składnikiem.
4. Zasada dynamicznego działania
Działalność obsługowa nie może być sztywna i sformalizowana. System obsługi powinien umożliwiać reagowanie na zmiany występujące w obsługiwanych obiektach i w systemach z którymi współpracuje, lub których jest składnikiem w sposób niesprzeczny z intencjami zmian.

Powinien też sam inspirować zmiany w obsługiwanych obiektach i systemach z którymi współpracuje.

5. Zasada udokumentowanego działania
Decyzje o obsłudze dowolnego obiektu należy podejmować na podstawie informacji (bieżących i prognoz) o stanie obiektu, sytuacji w systemie użytkowania i nadrzędnym oraz na podstawie przyjętych kryteriów technicznych i ekonomicznych.

Aby podejmowane decyzje o obsłudze były racjonalne, muszą opierać się nie tylko na wyczerpujących informacjach, ale i powinny być oparte na miarach oceny. Miary oceny są specjalnymi charakterystykami służącymi do oceny słuszności i efektów zamierzonych i zrealizowanych decyzji. Mają zwykle charakter wielkości fizycznych i ekonomicznych. Wyróżnia się następujące miary oceny:

- **techniczne**, charakteryzujące właściwości obsługiwanych obiektów oraz systemów użytkujących obiekty,
- **ekonomiczne**, określające skutki działania, wyrażone na przykład wielkością kosztu, zysku, strat, ilością wykonanej przez pojazdy pracy itp.;
- **użytkowe**, wyrażone korzyściami lub stratami społecznymi.

Poniżej podano przykłady technicznych i ekonomicznych miar oceny:

- 1) warunki i wymagania techniczne i ekonomiczne określające pożądane czy konieczne z punktu widzenia użytkownika i obsługi właściwości i cechy funkcjonowania pojazdów,
- 2) warunki i wymagania techniczne i ekonomiczne określające pożądane i konieczne właściwości i zachowania się systemów użytkowania i obsługi,
- 3) miary charakteryzujące efektywność ekonomiczną i warunki osiągnięcia celu nadrzędnego oraz celów lokalnych w systemach i podsystemach,
- 4) normatywy użytkowania i normatywy obsługowe,
- 5) określone ilościowo prognozy, dyrektywy, plany,
- 6) określone ilościowo pożądane rezultaty działania,
- 7) określone ilościowo relacje techniczne i ekonomiczne, występujące między systemami, składnikami systemów i ich właściwościami.

2. Metody postępowania w obsłudze pojazdów szynowych

Obecnie naprawy pojazdów szynowych, a także innych obiektów technicznych są prowadzone według systemu planowo-zapobiegawczych remontów (system pZR). Jest to najstarszy ze stosowanych obecnie i formalnie akceptowanych systemów obsługi. Liczy ponad sto lat i powstał na podstawie doświadczenia ludzi zajmujących się naprawami. Formalnie był wprowadzony jako obowiązujący w kraju w zakresie naprawy środków trwałych w 1954 roku [2, 7]. Jest to system wygodny, ułatwiający planowanie działalności obsługowej i jej przygotowanie. Nie jest to jednak system

jedynie możliwi i dlatego podano także inne metody postępowania obsługowego. Można wyróżnić trzy czynniki istotnie wpływające na metody postępowania w obsłudze pojazdów (i obiektów technicznych w ogóle).

1. Właściwości pojazdów szynowych

Pojazdy są systemami wieloskładnikowymi. Składniki pojazdów mają zróżnicowane właściwości i prowadzą „niezależne życie”, co oznacza że zmiany ich właściwości są wywoływane różnymi przyczynami i przebiegają z różnymi prędkościami. Wywołują różne konsekwencje w procesie użytkowania.

2. Sposób użytkowania pojazdów

Jednakowe i różne pojazdy są użytkowane niezależnie, np. zbiór lokomotyw czy wagonów; nie ma istotnych powiązań czy uzależnień między pojazdami, które zmuszałyby do łącznego ich użytkowania. Ale elementy składowe pojazdów (np. zespoły, podzespoły, części lokomotywy), różne pod względem właściwości i przeznaczenia, muszą być użytkowane łącznie, ponieważ stanowią jedną funkcjonalną całość, co wynika z istoty konstrukcji pojazdu. Wiadomo przy tym, że procesy utraty właściwości użytkowych poszczególnych składników jednego pojazdu przebiegają z różnymi prędkościami.

3. Potrzeba planowania działalności obsługowej

Działalność obsługowa dokonywana na pojezdach warunkuje sprawne funkcjonowanie kolei, a pośrednio i wielu innych dziedzin gospodarki i administracji kraju. Warunkuje też sprawne funkcjonowanie społeczeństwa jako całości. Działalność obsługowa jest przy tym i sama uzależniona od sprawnego funkcjonowania gospodarki poprzez możliwość uzyskiwania zasileń energetycznych, materiałowych, dopływ siły roboczej i środków finansowych. Z tych powodów planowanie, przynajmniej w pewnym stopniu, działalności obsługowej jest konieczne i uzasadnione.

Uwzględniając podane czynniki i ogólne zasady obsługi przedstawione zostaną w oparciu o [7] różne możliwe rozwiązania metod obsługi i warianty metod, które mogą być stosowane w obsłudze pojazdów szynowych.

2.1. Metody postępowania w warunkach planowania działalności obsługowej w odległym horyzoncie czasowym

Najłatwiej można planować, przygotować technicznie i organizować działalność obsługową znając jej terminy i zakresy odniesione do poszczególnych użytkowanych pojazdów.

