

PODATNOŚĆ OBSŁUGOWA POJAZDÓW SZYNOWYCH — ISTOTA, ZNACZENIE, METODY OCENIANIA

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Niektóre terminy i określenia
3. Właściwości pojazdu wpływające na podatność obsługową i czynniki wpływające na możliwość uzyskania korzyści z podatności obsługowej
4. Kryteria i miary oceny podatności obsługowej
5. Ogólne wytyczne badania i oceniania podatności obsługowej. Algorytm postępowania
6. Podsumowanie i wnioski

STRESZCZENIE

W artykule omówiono istotę podatności obsługowej, przedstawiono niektóre terminy, określenia oraz ich interpretację; podano czynniki wpływające na podatność obsługową oraz konsekwencje tej właściwości występujące w procesie normalnej eksploatacji. Przedstawiono kryteria i miary oceny podatności obsługowej, a w tym: rodzaje, sposób obliczania i interpretację wskaźników, które tę właściwość charakteryzują. Omówiono sposób badania podatności, podano algorytm postępowania podczas oceny podatności oraz podano wnioski i zalecenia dotyczące projektowania pojazdów w sposób umożliwiający uzyskanie wysokiej podatności obsługowej.

1. WSTĘP

Podatność obsługowa pojazdów (i wszystkich innych eksploatowanych obiektów technicznych) wpływa na czas trwania oraz pracochłonność obsługiwanego, a przez to na koszty obsługiwanego. Rozpatrywana — w skali systemu eksploatacji — podatność obsługowa wpływa na koszty eksploatacji oraz na niezawodność systemu eksploatacji poprzez współczynnik gotowości eksploatowanych pojazdów, który zależy w pewnym

stopniu od podatności obsługowej. W przypadku dużej liczby eksploatowanych pojazdów, tak jak to występuje na kolei, długi czas trwania obsługi, wywołany niską podatnością obsługową pojazdów, wywołuje konieczność posiadania znacznej i kosztownej rezerwy pojazdów, niezbędnej do realizacji założonych zadań przewozowych. Rezerwowe pojazdy też są objęte kosztownym obsługiwaniem. Świadomość znaczenia podatności obsługowej skłania do jej programowania, kontrolowania i oceniania.

2. NIEKTÓRE TERMINY I OKREŚLENIA

Aby uniknąć wieloznaczności sformułowań i interpretacji przedstawiono poniżej niektóre terminy i określenia.

Obsługiwanie pojazdów

Działania przygotowujące pojazd do użytkowania (np. zasilanie paliwem), zmniejszające prędkość utraty właściwości użytkowych (przeгляд, konserwacja, regulacja, smarowanie) oraz przywracające utracone właściwości użytkowe (naprawa, tzn. wymiana bądź regeneracja elementów) [10].

Podatność obsługowa

Właściwość pojazdu wynikająca z cech jego rozwiązania konstrukcyjnego i technologicznego, charakteryzująca jego przystosowanie do wykrywania i usuwania niesprawności oraz zapobiegania im w najkrótszym czasie i w sposób najbardziej ekonomiczny w określonych warunkach użytkowania i obsługi [10].

Specyficzne rodzaje podatności obsługowej pojazdów

Zalicza się do nich: podatność na zaopatrywanie (zasilanie), podatność na oczyszczanie, na diagnozowanie, kontrolę stanu, lokalizację niesprawności, podatność na demontaż i montaż, podatność na wymianę elementów, podatność na regenerację elementów, podatność na pomiary i regulację po montażu, podatność na kontrolę po obsługiwaniu [10]. Warto przy tym przedstawić pojęcia i określenia dotyczące podatności, podane w poradniku [14] (głównie oparte na niemieckiej normie VDJ 2246), dostosowane do potrzeb praktyki. Są one następujące:

- 1) podatność na konserwację i remont — zbiór właściwości obiektu mających wpływ na przeprowadzenie konserwacji i remontów przy minimalnych nakładach (pojęcie remont jest traktowane jako synonim pojęcia naprawa);
- 2) podatność montażowa i demontażowa — łatwość wymiany elementów obiektu; istotny wpływ ma tu możliwość rozłączania części, będąca konsekwencją racjonalnego rozplanowania elementów mocujących i łączących oraz niewielkiej liczby połączeń trwałych;
- 3) podatność na wymianę, inaczej — wymienialność części obiektu pochodzących od różnych producentów i charakteryzujących się różnymi oznaczeniami;

- 4) podatność opróżniania — właściwość umożliwiająca usunięcie z zamkniętych objętości cieczy eksploatacyjnych, zawartych w nich substancji (np. osadów, zanieczyszczeń);
- 5) wykrywalność — łatwość wykrywania błędów i uszkodzeń, umożliwiająca szybkie ustalenie niedopuszczalnych odchyłeń cech;
- 6) identyfikowalność — inaczej: podatność identyfikacyjna, umożliwiająca jednoznaczne ustalenie cech charakterystycznych, kondycji, funkcji oraz pochodzenia danego wyrobu;
- 7) podatność nastawcza — łatwość ustawiania i regulacji zmiennych wielkości odniesień;
- 8) podatność na obluzowywanie elementów mocujących i łączących, określająca odporność na luzowanie się elementów złącznych w procesie użytkowania obiektów;
- 9) podatność na napełnianie — łatwość uzupełniania czynników roboczych w obiekcie;
- 10) podatność kontrolna — łatwość przeprowadzania kontroli w określonych warunkach i za pomocą określonych środków;
- 11) podatność na oczyszczanie charakteryzuje przystosowanie obiektu do usuwania zanieczyszczeń powstających w procesie użytkowania i przechowywania, z użyciem dostępnych narzędzi i środków oraz odporność obiektu na działanie tych środków;
- 12) smarność — łatwość rozprowadzania materiałów smarnych, zgodnie z zapotrzebowaniem;
- 13) dostępność — czyli możliwość dotarcia do elementów konstrukcyjnych obiektów w celu ich kontroli lub wymiany;
- 14) podatność diagnostyczna — właściwość charakteryzująca przystosowanie obiektów do realizacji procesu diagnostycznego; wpływa na szybkość wykonania diagnozy, łatwość jej prowadzenia, zakres, koszt i wiarygodność.

N a p r a w i a l n o ś ć

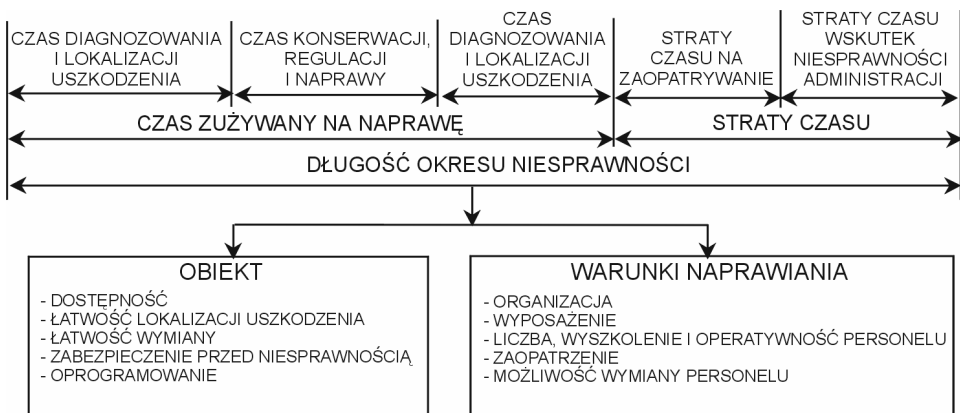
W wielu źródłach operuje się pojęciem „naprawialność”, którą można traktować jako synonim pojęcia „podatność naprawcza” czy podatność obsługowa lub obsługiwalność [12, 13]. *A. Kiliński* [5] definiuje poprawialność jako przysposobienie obiektu do przywracania mu sprawności. Według nieaktualnej już Polskiej Normy [11] poprawialność jest to właściwość obiektu charakteryzująca jego przystosowanie do wykonywania napraw w określonych warunkach eksploatacji, z wykorzystaniem ustalonych metod i środków. Według aktualnie obowiązujących Polskich Norm [12] i [13] obsługiwalność, podatność na obsługę jest to zdolność obiektu do utrzymywania lub odtwarzania w danych warunkach eksploatacji stanu, w którym może on wypełniać wymagane funkcje, przy założeniu, że obsługa jest przeprowadzana w ustalonych warunkach, z zachowaniem ustalonych procedur i środków. Według opracowania [15] poprawialność obiektu jest to przystosowanie obiektu do zapobiegania i wykrywania przyczyn jego uszkodzeń i usterek oraz usuwania ich następstw przez wykonywanie napraw bieżących i profilaktykę.

P r o g r a m o w a n i e p o d a t n o ś c i o b s ł u g o w e j

Programowaniem podatności obsługowej nazywa się zbiór działań umożliwiających nadanie pojazdowi i jego otoczeniu cech ułatwiających obsługiwanie pojazdu w możliwie największym stopniu. Występują tu działania na samym pojeździe i działania na pewnych elementach otoczenia pojazdu [7]. Są to działania realizowane podczas:

- projektowania pojazdu,
- projektowania techniki i organizacji obsługi pojazdu o ukształtowanej podatności obsługowej.

Ten drugi rodzaj działań jest niezbędny, bowiem ich brak może spowodować, że podatność nadana pojazdowi w procesie projektowania nie będzie mogła w praktyce być wykorzystana. Zwraca na to uwagę *A. Kiliński* [5] podając czynniki decydujące o wielkości okresu niesprawności, tj. okresu trwania obsługi (rys. 1).



Rys. 1. Czynniki wpływające na wielkość okresu niesprawności [5]

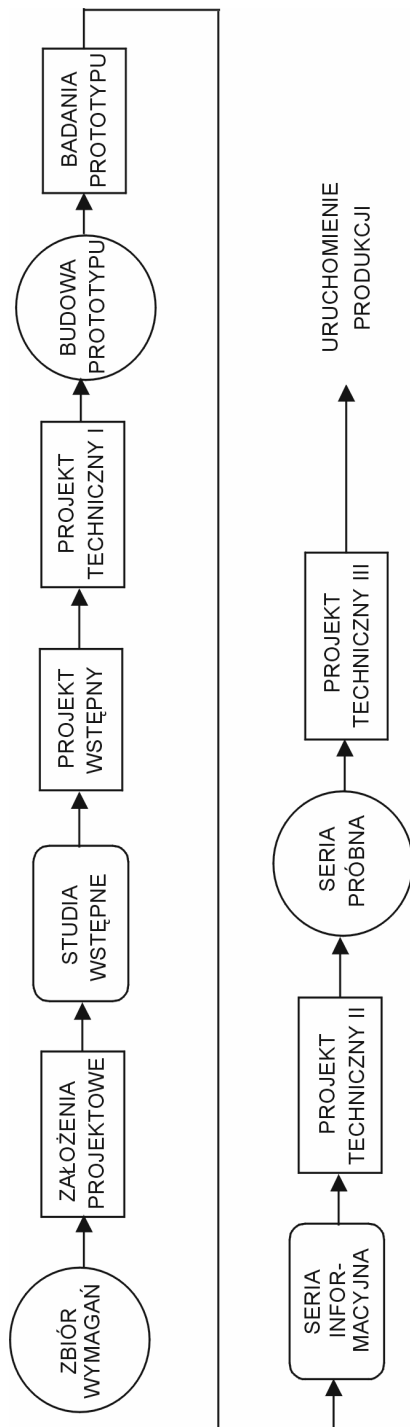
Można mówić o fazach programowania, będących w istocie etapami coraz bardziej precyzyjnego opracowywania rozwiązania, w miarę pogłębiania prac konstrukcyjnych i technologicznych nad budową nowego pojazdu. Na rysunku 2 podano model procesu opracowywania konstrukcji, a na rysunku 3 — model procesu technologicznego przygotowania produkcji [5]. Z rysunków tych wynikają fazy programowania podatności obsługowej. Na rysunku 4 przedstawiono (według opracowania [10]) model procesu przygotowania obsługi pojazdu, uwzględniającego fazy programowania podatności obsługowej.

