

Ocena stanu technicznego agregatów prądotwórczych lokomotyw spalinowych podczas badań na hamowni

Artykuł dotyczy procesu oceny stanu technicznego agregatów prądotwórczych lokomotyw spalinowych podczas badań przeprowadzanych na hamowni zakładów naprawczych taboru kolejowego. Przedstawiono ogólny opis przebiegu badań diagnostycznych oraz formalne przesłanki klasyfikacji stanów technicznych agregatów. Wyszczególniono zbiory cech mierzalnych i niemierzalnych, sprawdzanych podczas i po zakończeniu docierania silnika, a także zbiory cech ocenianych w trakcie próby odbiorczej agregatu. Dla poszczególnych cech mierzalnych przytoczono ich wartości graniczne, które nie mogą być przekroczone podczas badań. W artykule określono także formalne warunki pozytywnej oceny procesu docierania i odbioru agregatów po naprawie.

1. Wprowadzenie

Serwisowe badania diagnostyczne [1] silników spalinowych odbywają się na specjalistycznej hamowni po ich wymontowaniu z lokomotywy i poddaniu naprawie. W przypadku lokomotyw z przekładnią elektryczną obejmują one sprawdzenie całego agregatu, czyli silnika, prądnicy głównej i maszyn pomocniczych. Warunkiem rozpoczęcia oceny stanu technicznego tego obiektu po naprawie jest wstępne dotarcie silnika i pozytywny wynik szeregu badań przeprowadzanych po docieraniu. Przystępuje się wtedy do drugiego etapu badań, po których może nastąpić formalny odbiór naprawionego agregatu. Odbiór ten jest możliwy jeśli wartości całego szeregu cech tego obiektu mieszczą się w zakresach przewidzianych w odpowiedniej dokumentacji. Mamy w tym wypadku do czynienia z pewnym procesem podejmowania decyzji, który wymaga wyszukania wartości dopuszczalnych poszczególnych cech diagnostycznych, porównywania ich z wartościami zmierzonymi oraz wypełniania stosownej dokumentacji. Jest to kłopotliwe, jak również może być potencjalnym źródłem błędów. Aby tego uniknąć, wskazane jest opracowanie takiego komputerowego systemu wspomagania, który umożliwi nie tylko automatyczne formułowanie decyzji, lecz pozwoli także na archiwizowanie wyników badań diagnostycznych agregatów i późniejszy szybki dostęp do uzyskanych rezultatów. Pierwszym krokiem do tego celu jest opis formalny tych wszystkich procedur oceny stanu technicznego, które wynikają z cyklu badań diagnostycznych agregatów na hamowni.

2. Badania diagnostyczne agregatów na hamowni

Hamownia jest bardzo ważnym obiektem dla procesu naprawy silników spalinowych. Po zakończeniu montażu silnik wraz z prądnicą główną jest instalowany na odpowiednim stanowisku w hamowni, a następnie rozpoczyna się badania, w skład których wchodzi określone czynności przygotowawcze i diagnostyczne. Widok stanowiska badawczego z zainstalowanym na nim silnikiem, gotowym do badań, przedstawia Ryc. 1. Pełny cykl badań obejmuje [4]:

- docieranie,
- próbę odbiorczą.

Przed uruchomieniem silnika na stanowisku w hamowni sprawdza się stan cieczy chłodzącej i oleju, a potem, po uruchomieniu silnika następuje proces jego docierania przy różnej wartości obciążeń i różnych temperaturach płynów eksploatacyjnych. Proces docierania trwa około 10 godzin.

Podczas docierania dokonuje się dwukrotnie przegląd kontrolnego, dotyczącego głównie stanu układu tłokowo-korbowego. Sprawdza się, czy w oleju nie pojawiają się cząstki metalu, co mogłoby świadczyć o zacieraniu się silnika. Po zakończeniu docierania następuje przegląd szczegółowy silnika, podczas którego wykonuje się określone czynności sprawdzające, wymienione w przedmiotowych normach. Ponadto demontuje się i sprawdza wtryskiwacze z silnika.