Przyjmujemy, że pojazdy będą obsługiwane po upływie ustalonego z góry i powtarzającego się cyklicznie czasu pracy lub ilości wykonywanej pracy η (np. liczby miesięcy pracy czy liczby przejechanych kilometrów). Zasadę celu pozaobsługowego i zasadę globalnych efektów uwzględnimy dobierając odpowiednie miary oceny do określenia optymalnej wielkości η , zasadę spójności – przez uwzględnienie właściwości pojazdów i sposobów ich użytkowania. Zasadę dynamicznego działania uwzględnimy przez okresową, dokonywaną na podstawie obserwacji sytuacji i gromadzo-

nych danych statystycznych, korektę wielkości η , a zasadę udokumentowanego działania – określając wielkość η na podstawie znajomości funkcji niezawodności i funkcji odnowy pojazdu i jego składników oraz wielkości kosztów występujących w systemach użytkowania i obsługi.

Rozpatrywać będziemy bardzo ogólnie rozumiany zbiór obiektów. Może to być, np. zbiór jednakowych lub różnych lokomotyw czy wagonów, ale i zbiór elementów składowych jednej lokomotywy czy jednego wagonu – zespołów, podzespołów, części. Posługiwać się będziemy głównie pojęciem obiekt, czy zbiór obiektów.

Niech dany będzie zbiór jednakowych obiektów użytkowanych niezależnie (np. zbiór jednakowych lokomotyw lub autobusów) to znaczy tak, że użytkowanie każdego z nich nie jest uwarunkowane istnieniem i działaniem pozostałych. Niezależne są też zmiany właściwości poszczególnych użytkowanych obiektów.

Chociaż każdy z obiektów będzie kierowany do obsługi po upływie takiego samego czasu pracy lub ilości wykonanej pracy η to kalendarzowe terminy wykonywania obsługi będą dla każdego obiektu różne. Będzie to przypadek niezależnego obsługiwanie obiektów. Niech będzie dany zbiór różnych obiektów użytkowanych łącznie. Przykładem może być pojedyncza lokomotywa, której składniki (różne obiekty – zespoły, podzespoły, części) są tak powiązane w całość konstrukcyjną, że użytkowanie lokomotywy jest uwarunkowane działaniem każdego składnika. Skierowanie lokomotywy do obsługi oznacza jednocześnie (zależne, łączne) obsługowanie jej składników, po upływie czasu czy ilości wykonanej pracy η , ustalonych dla lokomotywy jako całości. Każdy składnik jest obsługiwany w tym samym terminie. Jest to obsługowanie zależne.

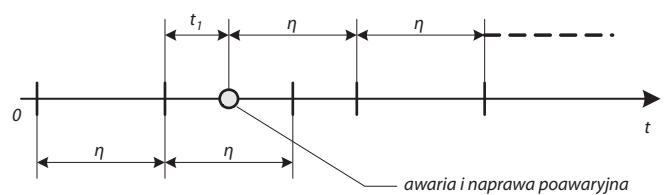
Użytkowany obiekt (np. lokomotywa) może ulec awarii po czasie pracy $t_1 < \eta$ czy ilości wykonanej pracy mniejszej od założonej. Po zaistnieniu takiego zdarzenia można postąpić dwojako:

1. Wykonać obsługowanie poawaryjne, zaś najbliższe planowane obsługowanie przewidzieć po okresie η mierzonym od momentu wykonania obsługi poawaryjnego;
2. Po wykonaniu obsługi poawaryjnego, obsługowanie planowe przewidzieć po okresie $\eta - t_1$.

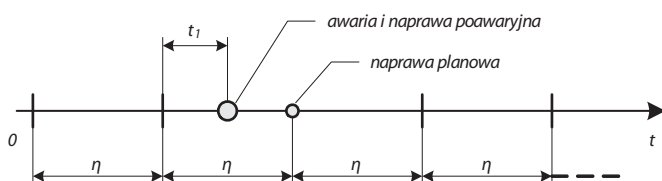
Podane dwa sposoby postępowania określimy jako:

- 1) metodę wykonywania obsługi w planowanych terminach – OPT;
- 2) metodę wykonywania obsługi w normowanych terminach – ONT;

Przedstawiono je na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Metoda OPT



Rys. 5. Metoda ONT

Metoda OPT polega na przeprowadzeniu obsługi w momencie wynikającym z czasu pracy η lub ilości wykonanej pracy, jeżeli obsługiwany obiekt osiągnął ten moment, lub wcześniej, gdy obiekt uszkodził się przed upływem okresu η . W tym przypadku razem z naprawą poawaryjną wykonuje się też prace z zakresu naprawy planowej. Są to prace, które pozwolą obiektowi pracować do końca okresu η ale mierzonego od momentu zaistnienia awarii (rys. 4).

Metoda ONT polega na przeprowadzeniu obsługi po osiągnięciu okresu η wynikającego z czasu pracy lub ilości wykonanej pracy niezależnie od tego czy obiekt uszkodził się przed tym momentem czy nie.

Rozpatrując obiekt (np. pojazd szynowy) jako system techniczny będący zbiorem składników (zespołów, podzespołów, części – ogólnie obiektów składowych) wraz z relacjami między tymi składnikami i ich właściwościami można ustalić warianty metod obsługi takie jak w tabelicy 1 [7].