Wskaźniki charakteryzujące podatność obsługową

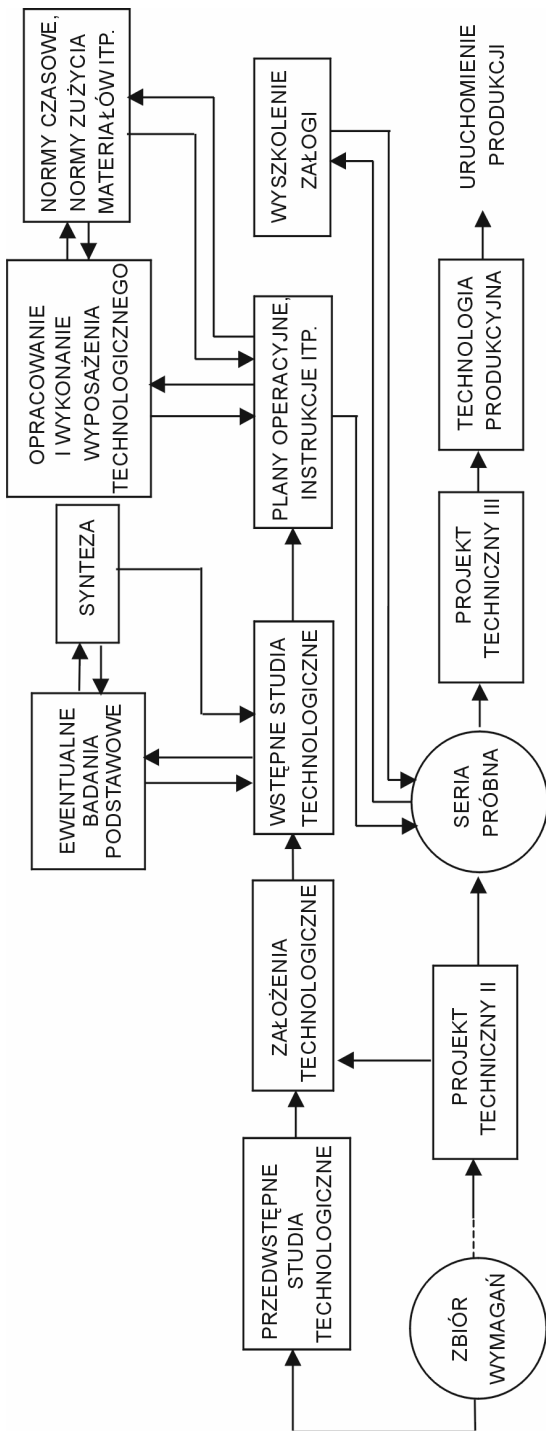
Podatność obsługową można charakteryzować za pomocą wskaźników. W cytowanej literaturze zalicza się do nich najczęściej:

- prawdopodobieństwo przywrócenia obiektowi sprawności w okresie $(0, \tau)$, mierzonym czasem lub ilością wykonanej pracy, albo też prawdopodobieństwo nie przekroczenia kosztów przywracania sprawności,
- średnią pracochłonność obsługi,
- średni czas postoju w obsłudze,
- średni koszt obsługi,
- współczynnik gotowości technicznej obiektu.

Bywają też stosowane wskaźniki dodatkowe.

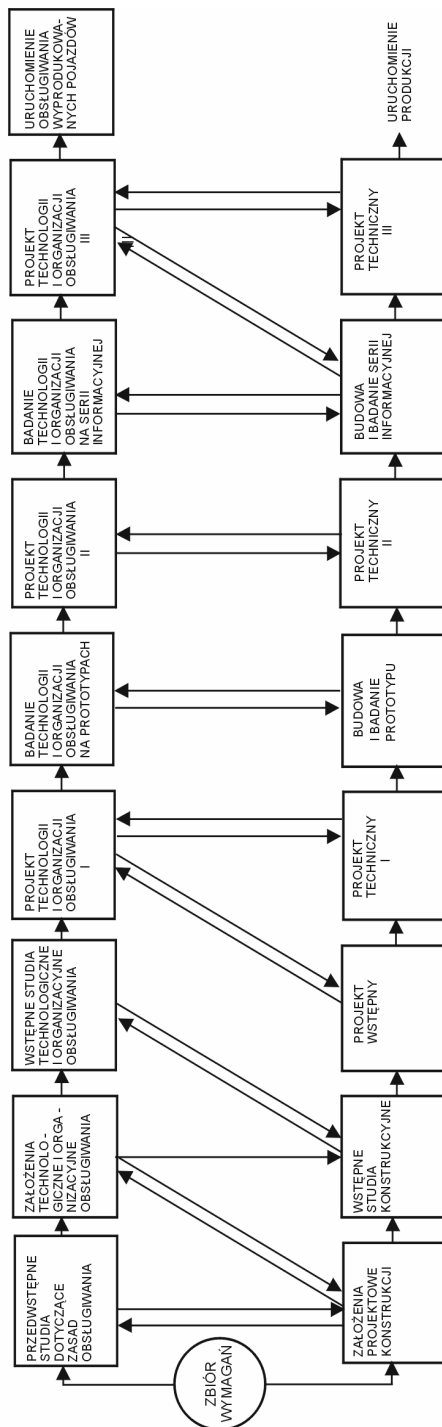


Rys. 2. Model procesu opracowywania konstrukcji [5]



Rys. 3. Model procesu technologicznego przygotowania produkcji [5]

OPRACOWANIE OBSŁUGIWANIA POJAZDU



OPRACOWANIE KONSTRUKCJI POJAZDU

Rys. 4. Model procesu przygotowania obsługiwanego pojazdu [10]

3. WŁAŚCIWOŚCI POJAZDU WPLYWAJĄCE NA PODATNOŚĆ OBSŁUGOWĄ I CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA MOŻLIWOŚĆ UZYSKANIA KORZYŚCI Z PODATNOŚCI OBSŁUGOWEJ

Można wyróżnić dwie grupy właściwości i czynników:

- 1) wpływające bezpośrednio i wynikające z fizycznych właściwości pojazdów („tkwiące” w pojeździe);
- 2) wpływające pośrednio i wynikające nie tylko z właściwości pojazdów, ale wymuszone niejako przez pojazd na otoczeniu i zmieniające to otoczenie według „potrzeb” pojazdu.

Właściwości i czynniki „tkwiące” w pojeździe przedstawiono (na podstawie [10]) w tablicy 1, w której pokazano też relacje między właściwościami pojazdu a podatnością obsługową oraz podano ważniejsze wskaźniki, na które wpływają „wrodzone” właściwości pojazdów.

Do czynników wynikających z wymuszanych przez pojazd właściwości jego otoczenia (głównie systemu eksploatacji) można zaliczyć:

- 1) przyjęty system obsługiwanian, wpływający na częstość i zakres obsługiwanian,
- 2) warunki obsługiwanian, obejmujące: organizację, technologię, wyposażenie i kwalifikacje pracowników, wpływające na pracochłonność i czas trwania obsługiwanian, a przez to i na koszty.

Wpływ czynników otoczenia na możliwość uzyskania korzyści z podatności obsługowej wyjaśnić można następująco. Podatność obsługowa powinna być rozpatrywana w dwóch aspektach: fizycznym, tj. zgodnie z definicją, jako fizyczna właściwość pojazdu sprzyjająca jego obsługiwanianiu, i ekonomicznym. Ten drugi aspekt wymaga omówienia. Otóż konsekwencje dobrej fizycznej podatności obsługowej pojazdu są natury ekonomicznej. Ale w praktyce nie wystarczy, aby pojazd miał odpowiednie cechy fizyczne; muszą być jeszcze stworzone warunki, umożliwiające wykorzystanie tych cech, a przez to — osiągnięcie celu, którym jest zmniejszenie kosztów eksploatacji poprzez zmniejszenie kosztów obsługiwanian. Jeżeli takie warunki nie zostaną stworzone, to właściwości fizyczne pojazdu, kształtujące jego wysoką podatność, nie przyniosą korzyści właścicielowi pojazdu. Stąd konieczność właściwego ukształtowania otoczenia bądź dostosowania pojazdu do specyfiki otoczenia, co sygnalizuje *A. Kiliński* na rysunku 1. Posłużymy się następującym przykładem. Pojazd ma w sposób właściwy ukształtowaną podatność obsługową. Jeżeli jednak częstość obsługiwanian (wynikająca z obowiązujących przepisów) będzie zbyt mała, to może wystąpić bardzo duży stopień zużycia (np. ściernego czy korozyjnego), który uniemożliwi wykorzystanie właściwości ułatwiających demontaż bądź zupełnie uniemożliwi demontaż nieniszczący. Podatność demontażowa „tkwiąca” w pojeździe, której stworzenie wymagało poniesienia nakładów finansowych, zostanie niewykorzystana. W takiej sytuacji trzeba będzie albo zwiększyć częstość obsługiwanian, albo dodatkowo zabezpieczyć elementy przed zużyciem, aby właściwie ukształtowana podatność mogła być wykorzystana. Jeżeli częstość wykonywania obsługiwanian będzie zbyt duża w stosunku do wymagań niezawodnościowych, „wrodzona” podatność obsługowa pojazdu zostanie wykorzystana i przyniesie efekty ekonomiczne, ale „zginą” one w ogólnej masie strat, jakie powstaną na skutek zbyt częstego wyłączenia pojazdu do przeglądów i napraw, pogarszającego współczynnik gotowości pojazdu i zwiększającego potrzebną rezerwę pojazdów ze względu na zakładane do wykonania zadania przewozone.