Ryc. 1. Agregat prądowórczy lokomotywy zainstalowany na hamowni

Do czynności kontrolnych wykonywanych podczas przeglądu szczegółowego w hamowni, zalicza się:

- oględziny zewnętrzne silnika w celu wykrycia ewentualnych nieszczelności układów (uszkodzenia, stan uszczelnień),
- sprawdzenie luzów zaworowych w każdej „skrzynce” silnika, a w przypadku nieprawidłowości następuje wyregulowanie tych luzów,
- dokładne oględziny wału korbowego i tłoków – w przypadku wykrycia niezdatności tłoków wymienia się je na nowe, na stanowisku w hamowni, a po znalezieniu cząstek metalu w misie olejowej, silnik przekazuje się do ponownego demontażu,
- sprawdzenie drożności przewodów układu smarowania – w razie konieczności wymienia się je na nowe,
- sprawdzenie pompy olejowej i jeśli jest niezdatna wymienia się ją na nową,
- powtórne sprawdzenie stanu cieczy chłodzącej i oleju w silniku oraz w turbosprężarce, a w razie konieczności uzupełnia się je,
- sprawdzenie owalności wirnika prądnicy głównej,
- sprawdzenie naciągu sprężyn szczotkotrzymaczy w prądnicy głównej,
- sprawdzenie oporności prądnicy głównej.

Oprócz tego, na specjalnym stanowisku, dokonuje się sprawdzenia stanu końcówek wtryskiwaczy wymontowanych z silnika.

Po wykonaniu tych czynności rozpoczyna się próbę odbiorczą silnika w obecności komisarza. Próba ta jest badaniem diagnostycznym, w trakcie którego odczytuje się wskazania przyrządów pomiarowych umieszczonych na pulpicie sterowniczym hamowni (Ryc.2). Wyniki uzyskane dla ustalonych prędkości obrotowych wału silnika notuje się w odpowiednich kartach pomiarowych. Dotyczą one takich cech diagnostycznych, jak:

- temperatury cieczy chłodzącej, oleju, powietrza i spalin,
- ciśnienia oleju silnikowego, cieczy chłodzącej, powietrza w kolektorze dolotowym i spalin za turbosprężarką,
- zużycia oleju napędowego,
- chwilowej i ustalonej prędkości obrotowej silnika po zdjęciu obciążenia.

Ponadto, do kart pomiarowych wpisuje się wartości cech mierzonych jednorazowo, a dotyczących:

- położenia listew zębatach 5-go cylindra silnika,
- oporności izolacji,
- czasu przejścia od biegu jałowego do znamionowego,
- działania zabezpieczenia przed spadkiem ciśnienia oleju silnikowego,
- działania zabezpieczenia przed nadmiernym wzrostem prędkości obrotowej.



Ryc. 2. Pulpit sterowniczy stanowiska hamowni

W przypadku, gdy zbadane wartości cech diagnostycznych są zgodne z wymaganymi, to wówczas komisarz potwierdza odbiór i silnik plombuje się. Zostaje on następnie zdemontowany ze stanowiska na hamowni, po czym przekazuje się go do działu montażu, gdzie zostaje zainstalowany w lokomotywie.

Aby dla opisanych badań można było zbudować komputerowy system wspomagania niezbędne jest najpierw dokonanie opisu formalnego oceny stanu technicznego agregatów.