Niektóre określenia zastosowane w tabelicy mają następujący sens:

- obsługiwane niezależne obiektów polega na obsłudze każdego obiektu oddzielnie, w innym terminie kalendarzowym lub po upływie innej wielkości η ;
- obsługiwane mieszane obiektów polega na obsłudze poawaryjnym pojedynczego uszkodzonego obiektu (składnika) zbioru w momencie $t < \eta$ i obsłudze wszystkich obiektów (składników) zbioru, tworzących

np. lokomotywę, w momencie η , niezależnie od wykonywanych w przeszłości obsług poawaryjnych;

- obsługiwane mieszane według podzbiorów charakteryzuje się tym, że każdy podzbiór obiektów (składników) jako całość, obsługuje się niezależnie od pozostałych podzbiorów, w odpowiednim momencie η . W przypadku uszkodzenia pojedynczego składnika podzbioru (np. jednego zestawu kołowego w podzbiornie czterech zestawów kołowych lokomotywy) w momencie $t < \eta$ obsługuje się tylko ten składnik, natomiast w momencie η wszystkie składniki podzbioru poddawane są obsłudze.

Używane pojęcie „obiekt” można odnosić do całego pojazdu i do poszczególnych jego składników. Na przykład zbiór obiektów – zespołów, podzespołów w jednej lokomotywie i zbiór lokomotyw przypisanych jednej lokomotywni.

W celu dokonania wyboru najkorzystniejszego w danych warunkach eksploatacji wariantu obsługi, należy dysponować zależnościami pozwalającymi określić parametry obsługi. Metodę planowego obsługi można scharakteryzować dwoma parametrami:

- 1) Okresem międzyobsługowym η wyznaczającym moment obsługi, określonym czasem pracy, ilości wykonanej pracy lub inną miarą;
- 2) Jednostkowymi kosztami sumarycznymi. Koszty te są sumą kosztów awarii ponoszonych w okresie międzyobsługowym, kosztów obsługi planowego i kosztów wynikających pośrednio z obsługi odniesioną do długości tego okresu lub do średniego czasu życia obiektów, przy okresie międzyobsługowym $= \eta$.

Moment obsługi jest wybrany optymalnie (η_{opt}), gdy jednostkowe koszty sumaryczne są najniższe. Przedstawiono sposoby określania optymalnego momentu obsługi η_{opt} dla niektórych wariantów postępowania podanych

Tabela 1

Warianty metod obsługi*

Sposób użytkowania	Warianty obsługi dla metod:	
	OPT	ONT
Użytkowanie niezależne zbioru jednorodnych obiektów	1.1. Obsługiwanie niezależne obiektów	1.2. Obsługiwanie niezależne obiektów
Użytkowanie łączne (zależne) zbioru jednorodnych obiektów	2.1. Obsługiwanie niezależne obiektów 2.2. Obsługiwanie łączne obiektów	2.3. Obsługiwanie niezależne obiektów 2.4. Obsługiwanie łączne obiektów 2.5. Obsługiwanie mieszane obiektów
Użytkowanie łączne (zależne) zbioru różnorodnych obiektów	3.1. Obsługiwanie niezależne obiektów 3.2. Obsługiwanie niezależne różnorodnych podzbiorów jednorodnych obiektów przy łącznym obsłudze obiektów w poszczególnych podzbiornach 3.3. Obsługiwanie łączne obiektów	3.4. Obsługiwanie niezależne obiektów 3.5. Obsługiwanie niezależne różnorodnych podzbiorów jednorodnych obiektów przy łącznym obsłudze obiektów w poszczególnych podzbiornach 3.6. Obsługiwanie łączne obiektów 3.7. Obsługiwanie mieszane obiektów 3.8. Obsługiwanie mieszane według podzbiorów.

*Źródło: na podstawie [7]

w tabelicy 1. Sposoby postępowania zostaną przedstawione przy następujących założeniach:

- 1) znane są funkcje niezawodności i funkcje odnowy obiektów (pojazdów) i ich elementów składowych (zespołów, podzespołów);
- 2) wielkości η są jednakowe, w kolejnych obsługach, choć mogą być okresowo korygowane;
- 3) nie bierze się pod uwagę zużycia ekonomicznego obiektów;
- 4) przyjmuje się, że po wykonaniu obsługi obiekt w pełni odzyskuje pierwotne właściwości i charakteryzuje się tą samą funkcją niezawodności;
- 5) rozpatrywane obiekty mają szeregową strukturę niezawodnościową, a zjawiska uszkodzeń ich składników są stochastycznie niezależne, co oznacza, że powstanie niesprawności dowolnego składnika obiektu nie ma wpływu na utratę właściwości składników pozostałych.

2.2. Omówienie szczegółowe niektórych wariantów rozwiązań. Optymalizacja okresów międzyobsługowych η

W praktyce, aby spośród różnych wariantów przedstawionych w tabelicy 1 wybrać wariant najkorzystniejszy dla danych warunków użytkowania i dla określonych właściwości obiektu, należy posłużyć się ekonomiczną miarą oceny wariantów. Miarą tą będą koszty, bezpośrednio i pośrednio wynikające z przyjętego wariantu obsługi.

Do kosztów wynikających bezpośrednio z wyboru wariantu zalicza się koszt obsługi (planowanego i poawaryjnego) obiektu, a do wynikających pośrednio – koszty strat ponoszonych przez system użytkowania na skutek uszkodzenia obiektów, koszty strat ponoszonych w wyniku przebywania obiektów w obsłudze, koszty wynikające z konieczności zakupu obiektów rezerwowych, budowy obiektów systemu obsługi, w których obsługiwane są użytkowane obiekty, a których wielkość, struktura i sposób funkcjonowania wynikają w pewnym stopniu z przyjętego wariantu obsługi.