| Lp. | Charakterystyka „wrodzonych” właściwości pojazdu | Wpływ „wrodzonych” właściwości pojazdu na działalność obsługową poprzez: | Ważniejsze wskaźniki, na które wpływają „wrodzone” właściwości pojazdu |
|-----|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Stopień asymilacji, tj. racjonalnego wykorzystania już wcześniej opracowanych i sprawdzonych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych [5] | Zmniejszenie ryzyka popełnienia błędów w zakresie podatności obsługowej podczas projektowania | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługiwanie • Pracochłonność obsługiwanie • Czas trwania obsługiwanie |
| | | Możliwość korzystania z istniejących technologii, organizacji i wyposażenia technicznego w obsłudze | • Koszty przygotowania obsługiwanie |
| | | Ułatwienie działalności logistycznej w obsłudze, m.in. przez stosowanie elementów znormalizowanych, zunifikowanych i typowych | • Koszty obsługiwanie |
| 2. | Stopień symplifikacji, tj. uproszczenia struktury pojazdu [5] | Zmniejszenie liczby składników pojazdu i liczby złożonych relacji między składnikami pojazdu i między ich właściwościami, a przez to ułatwienie demontażu, montażu, regulacji, pomiarów, badań diagnostycznych i oceny stanu technicznego | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługiwanie • Pracochłonność obsługiwanie • Czas trwania obsługiwanie • Koszty przygotowania techniczno-organizacyjnego obsługiwanie |
| | | Uproszczenie konstrukcji wyposażenia technicznego stosowanego w obsłudze | • Koszty przygotowania obsługiwanie |
| | | W przypadku dużej liczby jednakowych składników — konsekwencje jak wyżej | Jak wyżej |
| 3. | Stopień adekwatyzacji, tj. ograniczenia do niezbędnego minimum wymogów dokładności [5] | Ograniczenie liczby złożonych, a więc czasochłonnych i kosztownych operacji technologicznych regenerowania, uproszczenie regulacji, pomiarów, montażu. | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługiwanie • Pracochłonność obsługiwanie • Czas trwania obsługiwanie |
| | | Uproszczenie konstrukcji wyposażenia technicznego stosowanego w obsłudze | • Koszty przygotowania obsługiwanie |
| | | Możliwość zatrudnienia pracowników o niższych kwalifikacjach | • Koszty obsługiwanie |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|---|---|
| 4. | Rodzaje materiałów zastosowanych do budowy pojazdu | Częstość wykonywania zabiegów obsługowych. | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Czas trwania obsługi (skumulowany) |
| | | Technologię regeneracji elementów pojazdu oraz możliwość regeneracji w ogóle | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Jakość obsługi |
| | | Warunki usuwania zanieczyszczeń z powierzchni elementów podczas obsługi, będące konsekwencją przyczepności zanieczyszczeń do powierzchni materiałów. | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Czas trwania obsługi • Jakość obsługi |
| 5. | Zróżnicowanie materiałów zastosowanych do budowy pojazdu i jego zespołów i podzespołów | Technologię regeneracji, a w tym stosowane wyposażenie techniczne | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty techniczno-organizacyjnego przygotowania regeneracji (obsługi) • Koszty regeneracji (obsługi) |
| | | Technologię oczyszczania zespołów i podzespołów wykonanych z różnorodnych materiałów | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty techniczno-organizacyjnego przygotowania oczyszczania • Koszty oczyszczania |
| | | Technologię zabezpieczenia przed korozją stykających się elementów, wykonanych z różnych materiałów | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi |
| | | Utrudnienie działalności logistycznej w obsłudze w przypadku dużej różnorodności materiałów | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi |
| 6. | Stopień normalizacji, unifikacji i typizacji półfabrykatów stosowanych do wykonania elementów pojazdu | Możliwość zaopatrywania się w masowo produkowane półfabrykaty zamiast wykonywania ich we własnym zakresie | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Uproszczenie procesów logistycznych |
| | | Wielkość asortymentu zapasów materiałów i półfabrykatów w magazynach | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Uproszczenie procesów logistycznych |
| 7. | Technologia wytwarzania elementów pojazdów (np. odlewy, odkuwki, wypraski, konstrukcje spawane, klejone) | Konieczność kupowania półfabrykatów o złożonej technologii wytwarzania u ich producentów; nieopłacalność ich wytwarzania we własnym zakresie w małych seriach | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Organizacja procesów logistycznych |
| | | Technologię napraw zużytych, bądź uszkodzonych elementów pojazdu | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|--|--|
| 8. | Kształt i położenie składników w obrębie pojazdu | Dostęp wzroku, rąk, narzędzi, przyrządów i urządzeń do miejsc obsługiwanych | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi |
| Łatwość dobrego zabezpieczenia przed korozją | | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi | |
| Łatwość i skuteczność czyszczenia | | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi | |
| Łatwość badań diagnostycznych, pomiarów, kontroli i regulacji | | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi | |
| Warunki pracy pracowników podczas obsługi | | <ul style="list-style-type: none"> • Wydajność pracy • Jakość obsługi | |
| 9. | Stopień niezależności i spójności konstrukcyjnej składników (zespołów i podzespołów) pojazdu | W przypadku wysokiego stopnia spójności — silne uzależnienie prac demontażowo-montażowych, pomiarowych, regulacyjnych, a także tempa zużywania się, między poszczególnymi zespołami i podzespołami | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi |
| | | W przypadku wysokiego stopnia niezależności (konstrukcja modułowa) — sytuacja przeciwna do wyżej podanej | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi |
| 10. | Przystosowanie pojazdu do uzyskiwania informacji o jego stanie | Łatwość lokalizacji niesprawności oraz wykrywania błędów popełnionych podczas obsługi | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi |
| Łatwość przeprowadzania kontroli stanu źródeł energii i ilości płynów eksploatacyjnych w pojeździe | | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi | |
| Łatwość przeprowadzania badań diagnostycznych, pomiarów, prób zespołów i podzespołów oraz pojazdu jako całości w celu określenia ich stanu technicznego po obsłudze. | | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Pracochłonność obsługi • Czas trwania obsługi | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--|--|--|
| 11. | Dostosowanie do specyficznych wymagań procesu obsługi (i wytwarzania) | Występowanie baz pomiarowych i obróbkowych, niezbędnych do przeprowadzenia obsługi (pomiarów określających stan techniczny, obróbki regenerowanych powierzchni itp.) | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Prędkość obsługi • Czas trwania obsługi • Jakość obsługi |
| | | Zamienność części, zespołów i zespołów | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Prędkość obsługi • Czas trwania obsługi |
| | | Uzupełnianie lub wymiana olejów, smarów, płynów eksploatacyjnych w sposób częściowo lub całkowicie zautomatyzowany | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Prędkość obsługi • Czas trwania obsługi |
| 12. | Właściwości pojazdu uzyskiwane w wyniku stosowania mało rozpowszechnionych w danym czasie procesów technologicznych wytwarzania i materiałów | Technologię napraw zużytych bądź uszkodzonych elementów pojazdu | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi |
| | | Utrudnienie bądź uniemożliwienie regeneracji. | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Prędkość obsługi • Czas trwania obsługi |
| | | Konieczność kupowania elementów u wytwórców, często monopolistów | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Prędkość obsługi • Czas trwania obsługi |
| 13. | Sposób łączenia i rozłączania składników pojazdu | Dostęp do elementów mocujących i łączących, możliwość ich szybkiego i nieniszczącego odkręcania i usuwania oraz możliwość zmechanizowania tych prac; nie występowanie połączeń trwałych w naprawialnych elementach pojazdu | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługi • Prędkość obsługi • Czas trwania obsługi • Możliwość ponownego użycia elementów złącznych. • Większa wydajność pracy |
| | | Mała podatność na obluźywanie się elementów mocujących i łączących podczas użytkowania pojazdu | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty eksploatacji • Zmniejszenie prawdopodobieństwa uszkodzenia pojazdu lub jego elementów składowych |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--|--|--|
| 14. | Zabezpieczenie pojazdu przed szkodliwym oddziaływaniem otoczenia zewnętrznego (czynniki zewnętrzne) i wewnętrznego (czynniki robocze) | Częstość i zakres obsługiwanego, które są tym mniejsze, im bardziej pojazd jest odporny na oddziaływanie otoczenia. | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty skumulowane obsługiwanego • Skumulowany czas trwania obsługiwanego |
| | | Zużycie materiałów i części zamiennych w naprawach, tym mniejsze im bardziej pojazd jest odporny na oddziaływanie otoczenia | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługiwanego |
| | | Zdolność produkcyjną zakładu obsługowego malejącą ze wzrostem odporności pojazdów na oddziaływanie otoczenia | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługiwanego na skutek mniejszego zatrudnienia i mniejszych odpisów amortyzacyjnych od maszyn, urządzeń, budynków i instalacji |
| | | Liczbę napraw awaryjnych, malejącą ze wzrostem odporności pojazdów na oddziaływanie otoczenia | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty skumulowane obsługiwanego • Skumulowany czas trwania obsługiwanego |
| | | Rozległość i zakres awarii w obrębie jednego pojazdu i oddziaływanie awarii pojazdu na jego otoczenie, a w tym na ludzi | <ul style="list-style-type: none"> • Koszty obsługiwanego • Koszty odpowiedzialności cywilnej właściciela pojazdu |
| 15. | Możliwość „manipulowania” pojazdem i jego elementami składowymi w procesie obsługiwanego (i wytwarzania), np. podnoszenie, opuszczanie, obracanie, mocowanie, ustalanie położenia. Możliwość stosowania podczas obsługiwanego (i wytwarzania) manipulatorów i urządzeń mechanizujących pracę | Warunki pracy rzemieślników podczas obsługiwanego oraz warunki wykonywania operacji technologicznych (np. pomiary, regulacje, spawanie w pozycji podolnej) | <ul style="list-style-type: none"> • Wydajność pracy • Jakość obsługiwanego • Wielkość zatrudnienia |
| | | Dostęp do naprawianych miejsc, zwłaszcza ciasno „zabudowanych”, podczas wykonywania operacji obsługowych | <ul style="list-style-type: none"> • Wydajność pracy • Jakość obsługiwanego |
| | | Możliwość przemieszczania elementów pojazdu i całości pojazdu ze stanowiska na stanowisko w sposób zmechanizowany i nie na „własnych kołach” | <ul style="list-style-type: none"> • Wydajność pracy • Czas trwania obsługiwanego |
| | | Możliwość wprowadzania urządzeń mechanizujących pracę, do wnętrza pojazdu | <ul style="list-style-type: none"> • Wydajność pracy • Czas trwania obsługiwanego |

Inny przykład. Jeżeli do cech pojazdu kształtujących jego podatność obsługową nie dostosujemy wyposażenia stosowanego w obsłudze bądź organizacji pracy, to efektów które mogą być konsekwencją właściwości podatności obsługowej „tkwiącej” w pojeździe nie uzyskamy. Wszystko to oznacza, że rozpatrując i kształtując podatność obsługową pojazdów (i nie tylko) należy sprawę rozwiązywać kompleksowo, kształtując we właściwy sposób cechy otoczenia, gdyż w przeciwnym razie nie uzyskamy zamierzonych efektów bądź będą one dużo mniejsze od możliwych do osiągnięcia.

4. KRYTERIA I MIARY OCENY PODATNOŚCI OBSŁUGOWEJ

4.1. Kryteria oceny podatności obsługowej

Ocenianie podatności obsługowej pojazdu jest w istocie działaniem z zakresu oceniania jakości. Z tego powodu należy pamiętać o pewnych regułach obowiązujących w tego typu działaniach. Według *A. Kilińskiego* [4] jakość jest właściwością (cechą lub zespołem cech) istotną ze względu na pewne stosunki, oddziaływania, związki, prawidłowości wewnętrzne. Według *R. Seilera* [16] ocena jakości rozwiązania powinna opierać się na następujących założeniach ogólnych:

- 1) jakości rozwiązania nie można ocenić, jeżeli nie ustali się celu, jakiemu ma służyć rozwiązanie; najprostszym miernikiem jakości jest zysk finansowy, jednak rzeczywistą miarą jest stopień, w jakim rozwiązanie umożliwia osiągnięcie postawionego celu;
- 2) przyjęty miernik jakości powinien być zrozumiale zdefiniowany dla podejmującego decyzję;
- 3) przy wykonywaniu oceny trzeba mieć na uwadze wieloletnią perspektywę;
- 4) końcowym celem oceny rozwiązania powinno być uzyskanie danych, które będą służyć jako wytyczne do dalszego postępowania.

Biorąc pod uwagę wymienione wyżej czynniki oraz informacje podane w rozdziałach 2 i 3 można zagadnienie oceniania podatności obsługowej przedstawić następująco. Istotą oceniania podatności obsługowej jest uzyskanie informacji ilościowo i jakościowo charakteryzujących tę właściwość pojazdu. Dla uzyskania oceny stosuje się wskaźniki; dodatkowo podaje się informacje charakteryzujące okoliczności, w jakich oceniano podatność oraz opis i interpretację wskaźników.