3. Formalizacja pojęcia stanu technicznego obiektu po naprawie

Agregat prądowórczy lokomotywy spalinowej jest złożonym obiektem, którego stan techniczny może być opisany pewnym zbiorem cech fizycznych. Po naprawie wartości poszczególnych cech powinny posiadać takie wartości, które umożliwiają odebranie silnika po naprawie. Ze względu na znaczną liczbę tych cech - **stan techniczny** zdefiniować można jako własność obiektu diagnozowanego determinowaną

przez wektor cech stanu [3]:

$$\mathbf{X}(t_z) = [x_1(t_z), x_2(t_z), \dots, x_n(t_z)] \quad (1)$$

gdzie:

$\mathbf{X}(t_z)$ – wektor stanu technicznego obiektu po naprawie, w chwili t_z ,

x_1, \dots, x_n – wartości cech stanu,

n – ilość składowych wektora stanu.

W badaniach diagnostycznych agregatu wartości całego szeregu cech stanu, opisujących własności jego elementów, nie mogą być sprawdzone bez demontażu. Dlatego do oceny stanu technicznego takiego obiektu, podobnie jak i innych obiektów złożonych, wykorzystuje się też zbiory cech wyjściowych: roboczych i towarzyszących. Pozwala to, po przyjęciu wspólnego oznaczenia cech pochodzących z różnych grup, na zdefiniowanie wektora cech diagnostycznych $\mathbf{Y}(t, a)$, który może być zapisany w następujący sposób:

$$\mathbf{Y}(t, a) = [y_1(t_z), y_2(t_z), \dots, y_p(t_z)] \quad (2)$$

gdzie:

y_1, \dots, y_p – wybrane cechy diagnostyczne obiektu.

Ogół cech diagnostycznych służących do oceny agregatu po naprawie podzielić można na dwa podzbiory cech: mierzalnych i niemierzalnych (Ryc. 3). Wartości cech mierzalnych, uzyskane podczas badań, należy porównać z wartościami wymaganymi przez dokumentację technologiczną i ocenić czy mieszczą się one w przewidzianych tam zakresach. Ponieważ dla każdej takiej cechy mamy jeden zakres wartości dopuszczalnych, to wartości cech uzyskane podczas badań diagnostycznych mogą być oceniane w sposób binarny, jak poniżej:

$$z_i = \Phi_2(y_i) = \begin{cases} 1, & \text{gdy } (y_i)_{\min} \leq y_i \leq (y_i)_{\max} \\ 0, & \text{gdy } y_i < (y_i)_{\min} \vee y_i > (y_i)_{\max} \end{cases} \quad (3)$$

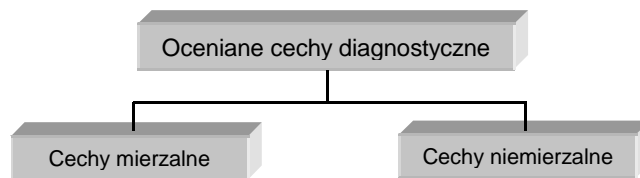
przy czym:

z_i – rezultat oceny cechy mierzalnej y_i ,
 Φ_2 – binarna funkcja oceny cech,
 $(y_i)_{\min}$, $(y_i)_{\max}$ – wartości graniczne cechy y_i

Cechy niemierzalne wymagają zamiany opisowej oceny (lingwistycznej) na binarną ze zbioru $\{0,1\}$. Przykładowo, dla takiej cechy jak szczelność, może to być:

- wartość 1, przy jej spełnieniu,
- wartość 0, przy jej niespełnieniu.

Dla tego rodzaju cech, binarną wartością kryterialną będzie zatem $(y_i)_{\min} = (y_i)_{\max} = 1$. Pozwala to również w tym przypadku na wykorzystanie zależności (3) podczas oceny cech niemierzalnych.



Ryc. 3. Podział ocenianych cech diagnostycznych agregatu

Wyniki uzyskane w trakcie badań po naprawie pozwalają więc na zaliczenie agregatu do jednej z dwu klas stanów technicznych, tj.: zdatności i niezdatności. W stanie zdatności każda cecha diagnostyczna nie może przekraczać wartości granicznych zakresu dopuszczalnego, a więc definicję tego stanu podaną w [2], przy uwzględnieniu formuły (3) można zapisać jako:

$$S_z \Leftrightarrow \mathbf{Y}^1 = \{z : \forall i [z_i = 1]\} \quad (5)$$

gdzie:

S_z – stan zdatności obiektu,

\mathbf{Y}^1 – wektor cech diagnostycznych w przestrzeni zdatności.