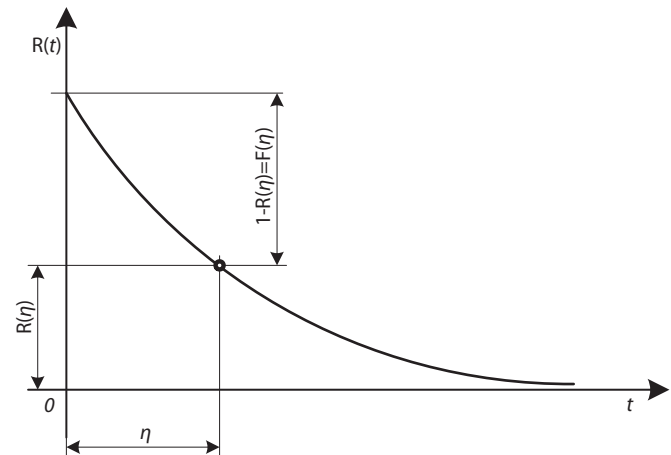
Przy wyborze jednego wariantu spośród wielu porównywać należy możliwe do osiągnięcia koszty minimalne. W celu dokonania porównania i wyboru wariantu przyjęto kryterium w postaci jednostkowych kosztów sumarycznych omówionych poprzednio.

Spośród wariantów podanych w tabelicy 1, warianty 3.1÷3.8 odpowiadają sytuacjom występującym w praktyce, ponieważ obiekty są zbiorami różnorodnych elementów składowych (zespołów, podzespołów, części) lub zbiorami różnorodnych podzbiorów jednorodnych elementów użytkowanych łącznie. Warianty 1.1 do 2.5 są tylko teoretyczne.

W niniejszym artykule rozpatrzono tylko niektóre z wariantów podanych w tabelicy 1, aby pokazać zasady postępowania przy analizie i wyborze wariantów. Szczegółowe rozpatrzenie wszystkich wariantów przedstawiono w [7].

2.2.1. Wariant 1.1. Metoda OPT. Obsługiwanie niezależne zbioru jednorodnych obiektów, użytkowanych niezależnie

Niech będzie dana funkcja niezawodności obiektów $R(t)$ – rysunek 6. Założono, że obsługiwane poszczególne obiekty będzie wykonywane planowo, po upływie czasu η (okresu międzyobsługowego).



Rys. 6. Funkcja niezawodności obiektu technicznego

Do momentu η mogą wystąpić awarie obiektów wywołujące koszty awarii – K_a . Przeprowadzane w momencie η obsługiwania planowe wywołują koszty K_n .

Koszty awarii K_a obejmują: koszty naprawy uszkodzonego obiektu, tj. koszty demontażu, montażu, operacji naprawczych, zapobiegawczych i pomocniczych, koszty wywołane stratami, jakie na skutek awarii obiektu w procesie użytkowania poniesie system użytkowania SU, koszty przestoju obiektu w naprawie wyrażone amortyzacją i utraconym zyskiem jaki mógłby przynieść użytkowany w tym czasie obiekt, koszty wtórne skutków awarii w postaci uszkodzenia innych, bezpośrednio współpracujących obiektów i obiektów otoczenia.

Koszty obsługi planowego K_n obejmują: koszty demontażu, montażu, operacji zapobiegawczych, naprawczych, pomocniczych oraz koszty przestoju obiektu w czasie jego planowego obsługi, wyrażone amortyzacją i utraconym zyskiem.

Rozpatrzmy przypadek, gdy liczba obiektów $N = 1$. Prawdopodobieństwo awarii obiektu do momentu planowej obsługi wyniesie $1 - R(\eta) = F(\eta)$, a średni czas pracy obiektu przy przyjętym η (rozkład ucięty) określa zależność:

$$t_{gr} = \int_0^{\eta} R(t) dt. \quad (1)$$

W omawianym wariantcie 1.1. po wystąpieniu awarii naprawiamy obiekt w celu jej usunięcia oraz przeprowadzamy obsługiwane planowe. Zakres prac obsługiwane planowe będzie zależeć od koniecznego zakresu tych prac, który to zakres należy ustalić na podstawie stwierdzonego podczas naprawy poawaryjnej faktycznego stanu technicznego obiektu i wyników diagnostyki składników obiektu.

Koszty awarii będą obejmować wymienione dwa rodzaje kosztów, a jednostkowe koszty awarii obiektu, odniesione do t_{sr} obliczać należy z zależności:

$$k_a(\eta) = \frac{[1-R(\eta)] * N}{t_{sr}} \quad (2)$$

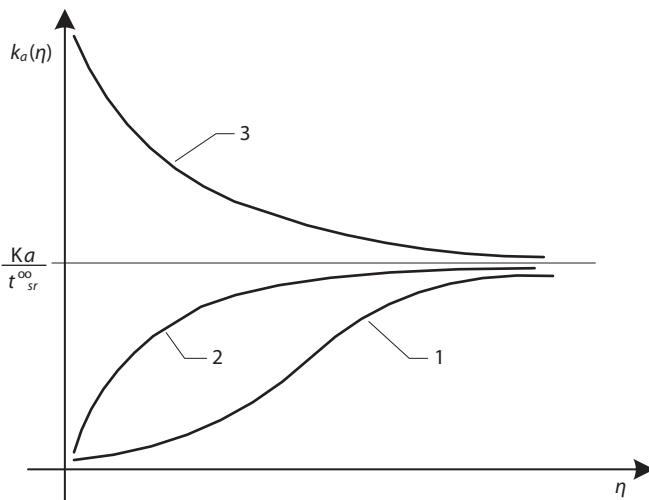
Dla obiektów, które bez uszkodzenia pracowały do momentu η , jednostkowe koszty obsługi planowych wykonywanych w terminie wyniosą:

$$k_n(\eta) = \frac{R(\eta) * N * K_n}{t_{sr}} \quad (3)$$

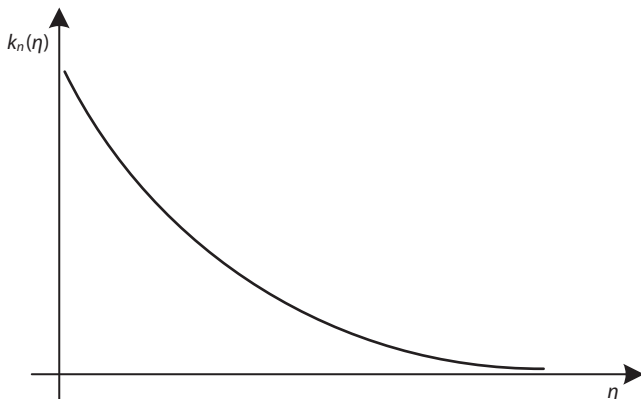
Ponieważ przyjęliśmy że $N = 1$, jednostkowy koszt sumaryczny określimy jako:

$$k(\eta) = k_a(\eta) + k_n(\eta) = \frac{K_a [1-R(\eta)] + K_n R(\eta)}{t_{sr}} \quad (4)$$

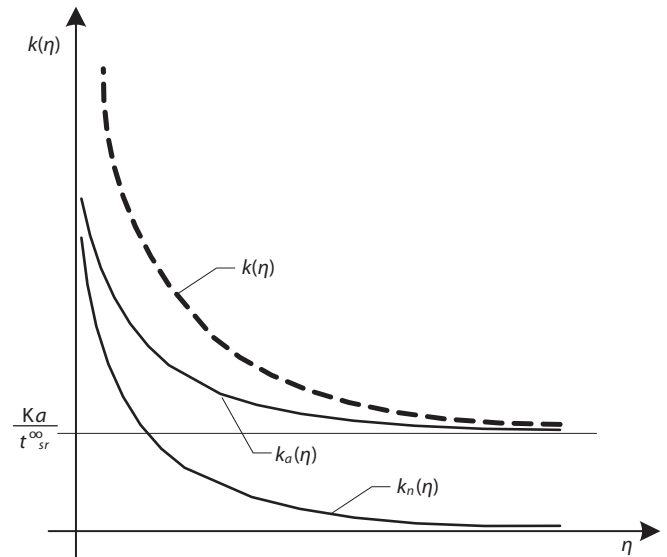
Graficznie przebiegi funkcji $k_a(\eta)$, $k_n(\eta)$ i $k(\eta)$ pokazano na rysunkach 7, 8, 9 i 10. Można je określić obliczając ich wartości dla poszczególnych, przyjętych wielkości η . Znajomość graficznych przebiegów funkcji pozwala na graficzne wyznaczenie η_{opt} i odpowiadającej mu wielkości $k(\eta_{opt})$, co obrazują rysunki 9 i 10.



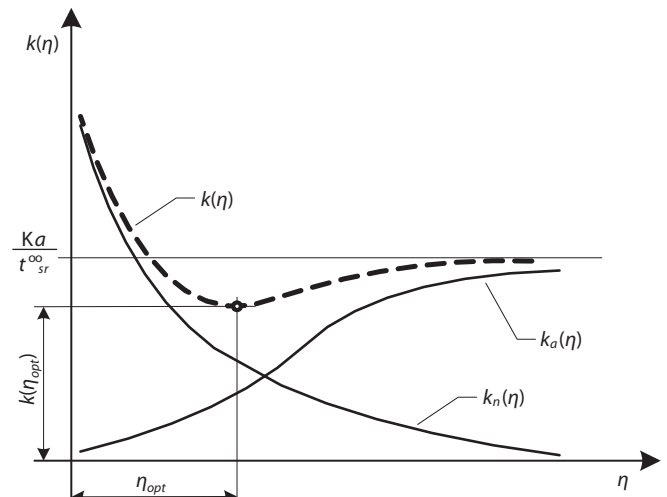
Rys. 7. Przebiegi funkcji jednostkowych kosztów awarii $k_a(\eta)$



Rys. 8. Przebiegi funkcji jednostkowych kosztów napraw planowych $k_n(\eta)$



Rys. 9. Przebiegi funkcji jednostkowych kosztów sumarycznych $k(\eta)$ dla przypadku nie występowania η_{opt}



Rys. 10. Przebiegi funkcji jednostkowych kosztów sumarycznych $k(\eta)$ dla przypadku występowania η_{opt}

Na rysunku 7 pokazano możliwe przebiegi funkcji $k_a(\eta)$. W miarę zwiększania okresu międzyobsługowego η , koszty $k_a(\eta)$ rosną (krzywe 1 i 2) lub maleją (krzywa 3) i dążą asymptotycznie do wielkości:

$$\frac{K_a}{t_{sr}^{\infty}} = \frac{K_a}{\int_0^{\infty} R(t) dt}$$

Przebieg $k_a(\eta)$ według krzywych 1 i 2 wskazuje, że uszkodzeń awaryjnych obiektów nie jest zbyt dużo, i że średni czas życia obiektu t_{sr} jest znaczny.