Ponieważ ocenę podatności wykonuje się w określonych warunkach otoczenia, procedura oceny powinna umożliwiać sprawdzenie, czy wskaźniki uwzględniają w wystarczającym stopniu oddziaływanie czynników otoczenia. Nie istnieją bezwzględne miary ocenności; podatność można oceniać tylko przez porównanie z innymi rozwiązaniami i z warunkami, jakie narzuca otoczenie.

Aby prowadzić badania i wykonywać ocenę trzeba dysponować kryteriami i miarami oceny. Kryterium jest rozumiane jako zasada wyznaczająca sposób osądzania czegoś pod względem obecności, braku lub stopnia posiadania pewnych cech [6]. Przyjęcie takiej definicji oznacza, że dla wykonania oceny podatności obsługowej jest niezbędne stworzenie reguł postępowania, które będą stanowić podstawę przeprowadzenia oceny. Proponuje się przyjąć wstępnie następujące ogólne reguły oceniania podatności obsługowej; byłyby one skorygowane po przeprowadzeniu wielu praktycznych badań podatności w realnych warunkach eksploatacji.

1. Dla uzyskania miarodajnych wyników badań należy przyjąć liczbę badanych obiektów nie mniejszą niż 30 [15], dla każdej badanej grupy obiektów z określonego przedziału czasu eksploatacji. Wielkości tych przedziałów stopniować co 10 lat.

2. Podczas badania pojazdów prototypowych nie jest możliwe spełnienie wymagań punktu 1. Badanie podatności musi być bowiem prowadzone na obiekcie zużyтым, a procesy zużywania się przebiegają powoli. Dlatego najbardziej miarodajne są badania produkowanych seryjnie i naturalnie eksploatowanych pojazdów. Wyniki takich badań mogą być wykorzystywane do wprowadzania na bieżąco zmian w produkowanych pojazdach i pracach projektowych nad nowymi pojazdami.

3. Badania podatności wykonywane na prototypach umożliwiają wykrycie i usunięcie przed rozpoczęciem produkcji seryjnej „grubych” i wyraźnych błędów w zakresie podatności obsługowej i dlatego także powinny być przeprowadzane.

4. Dostosowanie pojazdu do obsługiwanego przejawia się występowaniem w nim określonych cech. Gdyby istniały normatywy określające miary i zalecany stopień występowania takich cech, ich określenie ilościowe w badanym rozwiązaniu pojazdu byłoby proste. Ponieważ takich normatywów nie ma, więc określanie osiągniętego stopnia podatności należy przeprowadzać drogą porównania badanego rozwiązania z już istniejącym, o takim samym przeznaczeniu i warunkach eksploatacji, z użyciem określonych wskaźników ilościowych.

4.2. Miary oceny podatności obsługowej

Miary oceny to według opracowania [8] specjalne charakterystyki do oceny słuszności i efektów zamierzonych i zrealizowanych decyzji, mające charakter wielkości fizycznych i ekonomicznych. Przyjmują one postać wskaźników, które można podzielić na podstawowe i dodatkowe. Do podstawowych zalicza się:

- prędkość obsługiwaną — P_{ro} ,
- czas trwania obsługiwanego — T_o ,
- koszt obsługiwanego — K_o ,
- funkcję podatności obsługowej — $M(\tau)$,
- prawdopodobieństwo przywrócenia pojazdowi stanu zdadności w zadanym czasie τ — $F(\tau)$.

Wskaźniki dodatkowe umożliwiają scharakteryzowanie szczególnych czynników i okoliczności wpływających na podatność obsługową oraz umożliwiają pełniejszą ocenę uzyskanej podatności obsługowej. Podano je opierając się na pracach [1, 2, 3, 5, 14, 15, 17].

1. Wskaźniki o charakterze ogólnym:

- wskaźnik obsługiwanego — k_o ,
- wskaźnik łatwości usuwania niesprawności — k_u ,
- wskaźnik przystosowania pojazdu do obsługiwanego — W_{Ao} ,
- średni czas przygotowania pojazdu do obsługiwanego — T_{po} oraz wskaźnik przygotowania pojazdu do obsługiwanego — k_{po} ,
- względny wskaźnik prędkości obsługiwanego — P_{To} .

2. Wskaźniki z zakresu diagnostyki:

- wskaźnik oczujnikowania pojazdu — K_{WC} ,
- wskaźnik dostępności miejsc do diagnozowania — K_{Md} ,
- wskaźnik czasowy podatności diagnostycznej — K_t ,
- wskaźnik bezmontażowego diagnozowania — K_{bd} ,

- wskaźnik unifikacji połączeń środków diagnozowania — K_{up} ,
 - średni czas $t_{p\dot{s}r}$ i średnia pracochłonność T_p przygotowania pojazdu do diagnozowania,
 - wskaźnik pracochłonności przygotowania pojazdu do diagnozowania — K_{pd} .
3. Wskaźniki określające wpływ składników pojazdu na podatność obsługową pojazdu jako całości:
- wskaźnik czasu trwania obsługi, ze względu na i -ty zespół pojazdu — T_{oi} ,
 - wskaźnik uszkodzalności pojazdu jako systemu, ze względu na i -ty zespół pojazdu — K_{ai} .
4. Wskaźniki z zakresu wyposażenia technicznego stosowanego w obsłudze:
- wskaźnik wyposażenia technicznego w obsłudze — k_w ,
 - wskaźnik wartości wyposażenia przypadającego na jednego pracownika wykonującego obsługę — k_{w1} .
5. Wskaźniki z zakresu kosztów — wskaźnik relacji kosztów obsługi do kosztów zakupu pojazdu — W_k .
6. Wskaźnik z zakresu ergonomii — wskaźnik wygody pozycji przy obsłudze — k_{wp} .

4.3. Sposoby obliczania wskaźników oraz ich interpretacja

4.3.1. Wskaźniki podstawowe

1. Pracochłonność obsługi P_{ro} i czas trwania obsługi T_o .

Pracochłonność obsługi jest to łączna liczba roboczogodzin i maszynogodzin zużywanych w określonych warunkach na wykonanie prac obsługowych. Pracochłonność określa się sumując czasy pracy wszystkich pracowników zatrudnionych przy obsłudze w okresie jego trwania T_o . Prace obsługowe składają się z operacji. Pracochłonność t jednej operacji określa się jak wyżej. Czas trwania operacji τ jest to czas, jaki upływa od momentu jej rozpoczęcia do zakończenia. Pracochłonność P_{ro} całego procesu obsługi jest sumą pracochłonności zbioru operacji obsługowych:

$$P_{ro} = \sum_{i=1}^m t_i \quad (1)$$

gdzie m jest liczbą operacji składających się na proces obsługi. Jeżeli wszystkie operacje są wykonywane szeregowo, to:

$$T_o = \sum_{i=1}^m \tau_i \quad (2)$$

gdzie τ_i — czas trwania i -tej operacji. Gdy wszystkie operacje wykonywane są równolegle, wówczas:

$$T_o = \max \{ \tau_i \} \quad (3)$$

W praktyce wymienione sposoby wykonywania operacji obsługowych jako jedyne nie występują; operacje wykonywane są w sposób mieszany. Wówczas [8]:

$$T_o = \frac{1}{a_m M_m} + \sum_{i=1}^{m-1} k_i \quad (4)$$

gdzie

- $\frac{1}{a_m M_m}$ — czas trwania ostatniej, m -tej operacji,
- a_m — wydajność jednego pracownika zatrudnionego przy wykonywaniu m -tej operacji,
- M_m — liczba pracowników zatrudnionych przy wykonywaniu m -tej operacji,
- k_i — opóźnienie rozpoczynania operacji następującej w stosunku do poprzedzającej ($i = 1, 2, \dots, m-1$).

Najprościej można określić czas trwania obsługiwanego budując harmonogram oparty na technologii obsługiwanego.

Przy określaniu wskaźników P_{ro} i T_o operuje się ich wartościami średnimi, uzyskanymi w wyniku badania zbioru obiektów i zbioru obsług. Oblicza się tzw. *skumulowane pracochności obsługiwanego rodzaju* (np. przeglądów czy napraw), będące sumami liczonych odrębnie pracochności wszystkich przeglądów czy wszystkich napraw planowych i napraw awaryjnych, jakie mogą wystąpić w rozpatrywanym przedziale czasu.

Średnią pracochność jednego przeglądu $(P_{rop}^{(1)})_{sr}$ (w roboczogodzinach na 1 przegląd) określamy wówczas według wzoru:

$$(P_{rop}^{(1)})_{sr} = \frac{1}{N^{(0)}} \sum_{j=1}^{N^{(0)}} \sum_{i=1}^{n_j^p} P_{ij}^p \quad (5)$$

gdzie:

- P_{ij}^p — pracochność i -tego przeglądu (p^p) na j -tym pojeździe,
- n_j^p — liczba przeglądów (p) wykonanych na j -tym pojeździe,
- $N^{(0)}$ — liczba badanych pojazdów tego samego typu, pracujących i obsługiwanych w tych samych warunkach, przyjęta na początku badań ($t = 0$).

Analogicznie oblicza się średnią pracochność jednej naprawy, przy czym oznaczenia będą następujące:

$$(P_{ron}^{(1)})_{sr}, \quad P_{ij}^n, \quad n_j^n$$

Można powiązać wskaźnik określający średnią pracochłonność z liczbą przejechanych kilometrów — L lub czasem eksploatacji pojazdu — θ . Uwzględnia się wówczas liczbę przeglądów i napraw planowych, jakie w okresie L czy θ wystąpią i jakie wynikają z przyjętego systemu obsługi; uwzględnia się też liczbę napraw awaryjnych, które powstaną w rozpatrywanym okresie. Określimy wówczas następujące wskaźniki:

1) łączna pracochłonność przeglądów w okresie θ :

$$P_{rop}^{(\theta)} = (P_{rop}^{(1)})_{sr} A_{\theta p} \text{ (roboczogodzin)} \quad (6)$$

gdzie $A_{\theta p}$ — liczba przeglądów w okresie θ , wynikająca z przyjętego systemu obsługi;

2) łączna pracochłonność napraw planowych w okresie θ :

$$P_{ronp}^{(\theta)} = (P_{ronp}^{(1)})_{sr} A_{\theta np} \text{ (roboczogodzin)} \quad (7)$$

gdzie n_p — naprawy, jakie występują w liczbie $A_{\theta np}$, w okresie θ ;

3) łączna pracochłonność napraw awaryjnych w okresie θ ;

$$P_{rona}^{(\theta)} = (P_{rona}^{(1)})_{sr} H_{na}(\theta) \text{ (roboczogodzin)} \quad (8)$$

gdzie na — naprawy awaryjne, jakie wystąpią w liczbie $H_{na}(\theta)$, w okresie θ ,

$H_{na}(\theta)$ — funkcja odnowy, określająca liczbę awarii, jakie wystąpią w okresie θ ; można ją obliczyć z zależności:

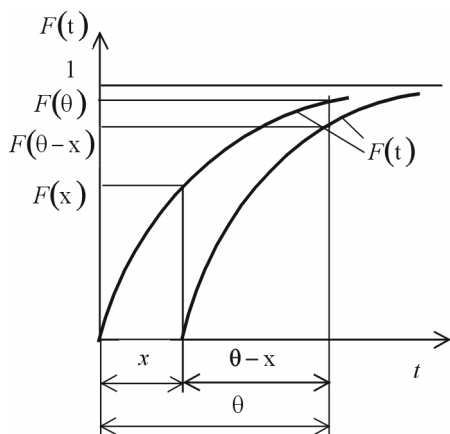
$$H_{na}(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t)$$

gdzie $F_n(t)$ jest dystrybuantą zmiennej losowej (czasu pracy do wystąpienia uszkodzenia), oznaczającą prawdopodobieństwo zdarzenia, że obiekt do czasu θ uszkodzi się n razy.