Stan niezdatności S_{nz} jest wynikiem przekroczenia przez dowolną cechę diagnostyczną jednej ze wartości granicznych, czyli:

$$S_{nz} \Leftrightarrow \mathbf{Y}^0 = \{z : \exists i [z_i = 0]\} \quad (6)$$

gdzie:

\mathbf{Y}^0 – wektor cech diagnostycznych w przestrzeni niezdatności.

Formuły (5) i (6) dają się łatwo wykorzystać podczas budowy komputerowego systemu wspomaganego badań diagnostycznych posiadającego funkcję samoczynnego formułowania diagnozy.

4. Cechy diagnostyczne agregatu prądotwórczego lokomotywy spalinowej podczas badań po naprawie

Badania diagnostyczne agregatu po naprawie obejmują sprawdzenie wartości określonego zbioru cech na hamowni, a także poza nią na specjalistycznych stanowiskach, na których bada się ważne podzespoły tego obiektu. Jak już wcześniej zaznaczono ostateczny odbiór tego obiektu poprzedza proces jego docierania, podczas którego następuje stopniowe obciążanie agregatu prądotwórczego. Dla poszczególnych stopni obciążania przedstawionych w Tabeli 1, ocenie podlegają takie cechy diagnostyczne, jak:

- temperatura cieczy chłodzącej na wlocie silnika: y_1 ,
- temperatura cieczy chłodzącej na wylocie silnika: y_2 ,
- temperatura oleju w misce olejowej silnika: y_3 .

Z danych przedstawionych w Tabeli 1 wynika, że cechy $y_1 \div y_3$ wymagają wielokrotnych pomiarów, dokonania ocen uzyskanych wyników i następnie zapisania wyników w bazie danych. Rezultatami końcowymi ocen tych cech będą:

$$z_1 = \prod_{j=1}^l \Phi_2[y_1(w_j)]; \quad z_2 = \prod_{j=1}^l \Phi_2[y_2(w_j)]; \quad z_3 = \prod_{j=1}^l \Phi_2[y_3(w_j)] \quad (7)$$

przy czym:

w_j – j -ta kombinacja warunków badania cech.

l – liczność listy warunków badania.

Tabela 1

Wymagane wartości temperatur cieczy chłodzącej na wlocie (y_1) i wylocie (y_2) z silnika oraz temperatury oleju w misce olejowej (y_3) podczas docierania agregatu na hamowni, przy różnych prędkościach obrotowych i obciążeniu silnika

Lp.	Warunki			Wartości dla cechy y_1 [°C]		Wartości dla cechy y_2 [°C]		Wartości dla cechy y_3 [°C]	
	czas pracy silnika [godz.]	nastawione [obr/min]	moc na zaciskach [kW]	min	max	min	max	min	max
1.	0,5	500	0	50	60	70	80	70	70
2.	0,5	500	68	50	60	70	80	70	70
3.	0,5	500	135	50	60	70	80	70	70
4.	0,5	570	135	60	70	70	80	70	70
5.	0,5	570	182	60	70	70	80	70	70
6.	0,5	640	182	60	70	70	80	70	70
7.	0,5	640	234	60	70	70	80	70	70
8.	0,5	710	234	60	70	70	80	70	70
9.	0,5	710	256	60	70	70	80	75	80
10.	0,5	780	286	60	70	70	80	75	80
11.	0,5	780	348	60	70	70	80	75	80
12.	0,5	860	348	60	70	70	80	75	80
13.	1,0	860	408		75		85	75	80
14.	0,5	930	408		75		85	75	80
15.	1,0	930	474		75		85	75	80
16.	0,5	1000	474		75		85	75	80
17.	1,0	1000	540		75		85	75	80

Podczas docierania ocenie podlegają również cechy $y_4 \div y_{13}$, a po jego zakończeniu cechy $y_{14} \div y_{23}$. Cechy te są wyszczególnione w Tabeli 2.