Przebieg $k_a(\eta)$ według krzywej 3 wskazuje, że uszkodzenia awaryjne obiektów są częste, a t_{sr} relatywnie małe. Rysunek 8 pokazuje, że ze wzrostem η maleją koszty $k_n(\eta)$; jest to zrozumiałe, ponieważ wzrost η powoduje zmniejszenie liczby planowych napraw obiektów. Rysunek 9 pokazuje przebiegi funkcji $k(\eta)$ dla przypadku, gdy $k_a(\eta)$ przebiega według krzywej 3 (rys. 7).

Z rysunku wynika, że ze wzrostem η maleje $k(\eta)$ co oznacza, że nie ma uzasadnienia ekonomicznego dla wykonywania obsługi planowanych. Obiekt powinien być użytkowany do wystąpienia awarii i dopiero wtedy naprawiany. Sytuacja taka występuje, gdy $K_a \ll K_n$, a względy bezpieczeństwa nie muszą być brane pod uwagę.

Rysunek 10 pokazuje przebieg $k(\eta)$ dla przypadku, gdy $k_a(\eta)$ przebiega według krzywej 1 (rys. 7). Podobnie będzie przebiegać $k(\eta)$ w przypadku krzywej 2 (rys. 7). Krzywa $k(\eta)$ ma wyraźne minimum, któremu odpowiada optymalny okres międzyobsługowy η_{opt} . Dla η_{opt} koszty $k(\eta)$ osiągają najniższą wartość i dlatego taki okres międzyobsługowy powinien być przyjęty w praktycznej działalności obsługowej.

Wielkości η_{opt} i $k(\eta_{opt})$ można określić analitycznie wychodząc z warunku, że dla najniższej położonego punktu

krzywej $k(\eta)$ (rys. 10) $\frac{dk(\eta)}{d(\eta)} = 0$. Po zróżniczkowaniu i przy-

równaniu do zera wyrażenia (4) oraz po przekształceniach otrzymamy:

$$\frac{f(\eta_{opt})}{R(\eta_{opt})} \int_0^{\eta_{opt}} R(t) dt + R(\eta_{opt}) = \frac{K_a}{K_a - K_n}. \quad (5)$$

Z tego równania, metodą iteracyjną (podstawiając kolejno różne wartości η) wyznaczamy η_{opt} . Odpowiadające temu $k(\eta_{opt})$ wyznaczamy z zależności:

$$k(\eta_{opt}) = \frac{f(\eta_{opt})}{R(\eta_{opt})} (K_a - K_n). \quad (6)$$

Korzystamy przy tym z zależności (4) i (5). Można też wyznaczyć $k(\eta_{opt})$ wprost z zależności (4) określając wartość $R(\eta_{opt})$ po wyznaczeniu z zależności (5) wartości η_{opt} oraz obliczając wartość t_{sr} dla granic całkowania $0 \div \eta_{opt}$.

2.2.2. Wariant 1.2. Metoda ONT. Obsługiwanie niezależne zbioru jednorodnych obiektów użytkowanych niezależnie

W tej metodzie, w odróżnieniu od poprzedniej, wszystkie obiekty „dożyją” okresu η i będą poddawane planowanemu obsłudze zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami. Wynika to z rysunku 5. Z tego powodu średni czas „życia” każdego obiektu = η .

Objaśnia się to następująco. W metodzie OPT wystąpienie awarii umownie kończy pewien okres życia obiektu; planowany nowy okres życia o wielkości równej η , zaczyna się po wykonaniu w tym samym momencie po awarii, naprawy poawaryjnej i planowego obsługiwanego o zakresie ustalonym podczas naprawy poawaryjnej.

W metodzie ONT awaria jest traktowana jako epizod w życiu obiektu, a po wykonaniu naprawy poawaryjnej obiekt kontynuuje pracę do osiągnięcia momentu η . Dopiero teraz kończy się jego „okres życia”, a po naprawie planowej – zaczyna kolejny.

Oznacza to, że w „okresie życia” 1 obiektu może wystąpić więcej niż 1 awaria. Liczbę awarii określamy na podstawie funkcji odnowy $H(t)$, którą można wyznaczyć znając funkcję niezawodności dla zbioru jednorodnych obiektów. W takich okolicznościach jednostkowe koszty obsługi planowych i napraw awaryjnych wyznaczmy z zależności (7) i (8):

$$k_n(\eta) = \frac{K_n * N}{\eta}, \quad (7)$$

$$k_a(\eta) = \frac{H(\eta) * K_a * N}{\eta}. \quad (8)$$

gdzie $H(\eta)$ jest liczbą awarii 1 obiektu w okresie η . Jednostkowe koszty sumaryczne $k(\eta)$ wyznaczmy z zależności (9), podanej przy założeniu, że liczba rozpatrywanych obiektów $N = 1$

$$k(\eta) = k_n(\eta) + k_a(\eta) = \frac{K_n + H(\eta) * K_a}{\eta}. \quad (9)$$

Graficzne przebiegi funkcji $k_a(\eta)$, $k_n(\eta)$, $k(\eta)$ oraz interpretacja tych przebiegów są takie same jak w punkcie 2.2.1.