$H_{na}(\theta)$ dla jednego obiektu możemy też wyliczyć ze wzoru:

$$H_{na}(\theta) = F(\theta) + \int_0^{\theta} H_{na}(\theta - x) dF(x) \quad (9)$$

Sens oznaczeń stosowanych we wzorze (9) wynika z rysunku 5.



Rys. 5.

Jeżeli dysponujemy danymi statystycznymi, określającymi średni czas t_{sr} między uszkodzeniami awaryjnymi, to liczbę napraw awaryjnych $H_{na}(\theta)$ możemy określić z zależności:

$$H_{na}(\theta) = \frac{\theta}{t_{sr}} \quad (10)$$

Zależnością tą można się posługiwać w przypadku dużych (rzędu 10 lat) wartości θ . Jeżeli znamy matematyczną postać funkcji niezawodności $R(t)$ obiektu, to t_{sr} obliczymy z zależności:

$$t_{sr} = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (11)$$

Jeżeli pracochłonność odniesiemy do liczby L_{θ} przejechanych w czasie θ kilometrów, to otrzymamy przykładowo dla przegładów:

$$P_{rop}^{(L)} = \frac{P_{rop}^{(\theta)}}{L_{\theta}} \text{ (roboczogodzin/km)} \quad (12)$$

Analogicznie dla napraw planowych i awaryjnych.

Aby uzyskać wskaźnik skumulowanej pracochłonności obsługiwanego pojazdu w okresie θ , należy zsumować poszczególne rodzaje pracochłonności:

$$P_{ro}^{(\theta)} = P_{rop}^{(\theta)} + P_{ronp}^{(\theta)} + P_{rona}^{(\theta)} \text{ (godzin)} \quad (13)$$

a następnie podzielić wynik przez θ . Otrzymany wskaźnik określa pracochłonność obsługiwaną przypadającą na jeden rok eksploatacji pojazdu. Analogicznie — dla

przypadku rozpatrywania liczby L przejechanych przez pojazd kilometrów w czasie θ (L_θ). Można wówczas określić wskaźnik przez odniesienie pracochłonności do np. 10 000 km przebiegu pojazdu.

Przy określaniu wskaźników czasu trwania obsługiwanego T_o operuje się średnim czasem trwania jednego obsługiwanego, określanym odrębnie dla przeglądów, napraw planowych i awaryjnych oraz skumulowanym czasem trwania obsługiwanego w założonym okresie θ lub dla założonego przebiegu L pojazdu. Sposób postępowania jest podobny jak w przypadku określania wskaźników z zakresu pracochłonności obsługiwanego.

Przykładowo, średni czas trwania jednego przeglądu obliczamy z zależności:

$$(T_{rop}^{(1)})_{sr} = \frac{1}{N^{(0)}} \sum_{j=1}^{N^{(0)}} \sum_{i=1}^{n_j^p} \tau_{ij}^p \quad (\text{godzin/przeład}) \quad (14)$$

gdzie:

τ_{ij}^p — zarejestrowany podczas badań czas trwania i -tego przeglądu na j -tym pojeździe,

n_j^p — liczba przeglądów (p) wykonanych na j -tym pojeździe,

$N^{(0)}$ — liczba badanych pojazdów tego samego typu, pracujących i obsługiwanego w tych samych warunkach, przyjęta na początku badań ($t = 0$).

2. Koszt obsługiwanego K_o .

W skład kosztów obsługiwanego wchodzi: koszty materiałów bezpośrednich K_m , koszty paliw i energii K_{pe} , koszty robocizny K_r , koszty wydziałowe K_w i koszty ogólnozakładowe K_{ogz} . Koszt jednostkowy, tj. koszt jednej obsługi jednego pojazdu oblicza się jako sumę kosztów:

$$k = k_m + k_{pe} + k_r + k_w + k_{ogz} \quad (15)$$

Badając koszty obsługiwanego pojazdu (przeład, naprawy planowej, awaryjnej) operuje się kosztem średnim, określanym np. dla jednego przeglądu z zależności:

$$(K_{op}^{(1)})_{sr} = \frac{1}{N^{(0)}} \sum_{j=1}^{N^{(0)}} \sum_{i=1}^{n_j^p} k_{ij}^p \quad (\text{zł/przeład}) \quad (16)$$

gdzie:

k_{ij}^p — koszt i -tego przeglądu j -tego pojazdu liczony według wzoru (15),

n_j^p — liczba przeglądów wykonanych na j -tym pojeździe,

$N^{(0)}$ — liczba badanych pojazdów tego samego typu, pracujących i obsługiwanego w tych samych warunkach, przyjęta na początku badań ($t = 0$).

Analogicznie oblicza się wskaźniki kosztowe $(K_{onp}^{(1)})_{\text{sr}}$ i $(K_{ona}^{(1)})_{\text{sr}}$ dla napraw planowych i awaryjnych.

Można też obliczyć skumulowane koszty odniesione do okresu θ i do liczby kilometrów L_θ przejechanych w okresie θ , według wzorów podanych przykładowo dla przypadku przegładów:

$$K_{op}^\theta = (K_{op}^{(1)})_{\text{sr}} A_{\theta p} \text{ (zł)} \quad (17)$$

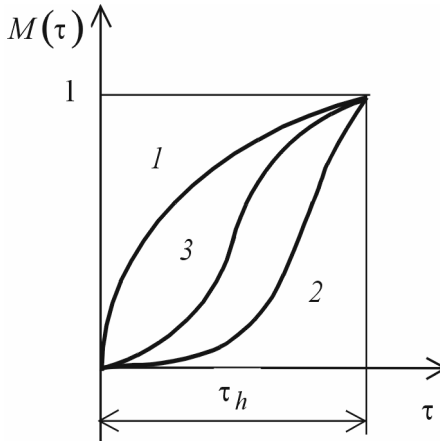
$$K_{op}^L = (K_{op}^{(1)})_{\text{sr}} \frac{L}{L_\theta} A_{\theta p} \text{ (zł)} \quad (18)$$

3. Funkcja podatności obsługowej $M(\tau)$. Prawdopodobieństwo $F(\tau)$ przywrócenia pojazdowi stanu zdatności w zadanym czasie τ .

Przywrócenie pojazdowi stanu zdatności następuje w rezultacie zabiegów obsługowych. Literatura [2, 3, 14, 15] operuje pojęciem prawdopodobieństwa przywrócenia obiektowi zdatności w określonym czasie. Można mówić o prawdopodobieństwie $F(\tau)$ zdarzenia, że czas T_o trwania obsługi, który jest zmienną losową, nie będzie większy od założonego czasu τ , tzn. że $F(\tau) = P(T_o \leq \tau)$. W pracy [15] operuje się pojęciem teoretycznej funkcji podatności obsługowej $M(\tau)$, charakteryzującej przystosowanie obiektu do wykonywania prac obsługowych. Funkcja ta obrazuje przebieg narastania (w czasie τ) wykonawstwa prac (operacji, zabiegów) obsługowych i wskazuje na „graniczne możliwości” obiektu w danych warunkach obsługi. Przebieg wykonywania operacji obsługowych jest planowany i ma postać harmonogramu. Operujemy pojęciem czasu trwania obsługi, który jest zwykle mniejszy od czasochłonności, na skutek mieszanego wykonywania operacji obsługowych.

Podczas wykonywania obsługi czasochłonność, pracochęć oraz koszty stopniowo narastają, charakteryzując zaawansowanie realizacji prac. Prędkość narastania zależy od stopnia równoczesności wykonywania operacji i zabiegów obsługowych, na który wpływa, poza techniką i organizacją obsługi, także podatność obsługowa pojazdu. Można zatem, w danych warunkach obsługi, oceniać podatność obsługową za pomocą funkcji $M(\tau)$, której sens wyjaśnia się następująco. Wielkość τ oznacza czas trwania procesu obsługi. Ponieważ operacje obsługi wykonuje się w sposób mieszany, więc w tym samym przedziale czasu mogą być wykonywane różne operacje. Z tego powodu w przedziale $(0, \tau)$ wystąpi czasochłonność obsługi, będąca sumą czasów trwania wszystkich operacji wykonywanych w tym przedziale i większa od czasu trwania całego procesu obsługi przypadającego na ten przedział. Funkcja $M(\tau)$ obrazuje przyrosty czasochłonności obsługi w czasie τ lub inaczej — ilustruje stopień zaawansowania prac obsługowych w czasie τ . Funkcja $M(\tau)$ jest określana [15] jako krzywa graniczna dla dopuszczalnych wartości funkcji empirycznej $M^*(\tau)$. Tę ostatnią określa się na podstawie harmonogramu realizacji prac i narastania według tego harmonogramu czasochłonności obsługi. Należy zazna-

czyć, że stopień zaawansowania obsługiwanego można mierzyć nie tylko przyrostami czasochłonności, ale też przyrostami pracochłonności lub kosztów obsługiwanego. Rysunek 6 przedstawia różne przebiegi funkcji $M(\tau)$.



Rys. 6. Przebieg teoretycznych funkcji podatności obsługowej $M(t)$

Na rysunku tym τ_h oznacza czas trwania obsługiwanego pojazdu, określony na podstawie harmonogramu; jest to czas średni dla danego rodzaju obsługiwanego. Krzywa 1 oznacza, że niekorzystnie ukształtowana podatność obsługowa daje się odczuć w końcowej fazie obsługiwanego, w której przyrosty $M(\tau)$ są wyraźnie mniejsze. Krzywa 2 sygnalizuje sytuację odwrotną. Krzywa 3 oznacza mniej więcej „jednakowe” ukształtowanie podatności obsługowej elementów pojazdu odczuwane we wszystkich fazach obsługiwanego. Należy zauważyć, że różnice między krzywymi 1 i 2 mogą wynikać niekoniecznie ze złej podatności obsługowej, ale ze specyfiki procesu technologicznego obsługiwanego (np. z konieczności studzenia przed obróbką skrawaniem zregenerowanego przez napawanie elementu), złej organizacji albo niewłaściwego wyposażenia stosowanego w procesie obsługiwanego.