Tabela 2

Lista wymaganych wartości pozostałych cech diagnostycznych, które są oceniane podczas i po docieraniu agregatu na hamowni

Nazwa cechy	Oznaczenie cechy	Warunek dodatkowy	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Ocena binarna
Ciśnienie oleju w kolektorze olejowym	y_4	przy 500 obr/min	0,3 MPa		
		przy 1000 obr/min	0,5 MPa		
Ciśnienie oleju w przewodzie zasilającym łożyska wałków rozrządu	y_5	przy min. obr/min b. jałowego	0,12 MPa		
Ciśnienie oleju w przewodzie zasilającym dźwignie zaworowe	y_6	przy min. obr/min b. jałowego	0,12 MPa		
Równomierna praca silnika	y_7				1

Brak stuków metalicznych	y ₈				1
Brak odgłosów detonacyjnych	y ₉				1
Słyszalne szmery tarcia elementów silnika	y ₁₀				1
Kolor spalin inny niż niebieski lub brunatny	y ₁₁				1
Pompy wtryskowe nie nagrzewają się nadmiernie	y ₁₂				1
Pompy oleju nie nagrzewają się nadmiernie	y ₁₃				1
Obudowa prądnicy głównej nie nagrzewa się nadmiernie	y ₁₄				1
Czyste filtry oleju	y ₁₅				1
Brak śladów wypływu stopu łożyskowego w skrzyni korbowej	y ₁₆				1
Czysty filtr paliwa	y ₁₇				1
Pozytywny wynik sprawdzenia wtryskiwaczy	y ₁₈				1
Luz zaworów ssących i wydechowych	y ₁₉		0,5 mm	0,5 mm	
Poprawne kąty otwarcia i zamknięcia zaworów	y ₂₀				1
Poprawne kąty wyprzedzenia wtrysku	y ₂₁				1
Płynność przesuwania się listew regulacyjnych w układzie wtryskowym silnika	y ₂₂				1
Poprawność ustawienia pomp wtryskowych	y ₂₃				1
Poprawność regulacji wzbudzenia w układzie wzbudnica-prądnica główna	y ₂₄				1

Cecha y_4 wymaga dwóch pomiarów, czyli jej końcowa ocena będzie iloczynem ocen cząstkowych:

$$z_4 = \prod_{j=1}^2 \Phi_2 [y_4(w_j)] \quad (8)$$

Przejsie do drugiego etapu badań diagnostycznych agregatu na hamowni jest możliwe jeśli ogólny wynik docierania R_d agregatu jest pozytywny, czyli gdy dla cech, których indeksy i należą do zbioru $I_d = \{1, \dots, 24\}$ mamy:

$$R_d = \prod_{i \in I_d} z_i = 1 \quad (9)$$

Lista cech ocenianych podczas badań odbiorczych jest także zróżnicowana. Są na niej zarówno cechy mierzalne jak i niemierzalne. Wartości dopuszczalne tych cech podano w Tabeli 3.