Analitycznie η_{opt} i $k(\eta_{opt})$ można określić z zależności (10)

i (11) wychodząc jak poprzednio z założenia, że $\frac{dk(\eta)}{d(\eta)} = 0$. Otrzymamy odpowiednio:

– do wyznaczenia η_{opt}

$$\eta_{opt} * h(\eta_{opt}) - H(\eta_{opt}) = \frac{K_n}{K_a}. \quad (10)$$

– do wyznaczenia $k(\eta_{opt})$

$$k(\eta_{opt}) = h(\eta_{opt}) * K_a. \quad (11)$$

przy czym $h(\eta_{opt}) = \frac{dH(\eta)}{d(\eta)}$ jest funkcją gęstości odnowy.

Szczegóły dotyczące zagadnień niezawodności i teorii odnowienia można znaleźć w [3, 4, 7]. Z zależności (9) wynika, że gdy $\eta \rightarrow \infty$ to $K_n \rightarrow 0$. Praktycznie oznacza to, że nie występuje obsługa (naprawy) planowe, a tylko awaryjne, wykonywane po upływie średniego czasu między awariami, równego t_{sra} . Dla dostatecznie długiego przedziału

czasu t , wielkość t_{sra} obliczymy z zależności: $t_{sra} = \frac{t}{H(t)}$.

W takiej sytuacji $k(\eta)$ dążyć będzie do wartości:

$$k(\eta) \rightarrow K_a * \frac{H(t)}{t} = \frac{K_a}{\frac{t}{H(t)}} = \frac{K_a}{t_{sra}}.$$

2.2.3. Wariant 3.7. Metoda ONT. Obsługiwanie mieszane zbioru różnorodnych obiektów użytkowanych łącznie

Przypadek ten odpowiada sytuacji użytkowania, np. lokomotywy będącej zbiorem różnorodnych zespołów, podzespołów i części, które muszą być użytkowane łącznie, gdyż wynika to z istoty konstrukcji lokomotywy.

Obsługiwanie mieszane polega na obsłudze (naprawie) po zaistnieniu awarii (obsługiwanie poawaryjne) pojedynczego uszkodzonego elementu zbioru (składnika obiektu) w chwili $t < \eta$ i obsłudze wszystkich elementów (składników) zbioru w terminie η , niezależnie od wykonywanych w przeszłości obsług poawaryjnych. Taki sposób postępowania jest charakterystyczny dla stosowanego obecnie systemu planowo – zapobiegawczych remontów – pwr. Sposób wyznaczania η_{opt} i $k(\eta_{opt})$ dla takiego przypadku przedstawiono przy następujących założeniach wyjściowych:

- 1) Każdy składnik obiektu (zespół, podzespół, część) charakteryzuje się odrębną funkcją niezawodności $R_i(t)$. Liczbę odnów określa się oddzielnie dla każdego składnika – wystąpią różne funkcje odnowy $H_i(t)$ i funkcje niezawodności $R_i(t)$.
- 2) Koszty awarii K_{ai} będą różne dla każdego składnika obiektu i będą zawierać składnik uwzględniający straty powstające na skutek wyłączenia z użytkowania całego obiektu w wyniku uszkodzenia jego jednego składnika oraz straty będące konsekwencją uszkodzenia otoczenia pojazdu.
- 3) Koszty planowych obsług (napraw) K_{ni} poszczególnych składników obiektu będą różne.
- 4) Wystąpi jedno η_{opt} dla obiektu jako całości, co wynika z istoty metody. Koszty jednostkowe, dla $N = 1$, określimy z zależności:

$$k_{ai}(\eta) = \frac{H_i(\eta) * K_{ai}}{\eta}, \quad (12)$$

$$k_{ni}(\eta) = \frac{K_{ni}}{\eta} \quad (13)$$

dla jednego i -tego składnika obiektu. Dla zbioru „z” (np. dla 1 lokomotywy) składającego się z „n” składników otrzymamy:

$$k_{az} = \sum_{i=1}^n \frac{H_i(\eta) * K_{ai}}{\eta}, \quad (14)$$

$$k_{nz} = \sum_{i=1}^n \frac{K_{ni}}{\eta}, \quad (15)$$

$$k_z(\eta) = k_{az}(\eta) + k_{nz}(\eta) = \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^n [H_i(\eta) * K_{ai} + K_{ni}]. \quad (16)$$

Interpretacja graficzna przebiegu funkcji $k_{az}(\eta)$, $k_{nz}(\eta)$ i $k_z(\eta)$ jest taka jak w poprzednich przypadkach. Analitycznie wielkości η_{opt} i $k(\eta_{opt})$ dla obiektu jako całości (zbioru elementów) określamy z zależności:

$$\eta_{opt} \sum_{i=1}^n h_i(\eta_{opt}) K_{ai} - \sum_{i=1}^n H_i(\eta_{opt}) K_{ai} = \sum_{i=1}^n K_{ni}, \quad (17)$$

$$k_z(\eta_{opt}) = \sum_{i=1}^n h_i(\eta_{opt}) K_{ai}. \quad (18)$$

2.2.4. Niektóre inne warianty metod obsługi, przedstawione w tablicy 1

2.2.4.1. Wariant 3.1. Metoda OPT. Obsługiwanie niezależne zbioru różnorodnych obiektów użytkowanych łącznie

Pod pojęciem obiektów rozumie się tu (podobnie jak w punkcie 2.2.3) różnorodne zespoły, podzespoły i części – składniki, np. lokomotywy, które muszą być użytkowane łącznie, gdyż wynika to z istoty konstrukcji pojazdu.

Różnica w sposobie postępowania w stosunku do wariantu opisanego w punkcie 2.2.1. (wariant 1.1.) polega na tym, że elementy składowe są różne. Zamiast kosztami K_a i K_n operować będziemy kosztami K_a i K_n , które uwzględniają straty powstające w wyniku wyłączenia całego obiektu z użytkowania na okres obsługi (naprawy) jego jednego elementu składowego.