Jednakowe pojazdy, o takiej samej podatności obsługowej, ale o różnych stopniach zużycia, mogą wykazywać różne czasy trwania obsługiwanego τ_h . Zwykle, zwłaszcza dla obsługi o dużym zakresie prac, różnice nie są zbyt wielkie i dlatego, dla danej klasy obiektów, dla określonego rodzaju obsługiwanego i dla przeciętnych zużyć i uszkodzeń można operować przeciętnym przebiegiem funkcji $M(\tau)$. Znając postać funkcji $F(\tau)$, określającej prawdopodobieństwo przywrócenia pojazdowi stanu zdadności w zadanym czasie τ , w warunkach ustalonej technologii, organizacji i wyposażenia obsługowego można określić średni czas trwania obsługiwanego $(T_o)_{sr}$. Odpowiada on polu nad krzywą $F(\tau)$ i może być wyznaczony z zależności:

$$(T_o)_{sr} = \int_0^{\infty} \tau dF(\tau) \quad (19)$$

Mała wartość $(T_o)_{sr}$ oznacza, że dla rozpatrywanego zakresu obsługiwanego przeciętne zużycia i uszkodzenia pojazdów nie są duże i że podatność obsługowa jest wysoka. Na wykonanie obsługiwanego w możliwie małym czasie wpływają następujące, ważniejsze czynniki z zakresu podatności obsługowej pojazdów (ale nie tylko):

- 1) tworzenie konstrukcji modułowych, które ułatwiają wymianę niesprawnych zespołów i podzespołów na dobre;
- 2) stwarzanie, przez odpowiednie konstruowanie pojazdów, możliwości mieszanego wykonywania operacji obsługowych, z możliwie małymi czasami opóźnienia rozpoczęcia operacji następujących w stosunku do poprzedzających;
- 3) skracanie czasów trwania operacji obsługowych przez konstruowanie pojazdów w sposób umożliwiający mechanizowanie prac obsługowych, stosowanie przyrządów ułatwiających pracę, tworzenie baz pomiarowych i obróbkowych, dostosowywanie pojazdów do prowadzenia badań diagnostycznych;
- 4) konstruowanie pojazdów w sposób umożliwiający prowadzenie obsługiwanego przy małej liczbie operacji;
- 5) wytwarzanie pojazdów przy zastrzonych przedziałach tolerancji dla właściwości stereometrycznych i fizykochemicznych pojazdu oraz parametrów procesu wytwarzania, dzięki czemu rozrzut „wrodzonych” właściwości zbioru pojazdów będzie mniejszy;
- 6) prowadzenie użytkowania zgodnie z ustalonymi wcześniej warunkami technicznymi i wytycznymi.

4.3.2. Wskaźniki dodatkowe

Niżej zostaną podane zależności do określania wskaźników dodatkowych oraz niezbędne wyjaśnienia, które wraz ze wskaźnikami podstawowymi umożliwią pełną i bardziej wszechstronną ocenę podatności obsługowej pojazdów.

Wskaźniki o charakterze ogólnym

1. Wskaźnik obsługiwanego — k_o :

$$k_o = \frac{T_o}{T_u + T_o}, \quad k_o = 1 - k_g, \quad k_g = \frac{T_u}{T_u + T_o} \quad (20)$$

gdzie:

k_o — prawdopodobieństwo zdarzenia, że w dowolnej chwili czasu pojazd znajduje się w obsługiwanym i nie może być użytkowany,

k_g — wskaźnik gotowości pojazdu,

T_o — skumulowany, dla danego przedziału czasowego, czas przeznaczony na obsługiwane pojazdy,

T_u — czas, w którym pojazd może być użytkowany.

2. Wskaźnik łatwości usuwania niesprawności — k_u :

$$k_u = \frac{\sum_{i=1}^n t_{zwi}}{\sum_{i=1}^n (t_{zwi} + t_{zti})} \quad (21)$$

gdzie:

- t_{zwi} — czas trwania zabiegów właściwych zw , wykonywanych podczas i -tego obsługiwanego jednego pojazdu,
- t_{zti} — czas trwania zabiegów towarzyszących zt , wykonywanych podczas i -tego obsługiwanego jednego pojazdu,
- n — liczba określonego rodzaju obsługi, którym jest poddawany pojazd, w założonym czasie.

(zabiegi zt nie wiążą się bezpośrednio z usuwaniem niesprawności, w przeciwieństwie do zw).

3. Średni czas trwania przygotowania pojazdu do obsługiwanego T_{po} oraz wskaźnik przygotowania pojazdu do obsługiwanego k_{po} :

$$T_{po} = \sum_{i=1}^n t_{pi} \quad (22)$$

gdzie:

- t_{pi} — średni czas trwania jednej operacji wchodzącej w skład procesu przygotowania pojazdu do obsługiwanego,
- n — liczba operacji wchodzących w skład procesu przygotowania pojazdu do obsługiwanego (aktualne są też komentarze podane do wzorów (2), (3) i (4)).

Aby możliwe było porównywanie różnych rozwiązań pojazdów, dogodnie jest operować udziałem czasu trwania (pracochłonności, kosztu) przygotowania w łącznym czasie trwania (pracochłonności, koszcie) obsługiwanego pojazdu T_o , z założeniem, że czas ten zawiera w sobie czas trwania przygotowania do obsługiwanego. Wskaźnik taki — k_{po} — dla przypadku czasu trwania obsługiwanego możemy obliczyć z zależności (23):

$$k_{po} = 1 - \frac{T_{po}}{T_o} \quad (23)$$

gdzie T_o jest łącznym czasem trwania obsługiwanego pojazdu.

4. Względny wskaźnik pracochłonności obsługiwanego P_{T_o} .

Jest to wskaźnik, w którym pracochłonność odnoszona jest do czasu pracy pojazdu lub do ilości wykonanej przez pojazd pracy.

$$P_{T_o} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\ell} P_{roj} \quad (24)$$

gdzie:

- L — liczba przejechanych przez pojazd kilometrów w okresie, w którym rozpatrujemy wykonane obsługiwanie lub czas pracy pojazdu,
 P_{roj} — pracochłonność i -tego obsługiwania j -tego rodzaju obsługi,
 k — liczba obsług j -tego rodzaju,
 ℓ — liczba rodzajów obsług (np. przeglądów, napraw).

Wskaźniki z zakresu diagnostyki

1. Wskaźnik oczyunikowania pojazdu — K_{wc} :

$$K_{wc} = \frac{\sum_{i=1}^m \delta_{wci}}{\sum_{i=1}^n \delta_{oj}} \quad (25)$$

gdzie:

- $\sum_{i=1}^m \delta_{wci}$ — liczba parametrów diagnostycznych mierzonych za pomocą czujników wbudowanych w pojazd,
 $\sum_{i=1}^n \delta_{oj}$ — ogólna liczba mierzonych parametrów diagnostycznych,
 m — liczba oczyunikowanych miejsc w pojeździe,
 n — liczba miejsc, w których są mierzone parametry diagnostyczne.

2. Wskaźnik dostępności do miejsc diagnozowania — K_{Md} :

$$K_{Md} = \frac{P_d}{P_d + P_{pd}} \quad (26)$$

gdzie:

- P_d — pracochłonność podstawowych czynności diagnostycznych,
 P_{pd} — pracochłonność pomocniczych czynności diagnostycznych uwarunkowana dostępem do miejsc pomiarów, podłączaniem urządzeń diagnostycznych, przygotowaniem warunków do badań itp.

Przy obliczaniu wskaźnika, zamiast pracochłonnością można posługiwać się czasem trwania omawianych czynności.

3. Wskaźnik bezdemontażowego diagnozowania — K_{bd} :

$$K_{bd} = \frac{\sum_{i=1}^m \delta_{bi}}{\sum_{j=1}^n \delta_{oj}} \quad (27)$$

gdzie:

$\sum_{i=1}^m \delta_{bi}$ — liczba parametrów diagnostycznych mierzonych bez potrzeby demontażu,

$\sum_{j=1}^n \delta_{oj}$ — ogólna liczba mierzonych parametrów diagnostycznych,

m — liczba miejsc, w których diagnozowanie można przeprowadzić bez demontażu,

n — liczba miejsc, w których mierzone są parametry diagnostyczne.

4. Wskaźnik czasowy podatności diagnostycznej — K_t .

Można nim charakteryzować podatność diagnostyczną pojazdu jako całości, a także i jego zespołów diagnozowanych po wymontowaniu z pojazdu.

$$K_t = \frac{\sum_{i=1}^n t_{dsi}}{\sum_{i=1}^n (t_{dsi} + t_{psi})} \quad (28)$$

gdzie:

n — liczba realizowanych operacji diagnostycznych,

t_{dsi} — średni czas trwania i -tej operacji diagnozowania,

t_{psi} — średni czas trwania przygotowania do diagnozowania dla i -tej operacji.

5. Wskaźnik unifikacji podłączenia urządzeń diagnostycznych — K_{up} .

Różnorodność podłączeń utrudnia realizację diagnozowania i wpływa na czas jego trwania oraz koszty.

$$K_{up} = \frac{N_u}{N_o} \quad (29)$$

gdzie:

N_u — liczba zunifikowanych złączy diagnostycznych,

N_o — ogólna liczba punktów przyłączania urządzeń diagnostycznych.

6. Średni czas trwania przygotowania pojazdu do diagnozowania — $(t_p)_{śr}$:

$$(t_p)_{śr} = \sum_{i=1}^k t_{pz_i} + \sum_{j=1}^{\ell} t_{m_j} \quad (30)$$

gdzie:

- t_{pz_i} — czas przygotowawczo-zakończeniowy do przeprowadzenia pomiaru i -tego parametru,
- t_{m_j} — czas niezbędny do uzyskania dostępu do j -tego punktu diagnozowania i doprowadzenia po diagnozowaniu do stanu początkowego,
- k — liczba parametrów diagnozowanych,
- ℓ — liczba punktów diagnozowania.

7. Średnia pracochłonność przygotowania pojazdu do diagnozowania — P_p :

$$P_p = P_{pc} + P_{pm} \quad (31)$$

gdzie:

- P_{pc} — średnia pracochłonność prac przygotowawczo-zakończeniowych do przeprowadzenia diagnozowania,
- P_{pm} — średnia pracochłonność czynności demontażowo-montażowych na pojeździe wykonywanych w celu umożliwienia dostępu do punktów kontrolnych i następnego doprowadzenia pojazdu do stanu przed diagnozowaniem.

8. Wskaźnik pracochłonności przygotowania pojazdu do diagnozowania — K_{pd} :

$$K_{pd} = 1 - \frac{P_p}{P_d} \quad (32)$$

gdzie:

- P_p — średnia pracochłonność przygotowania pojazdu do diagnozowania,
- P_d — średnia pracochłonność procesu diagnozowania zawierająca w sobie czas P_p .

Wskaźniki określające wpływ zespołów pojazdu na podatność obsługową pojazdu jako całości

1. Wskaźnik czasu trwania obsługiwanego ze względu na i -ty zespół pojazdu — T_{oi} :

$$T_{oi} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{N(0)} \sum_{z=1}^{n_j} \tau_{z_j}} \sum_{j=1}^{N(0)} \sum_{z=1}^{n_j} \tau_{z_j}^i \quad (33)$$

gdzie:

τ_{zj}^i — czas trwania obsługiwanego j -tego pojazdu, ze względu na z -tą niesprawność i -tego zespołu,

τ_{zj} — czas trwania obsługiwanego j -tego pojazdu, ze względu na z -tą niesprawność, spowodowaną przez dowolny zespół składowy pojazdu,

n_j — liczba obsług j -tego pojazdu,

$N(0)$ — rozpatrywana liczba pojazdów.

Użyte we wzorze indeksy należy interpretować następująco:

- 1) j -ty pojazd jest to pojazd określonego typu i o określonym numerze;
- 2) z -tą niesprawność należy rozumieć jako rodzaj czy też grupę rodzajową niesprawności; np. niesprawność układu hamulcowego, która może być wywołana przez niesprawność każdego zespołu wchodzącego w skład układu hamulcowego; przykładem w tym przypadku może być niesprawność układu hamulcowego wywołana niesprawnością sprężarki, zaworów, zbiorników powietrznych, układu dźwigniowego lub innych składników układu; określenie i -ty zespół odnosi się zatem do któregoś z zespołów układu, w rozpatrywanym przykładzie — układu hamulcowego.

2. Wskaźnik uszkodzalności pojazdu jako systemu ze względu na i -ty zespół pojazdu k_{ai} . Umożliwia zorientowanie się, które zespoły pojazdu są najczęściej naprawiane. Przy niskiej podatności obsługowej tych zespołów jej poprawienie może polepszyć sytuację w zakresie kosztów naprawy i czasu jej trwania.

$$k_{ai} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{N(0)} n_j} \sum_{j=1}^{N(0)} n_{ij} \quad (34)$$

gdzie:

n_{ij} — liczba niesprawności j -tego pojazdu ze względu na i -ty zespół,

n_j — liczba niesprawności j -tego pojazdu w ogóle,

$N(0)$ — rozpatrywana liczba pojazdów.