Tabela 3

Lista wymaganych wartości cech diagnostycznych, które są oceniane podczas badań odbiorczych agregatu na hamowni

Nazwa cechy	Oznaczenie cechy	Warunek dodatkowy	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Ocena binarna
1	2	3	4	5	6
Ciśnienie wstępnego olejenia	y ₂₅	5 min. po uruchomieniu pompy	0,15 MPa		
Uruchomienie silnika w czasie nie dłuższym niż	y ₂₆	8 sek.			1
Rzeczywista prędkość obrotowa silnika	y ₂₇	nastawione 500 obr/min	480 obr/min	520 obr/min	
		nastawione 570 obr/min	547 obr/min	593 obr/min	
		nastawione 640 obr/min	614 obr/min	666 obr/min	
		nastawione 710 obr/min	682 obr/min	738 obr/min	
		nastawione 780 obr/min	749 obr/min	811 obr/min	
		nastawione 860 obr/min	847 obr/min	873 obr/min	
		nastawione 930 obr/min	916 obr/min	944 obr/min	
		nastawione 1000 obr/min	985 obr/min	1015 obr/min	
Zatrzymanie silnika przy nadmiernym wzroście prędkości obrotowej do	y ₂₈	1180÷1220 obr/min			1
Zatrzymanie silnika przy spadku ciśnienia oleju do wartości	y ₂₉	0,27÷0,3 MPa przy 1000 obr/min			1
		0,16÷0,2 MPa przy 500 obr/min			1
Ciśnienie spalania w cylindrach	y ₃₀		10 MPa	10 MPa	
Różnica ciśnień spalania w cylindrach silnika	y ₃₁	±3% średniej			1
Moc agregatu	y ₃₂	nastawione 500 obr/min	135 kW		
		nastawione 570 obr/min	182 kW		
		nastawione 640 obr/min	234 kW		
		nastawione 710 obr/min	286 kW		
		nastawione 780 obr/min	348 kW		
		nastawione 860 obr/min	408 kW		
		nastawione 930 obr/min	474 kW		
		nastawione 1000 obr/min	540 kW		
Temperatura cieczy chłodzącej na wejściu	y ₁		60 °C	75 °C	

Temperatura cieczy chłodzącej na wyjściu	y ₂		70 °C	85 °C	
Temperatura oleju na wejściu	y ₃₃		65 °C	80 °C	
Temperatura oleju na wyjściu	y ₃₄		70 °C	90 °C	
Ciśnienie oleju w kolektorze olejowym	y ₄		0,5 MPa	0,7 MPa	
Ciśnienie oleju w przewodzie zasilającym łożyska wałków rozrządu	y ₅		0,12 MPa	0,15 MPa	
Ciśnienie oleju w przewodzie zasilającym dźwignie zaworowe	y ₆		0,08 MPa	0,1 MPa	
Ciśnienie cieczy chłodzącej	y ₃₅		0,15 MPa	0,2 MPa	
Temperatura spalin	y ₃₆			580 °C	
Różnice temperatur spalania w cylindrach	y ₃₇	±30 °C średniej			1
Ciśnienie doładowania	y ₃₈		0,06 MPa		
Temperatura powietrza doładowującego	y ₃₉		85 °C		
Ciśnienie spalin	y ₄₀			20 hPa	
Jednostkowe zużycie paliwa	y ₄₁		245 g/kWh	257 g/kWh	
Chwilowy wzrost prędkości obrotowej przy zdjęciu obciążenia	y ₄₂	nastawione 570 obr/min		627 obr/min	
		nastawione 710 obr/min		781 obr/min	
		nastawione 860 obr/min		946 obr/min	
		nastawione 1000 obr/min		1100 obr/min	
Przejsie od obrotów biegu jałowego do obrotów znamionowych bez obciążenia	y ₄₃	8 sek.			1
Stabilność pracy silnika przy prędkości obrotowej i stopniowym wzroście obciążenia	y ₄₄	nastawione 1000 obr/min			1

Czas wybiegu turbosprężarki po zatrzymaniu silnika	Y ₄₅		10 sek		
Oporność izolacji prądnicy głównej w stanie nagrzanym	Y ₄₆		1,6 MΩ		
Oporność izolacji wzbudzenia własnego prądnicy głównej w stanie nagrzanym	Y ₄₇		1,0 MΩ		
Szczelność układu olejenia	Y ₄₈				1
Szczelność układu chłodzenia	Y ₄₉				1
Szczelność układu paliwowego	Y ₅₀				1