Wielkość $\eta_{i, opt}$ i $k_i(\eta_{i, opt})$ należy obliczyć dla każdego elementu składowego oddzielnie (niezależna naprawa składników obiektu). Każdy składnik wywoła odrębne jednostkowe koszty sumaryczne $k(\eta)$, które łącznie złożą się na jednostkowe koszty sumaryczne obiektu jako całości.

Metoda liczenia jest taka jak w punkcie 2.2.1. Do porównania tego wariantu z pozostałymi należy obliczyć jednostkowy koszt sumaryczny dla zbioru „n” składników pojazdu (obektu) według wzoru:

$$k_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n k_i(\eta_{i, opt}). \quad (19)$$

2.2.4.2. Wariant 3.4. Metoda ONT. Obsługiwanie niezależne zbioru różnorodnych obiektów użytkowanych łącznie

W tym przypadku każdy składnik ma swoje odrębne $\eta_{i, opt}$ i $k_i(\eta_{i, opt})$. Dla obiektu składającego się z n składników obliczamy:

$$k_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n k_i(\eta_{i, opt}). \quad (20)$$

przy czym $\eta_{i, opt}$ i $k_i(\eta_{i, opt})$ liczymy tak jak to podano w punkcie 2.2.2. (wariant 1.2) – wzory (10) i (11).

Na podstawie opisanych metod obsługi, można określić jednostkowe koszty oraz zależności do obliczenia η_{opt} i $k(\eta_{opt})$ dla pozostałych wariantów obsługi, podanych w tablicy 1. Zależności te zostały szczegółowo omówione w publikacji [7]. Praktycznie, wyboru wariantu obsługi obiektów o określonych właściwościach i sposobie użytkowania, dokonuje się po uprzednim obliczeniu dla wszystkich możliwych wariantów wielkości η_{opt} i $k(\eta_{opt})$. Wybieramy ten wariant postępowania dla którego (η_{opt}) jest najmniejsze. Taki wybór gwarantuje bowiem najniższe jednostkowe koszty obsługi, co obniża koszty własne eksploatacji obiektów.

3. Podsumowanie

Użytkowanie pojazdów szynowych, a także wszelkich innych obiektów technicznych wymaga ich obsługi przez cały okres „życia” tych obiektów. W praktyce bardzo często mamy do czynienia z dużą liczbą złożonych i kosztownych obiektów technicznych. Przykładem mogą być kolejowe pojazdy szynowe, autobusy, pojazdy metro, obrabiarki, samoloty, statki i inne. Wszystkie te obiekty charakteryzują się tym, że są złożone i kosztowne oraz silnie wpływają na funkcjonowanie gospodarki narodowej, często na bezpieczeństwo kraju oraz na warunki życia społeczeństwa.

Ponieważ procesy obsługi są kosztowne, pracochłonne i wymagają specjalistycznego i kosztownego zaplecza technicznego, istotną z ekonomicznego punktu widzenia jest sprawa wyboru metody obsługi użytkowanych obiektów. Omówiono to w artykule. Wybór metody obsługi wymaga jednak uprzednich badań w zakresie niezawodności obsługiwanych obiektów oraz gromadzenia danych statystycznych dotyczących kosztów obsługi, kosztów użytkowania zależnych od stanu technicznego obiektu użytkowanego, kosztów i konsekwencji awarii obiektów oraz kosztów ponoszonych przez właściciela obiektu na skutek wyłączenia obiektu z użytkowania na czas obsługi.

Dane o kosztach muszą być przy tym bieżąco aktualizowane. Są to kłopotliwe i kosztowne działania, ale nieodzowne do stworzenia racjonalnej ekonomicznie metody obsługi oraz dla właściwego ukształtowania zaplecza technicznego obsługi. Sprowadza się to do stworzenia całego systemu obsługi dopasowanego i zsyn-

chronizowanego w działaniu z systemem użytkowania obiektów czyli systemu eksploatacji obiektów technicznych. Takie systemowe podejście do rozwiązywania problemów obsługi jest trudne i kosztowne, ale w konsekwencji korzystne dla wszystkich gałęzi gospodarki i dla społeczeństwa.

Bibliografia

1. Hall A.D.: *Podstawy techniki systemów*. PWN, Warszawa 1968.
2. *Instrukcja ramowa w sprawie systemu planowo zapobiegawczych remontów*. Załącznik do zarządzenia PKPG Nr 214 z 6.10.1951.
3. Kiliński A.: *Przemysłowe procesy realizacji*. WNT, Warszawa, 1976.
4. Koźniewska I., Włodarczyk M.: *Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi*. PWN, Warszawa, 1978.
5. Moczarski M.: *Podejście systemowe przy rozwiązywaniu problemów obsługi obiektów technicznych*. Problemy Kolejnictwa, Zeszyt 149, Warszawa 2009.
6. Moczarski M.: *Użytkowanie pojazdów jako czynnik stymulujący działalność obsługową*. Problemy Kolejnictwa, Zeszyt 157, Warszawa 2012.
7. Moczarski M.: *Podstawy organizacji i techniki obsługi pojazdów szynowych*. WPW, Warszawa, 1986.
8. *Ogólna teoria systemów*. Praca zbiorowa pod redakcją G.J. Klira. WNT, Warszawa, 1976.
9. Polska Norma PN- 22/N – 04001. *Eksploatacja obiektów technicznych. Terminologia ogólna*.