Inne wskaźniki

1. Wskaźnik wyposażenia technicznego stosowanego w obsłudze — k_w :

$$k_w = \frac{K_{wt}}{K_z} \quad (35)$$

gdzie:

K_{wt} — koszt wyposażenia technicznego stosowanego w obsłudze, przypadający na jeden obsługiwany pojazd (liczbę obsługiwanych pojazdów należy określić dla wybranego okresu),

K_z — koszt zakupu jednego pojazdu.

W zakładach naprawczych, w których wykonuje się naprawy różnych typów pojazdów i w których występuje znaczna ilość uzbrojenia uniwersalnego, stosowanego do różnych typów pojazdów, koszt K_{wt} takiego wyposażenia należy odnosić do przeciętnej liczby wszystkich typów pojazdów obsługiwanych w zakładzie w roku. Koszt specjalistycznego uzbrojenia należy odnosić do liczby pojazdów naprawianych w roku, ale tylko tych, do których specjalistyczne uzbrojenie ma zastosowanie. Tak obliczone koszty uniwersalnego i specjalistycznego uzbrojenia, przypadające na jeden pojazd, należy zsumować. Analogicznie — w przypadku wagonowni i lokomotywowni.

2. Wskaźnik wartości wyposażenia technicznego, przypadającego na jednego pracownika — k_{w1} :

$$k_{w1} = \frac{K_{wto}}{(N_r)_{\dot{s}r}} \quad (36)$$

gdzie:

K_{wto} — łączne nakłady na wyposażenie niezbędne do obsłużenia zbioru pojazdów w określonym czasie,

$(N_r)_{\dot{s}r}$ — średnia roczna liczba personelu obsługującego zbiór pojazdów.

3. Wskaźnik relacji kosztów obsługiwanego do kosztów zakupu pojazdu — W_k :

$$W_k = \frac{K_{or}}{K_z} \quad (37)$$

gdzie:

K_{or} — przeciętne roczne koszty obsługiwanego pojazdu określone dla dłuższego okresu eksploatacji, najlepiej dla przeciętnej długości życia danego typu pojazdu,

K_z — koszt zakupu nowego pojazdu.

Ocenę wskaźnika W_k wykonuje się przez jego porównanie z analogicznymi wskaźnikami uzyskiwanymi dla innych typów pojazdów o takim samym przeznaczeniu, w kraju i za granicą. Przykładowo, dla wagonów pasażerskich za granicą wskaźnik W_k osiągał w latach dziewięćdziesiątych wielkość 1/50 do 1/70, podczas gdy na PKP — 1/20 [9].

4. Wskaźnik wygody pozycji pracownika przy obsługiwaniu — k_{wp} :

$$k_{wp} = \frac{N_{wp}}{N_p} \quad (38)$$

gdzie:

N_{wp} — liczba wygodnych pozycji przy wykonywaniu danego rodzaju obsługiwanego,

N_p — łączna liczba pozycji, jakie przyjmują pracownicy podczas danego rodzaju obsługiwanego.

Uwaga: dla zorientowania się w systematyce rodzajowej dogodności póż przy pracy oraz dla oceny, jaką pozę przy obsługiwaniu pojazdów można uznać za wygodną należy korzystać z opracowań Instytutu Higieny Pracy.

5. OGÓLNE WYTYCZNE DLA BADANIA I OCENIANIA PODATNOŚCI OBSŁUGOWEJ. ALGORYTM POSTĘPOWANIA

5.1. Badanie podatności obsługowej

Proponuje się przyjęcie następujących, ogólnych zasad postępowania w badaniach podatności istniejących pojazdów.

1. Przed rozpoczęciem badań należy ustalić rodzaje przeglądów i napraw, jakim pojazdy będą poddawane, częstości ich występowania, zakresy prac obsługowych i miejsca wykonywania tych prac. Pomocne tu mogą być wyniki badań prototypu i serii informacyjnej oraz uwagi i spostrzeżenia użytkowników badanych pojazdów oraz pojazdów do nich zbliżonych pod względem konstrukcji, przeznaczenia i warunków eksploataowania.

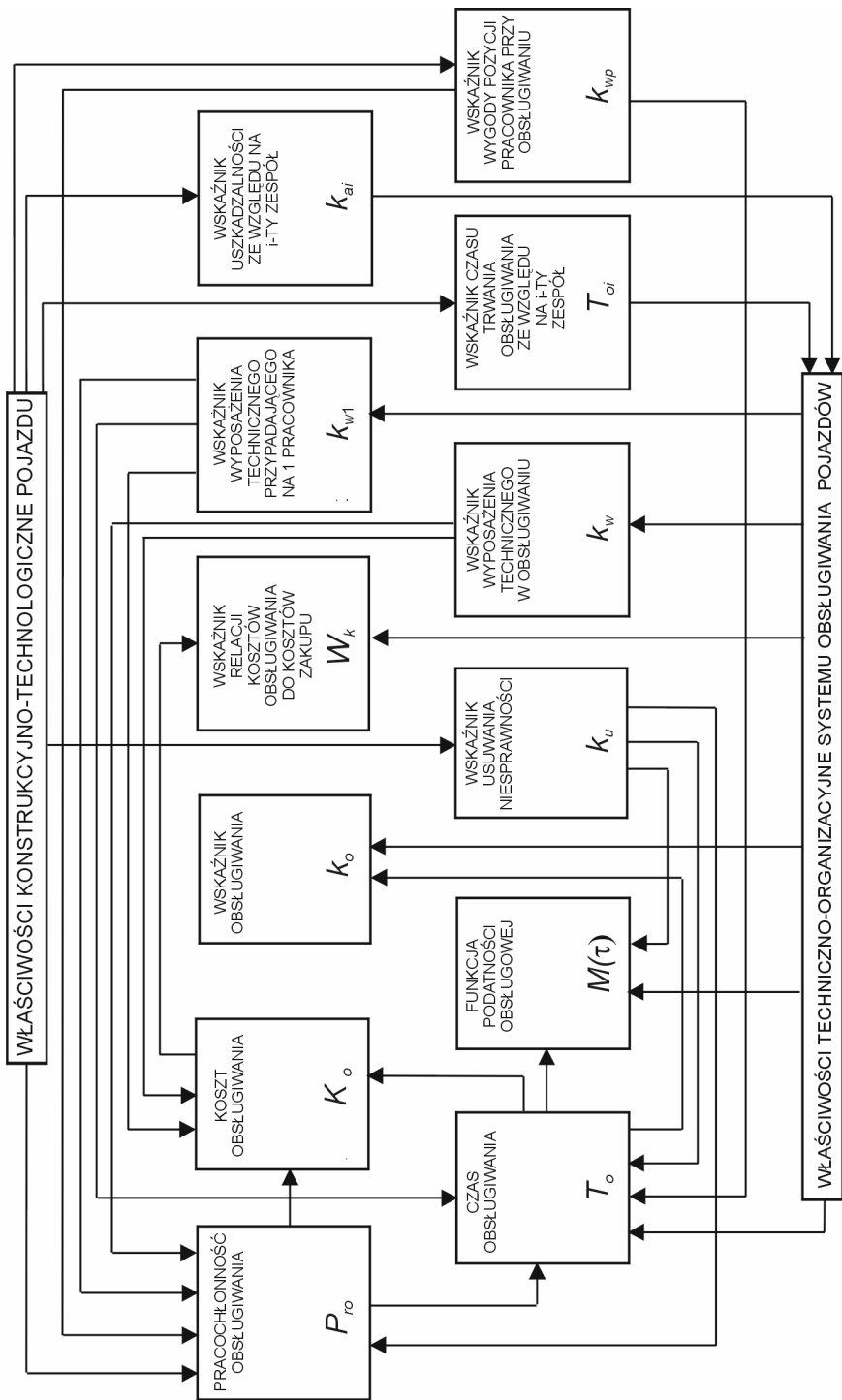
2. Wyniki badań podatności obsługowej powinny dostarczać informacji o tym czy, w jaki sposób, w jakim stopniu i dlaczego właściwości konstrukcyjne i technologiczne pojazdu oraz specyfika jego zużyc i uszkodzeń wpływają na pracochłonność, czas trwania obsługiwania, koszty obsługiwania i prawdopodobieństwo wykonania obsługiwania w zadanym czasie, w warunkach przyjętego systemu obsługiwania, ustalonej organizacji, istniejącego wyposażenia oraz istniejących kwalifikacji pracowników. Badania podatności powinny też dostarczyć sugestii, w jaki sposób poprawić istniejące rozwiązanie pojazdu i jakie efekty będzie można dzięki temu uzyskać.

3. Wyniki badań powinny być przedstawione za pomocą wskaźników omówionych w rozdziale 4; wskaźniki powinny być skomentowane, co pozwoli lepiej zrozumieć przyczyny, które doprowadziły do uzyskania określonej podatności obsługowej w badanych pojazdach. Wyniki badań powinny też umożliwić wprowadzenie poprawek i zmian do przyjętych zasad obsługiwania, technologii, organizacji i wyposażenia technicznego stosowanego w obsługiwaniu.