Cechy y_{27} , y_{30} , y_{32} i y_{36} wymagają ośmiu pomiarów, cecha y_{42} czterech, y_{28} dwu, a więc ich końcowe oceny będą iloczynami ocen cząstkowych:

$$\begin{aligned}
 z_{27} &= \prod_{j=1}^8 \Phi_2 [y_{27}(w_j)] ; & z_{28} &= \prod_{j=1}^2 \Phi_2 [y_{28}(w_j)] ; \\
 z_{30} &= \prod_{j=1}^8 \Phi_2 [y_{30}(w_j)] \\
 z_{32} &= \prod_{j=1}^8 \Phi_2 [y_{32}(w_j)] ; & z_{36} &= \prod_{j=1}^8 \Phi_2 [y_{36}(w_j)] ; \\
 z_{42} &= \prod_{j=1}^4 \Phi_2 [y_{42}(w_j)] & & (10)
 \end{aligned}$$

Ogólna ocena próby odbiorczej jest rezultatem oceny tych cech, których indeksy należą do zbioru I_o zawierającego:

$$I_o = \{1,2,4,5,6,25,\dots,50\} \quad (11)$$

Stan zdadności S_z , czyli pozytywny wynik końcowy próby odbiorczej R_o agregatu, przeprowadzonej na hamowni, będzie więc wtedy, gdy:

$$S_z \Leftrightarrow R_o = \prod_{i \in I_o} z_i = 1 \quad (12)$$

Z tabeli 1 i 3 oraz z (11) wynika, że cechy o indeksach $\{1,2,4,5,6\}$ wymagają sprawdzenia w obu etapach badania agregatu po naprawie. Ten fakt musi być uwzględniony w procesie budowy struktury tabel bazy danych, w taki sposób, aby była możliwość rozróżnienia etapu badań, w którym pomiary zostały wykonane.

Podsumowanie

Znajomość pełnej listy cech diagnostycznych, badanych na hamowni po naprawie agregatów lokomotyw spalinowych, a także formalnych przesłanek ich

oceny jest warunkiem wstępnym budowy komputerowego systemu samoczynnie generującego diagnozę stanu technicznego dla tego obiektu. Baza danych takiego systemu musi być tak skonstruowana, aby istniała możliwość zachowania wartości granicznych wszystkich cech mierzalnych, wymaganych wartości cech niemierzalnych i szeregu innych danych dotyczących identyfikacji obiektów badanych. Daje to później możliwość szybkiego formułowania diagnozy stanu technicznego, a także wyszukiwania wyników badań wykonanych wcześniej. Podjęcie budowy systemu wspomaganego dla oceny cech badanych, stwarza również możliwość automatyzacji procesu pomiaru i zachowania wyników. Oprócz odciążenia pracowników od konieczności prowadzenia ręcznych zapisów może to wpłynąć korzystnie na zmniejszenie ilości błędów popełnianych w trakcie badań.

Literatura

- [1] Kowalski S., Sowa A., *Klasyfikacja metod diagnostyki technicznej stosowanych w zakładzie napraw taboru kolejowego. Problemy Eksploatacji z. 2/2007. ITE Radom 2007, 149-158.*
- [2] Sowa A., *Klasyfikacja stanów w eksploatacji pojazdów szynowych. Czasopismo Techniczne, seria Mechanika, Politechnika Krakowska 2005, z. 3-M s. 269-278.*
- [3] Sowa A., *Wykorzystanie krzywych zużycia w konstrukcji wektora stanu technicznego obiektu diagnostyki. Problemy Eksploatacji z.2/2007. ITE Radom 2007, 65-76.*
- [4] *CBK-S przy ZNTK Poznań, Próba silnika spalinowego a8C22 lokomotywy SM42 na hamowni. Instrukcja technologiczna Nr IS1.02.02/14, Poznań 1970.*