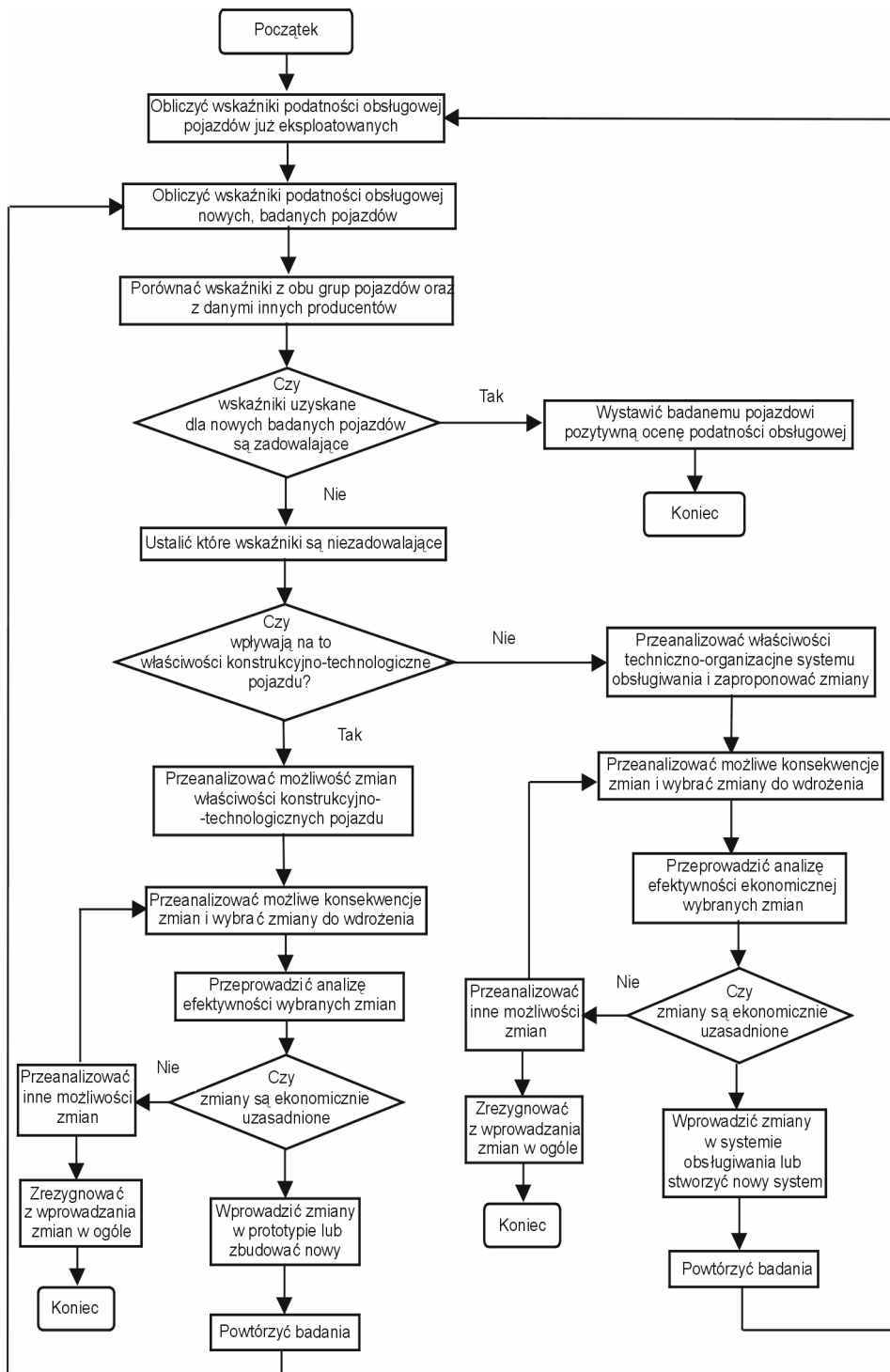
5.2. Ocenianie podatności obsługowej

Jak już wspomniano, ocena podatności obsługowej powinna umożliwić: wyciągnięcie wniosków z uzyskanych wyników, określenie przyczyn stwierdzonego stanu rzeczy oraz opracowanie przedsięwzięć usprawniających. Do wykonania końcowej oceny konieczne jest dysponowanie następującymi danymi i informacjami:

- wartościami wskaźników omówionych w punktach 3 i 4,
- wartościami wskaźników określonych dla już istniejących eksploatowanych pojazdów, porównywalnych z badanymi,
- teoretycznymi, granicznymi wartościami wskaźników tam, gdzie to jest możliwe do określenia lub gdzie takie wartości zostały arbitralnie przyjęte,
- porównywalnymi danymi osiąganymi za granicą,
- opisem relacji występujących między wskaźnikami,



Rys. 7. Zestawienie możliwych relacji między wskaźnikami oceny podatności obsługowej (przykład)



Rys. 8. Algorytm postępowania przy wykonywaniu oceny podatności obsługowej

- opisem interpretacji wskaźników i relacji między nimi oraz informacjami umożliwiającymi ustalenie, jak, poprzez jakie oddziaływania i dlaczego określone właściwości pojazdu wpływają na podatność obsługową,
- opisem okoliczności towarzyszących kształtowaniu się uzyskanych wskaźników i opisem wpływu tych okoliczności na wartość wskaźników.

Pewnego omówienia wymagają relacje między wskaźnikami. Poszczególne wskaźniki są powiązane ze sobą. Relacje, jakie między nimi występują biorą się stąd, że często tego samego typu czynniki wpływają na kształtowanie się różnych wskaźników. Ponadto konsekwencje określonych właściwości konstrukcyjnych i technologicznych pojazdu oddziałują bardzo szeroko, choć w różnym stopniu. Jednak nie wszystkie relacje są oczywiste i nie wszystkie są relacjami wzajemnymi. Z tego powodu, dla umożliwienia prawidłowego wnioskowania i formułowania propozycji dotyczących poprawy podatności, należy wcześniej określić możliwe relacje między wskaźnikami podatności obsługowej. Relacje takie podano przykładowo, według pracy [10], na rysunku 7.

Wyciąganie wniosków z badań podatności obsługowej ułatwiają następujące, ogólne zalecenia dla prowadzących badania:

- 1) ustalić, które wskaźniki oceny podatności są niezadowolające;
- 2) ustalić, jakie czynniki związane ze wskaźnikami mogą na to wpływać, w jaki sposób i dlaczego;
- 3) ustalić, jakie inne czynniki zaobserwowane podczas badań mogą wyjaśnić przyczyny niezadowolającego ukształtowania się wskaźników oceny podatności, ustalić które z nich mają swoje źródło we właściwościach pojazdu, a które we właściwościach techniczno-organizacyjnych systemu obsługiwanego, ustalić które z przyczyn dominują;
- 4) ustalić, czy jest możliwe poprawienie niekorzystnego wskaźnika bez zmian konstrukcyjno-technologicznych w pojeździe i jak to zrobić;
- 5) jeżeli postępowanie podane w punkcie 4) nie jest możliwe, ustalić co należy zmienić w konstrukcji i technologii rozwiązania pojazdu, aby poprawić podatność obsługową;
- 6) ustalić opłacalność ekonomiczną zaproponowanych zmian i przystąpić do ich realizacji, jeżeli okażą się one efektywne ekonomicznie.

Przedstawiony tryb postępowania podano — według pracy [10] — oraz w postaci algorytmu na rysunku 8.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Pojazdy szynowe, tak jak i inne obiekty techniczne eksploatowane przez ludzi, wymagają systematycznego obsługiwanego. Koszty obsługiwanego, często znaczne, zależą w dużej mierze od podatności obsługowej — właściwości obiektu nadawanej mu w procesie projektowania. Ponieważ pojazdy szynowe są eksploatowane dość długo (czas eksploatacji dochodzi obecnie do około 40 lat) wszystkie potknięcia w zakresie podatności obsługowej "procentują" niekorzystnie dla ich właściciela przez cały okres długiego "życia" obiektu. Ze względu na istotny jej wpływ na koszty eksploatacji może też wpływać na wielkość ekonomicznego okresu eksploatacji pojazdu. Ekonomiczne skutki niskiej podatności obsługowej mogą przy tym być odczuwane na różne sposoby: bezpo-

średnio, poprzez wzrost kosztów przeglądów i napraw oraz pośrednio. W tym drugim przypadku chodzi o następujące ważniejsze konsekwencje:

- zwiększenie powierzchni produkcyjnej lokomotywni, wagonowni i zakładów naprawczych na skutek większego zakresu prac demontażowo-montażowych oraz wydłużonych postojów w przeglądach i naprawach,
- zwiększenie asortymentu i ilości wyposażenia stosowanego w procesie obsługowym,
- zwiększenie zatrudnienia,
- potrzeba zatrudniania w procesie obsługowym większej liczby pracowników o wyższych kwalifikacjach,
- zwiększenie liczby dodatkowych pojazdów niezbędnych do wykonania zaplanowanych zadań przewozowych (rezerwy pojazdów) na skutek wydłużenia czasu wyłączenia pojazdu z użytkowania w celu wykonania obsługiwanego,
- możliwość zwiększenia zużycia części i podzespołów pojazdu na skutek większego prawdopodobieństwa wykonywania podczas obsługiwanego demontażu w sposób niszczący,
- skrócenie ekonomicznego okresu eksploatacji pojazdów z powodu dużych kosztów obsługiwanego.

Wszystko to oznacza konieczność zwracania w procesie projektowania większej uwagi na kształtowanie właściwości, jaką jest podatność obsługowa.

Aby mieć pewność, że pojazd w tym zakresie został prawidłowo zaprojektowany, należy wprowadzić pewne zmiany w procedurze projektowania, a mianowicie:

- 1) wprowadzić w procesie projektowania obowiązek opracowywania technologii obsługiwanego pojazdu dostosowanej do jego zaprojektowanych właściwości konstrukcyjnych i technologicznych; opracowanie technologii, głównie w zakresie demontażu, montażu, pomiarów, badań diagnostycznych, regulacji i prac regeneracyjnych umożliwi wykrycie występujących mankamentów w zakresie podatności obsługowej i ich usunięcie;
- 2) wprowadzić, jako etap w procesie projektowania pojazdu, projektowanie nietypowego wyposażenia technicznego, niezbędnego w procesie jego obsługiwanego, zwłaszcza urządzeń i przyrządów do demontażu i montażu, pomiarów, regulacji i badań diagnostycznych;
- 3) w programie badań prototypu i serii informacyjnej uwzględnić badania podatności obsługowej pojazdu oraz badania prototypów wyposażenia przewidzianego do stosowania w obsługiwanym;
- 4) od wyników badań podatności obsługowej pojazdu uzależnić dopuszczenie go do normalnej eksploatacji.

Obserwacje z dziedziny podatności obsługowej powinny być prowadzone także podczas normalnej eksploatacji pojazdów, ponieważ wiadomo, że w miarę upływu czasu eksploatacji zakres naprawy rośnie, na skutek niemożliwego do uniknięcia zróżnicowania niezawodności i trwałości składników pojazdu. Uzyskiwane informacje powinny być wykorzystywane do modernizacji istniejących i projektowania nowych pojazdów.

Podatność obsługowa ma istotny wpływ na koszty i dlatego powinna być przedmiotem starannego projektowania, kontrolowania i badań. Może to dać poważne korzyści, zwłaszcza w warunkach ciągle rosnącej złożoności konstrukcyjnej i technologicznej środków trwałych.

BIBLIOGRAFIA

1. *Cypko J., Cypko E.*: Podstawy technologii i organizacji napraw pojazdów mechanicznych. WKŁ, Warszawa, 1982.
2. *Hebda M., Janicki D.*: Trwałość i niezawodność samochodów w eksploatacji. WKŁ, Warszawa, 1977.
3. *Hebda M., Mazur T., Pelc H.*: Teoria eksploatacji pojazdów. WKŁ, Warszawa, 1978.
4. *Kiliński A.*: Jakość. WNT, Warszawa, 1979.
5. *Kiliński A.*: Przemysłowe procesy realizacji. Podstawy teorii. WNT, Warszawa, 1976.
6. Leksykon. PWN, Warszawa, 1972.
7. *Moczarski M.*: Badanie podatności obsługowej pojazdów szynowych. *Technika Transportu Szynowego*, 1999, nr 6.
8. *Moczarski M.*: Podstawy organizacji i techniki obsługiwaniania pojazdów szynowych. WPW, Warszawa, 1986.
9. *Moczarski M.*: Wymagania dotyczące konstrukcji wagonów pasażerskich, dostosowanych do prędkości 200 km/h, z punktu widzenia obsługiwaniania. CNTK, Warszawa, 1991.
10. *Moczarski M., Matej J., Zaborowski J.*: Metodyka badań i oceny podatności przeglądowej i naprawczej pojazdów mechanicznych. Praca nr 504/A/1153/2360/000. (Grant dziekański). Politechnika Warszawska, Instytut Pojazdów, Warszawa, 2001.
11. Polska Norma PN—80/N—04000. Niezawodność w technice. Terminologia.
12. Polska Norma PN—93/N—50191. Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność; jakość usługi.
13. Polska Norma PN—EN—13306/2006 r. Terminologia dotycząca obsługiwaniania.
14. Praktyczny poradnik konserwacji maszyn i urządzeń. WEKA Sp z o.o. Warszawa, 1997—2000.
15. Praca zbiorowa pod redakcją *S. Stępnia*. Poradnik konstruktora sprzętu elektronicznego. WKŁ, Warszawa, 1981.
16. *Seiler R.E.*: Badania naukowe i prace rozwojowe. Metody zarządzania i ocena efektywności. WNT, Warszawa, 1969.
17. *Żółtowski B., Ćwik Z.*: Leksykon diagnostyki technicznej. Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz, 1996.