

Sławomir KOWALSKI

NEWAG S.A. Nowy Sącz, Politechnika Krakowska, Kraków

Andrzej SOWA

Politechnika Krakowska, Kraków

KLASYFIKACJA METOD DIAGNOSTYKI TECHNICZNEJ STOSOWANYCH W ZAKŁADZIE NAPRAW TABORU KOLEJOWEGO

Słowa kluczowe

Eksploatacja techniczna, diagnostyka techniczna, pojazdy szynowe, metody badań diagnostycznych, klasyfikacja badań diagnostycznych.

Streszczenie

W artykule przedstawiono elementy systemu diagnostyki technicznej wykorzystywane w zakładzie napraw taboru kolejowego. Badania diagnostyczne, wykonywane w trakcie procesu napraw podzielono na grupy pod względem stopnia automatyzacji i czasu ich trwania. Wyróżniono grupy badań ręcznych i skomputeryzowanych oraz krótko- i długotrwałych. W każdej grupie przedstawiono szereg przykładowych parametrów diagnostycznych. Omówiono także główne kierunki ewolucji urządzeń stosowanych w diagnostyce serwisowej pojazdów szynowych.

Wprowadzenie

Eksploatacja pojazdów szynowych, podobnie jak i innych współczesnych, złożonych obiektów technicznych, jest niemożliwa bez istnienia skutecznego

systemu diagnostyki technicznej. Można ponadto zauważyć, że rola tego systemu będzie w dalszym ciągu wzrastać ze względu na rozwój technik pomiarowych i informatyki. Stosowane metody diagnostyki dostarczają przede wszystkim informacji umożliwiających ocenę stanu technicznego, a niekiedy także i lokalizację niezdatności. Rozwój w tej dziedzinie będzie się przejawiał zarówno w zastępowaniu uciążliwych i prostych metod, jak i obejmowaniu badaniami diagnostycznymi podzespołów dotychczas niekontrolowanych.

Istniejące systemy diagnostyki technicznej pojazdów szynowych, ze względu na ich usytuowanie, można podzielić jak na rys. 1. Są to systemy:

- diagnostyki pokładowej,
- diagnostyki serwisowej,
- diagnostyki szlakowej.



Rys. 1. Podział urządzeń systemu diagnostyki technicznej pojazdów szynowych ze względu na ich usytuowanie

O ile dwa pierwsze systemy spotyka się w przypadku innych pojazdów lądowych, a także złożonych maszyn roboczych czy rolniczych, to ostatni jest charakterystyczny dla pojazdów szynowych. Oprócz usytuowania, każdy z tych systemów różni się także pod względem realizowanych zadań. Głównym zadaniem dla urządzeń diagnostyki pokładowej jest, w trakcie użytkowania, bieżąca kontrola poprawności funkcjonowania istotnych zespołów pojazdu szynowego a w mniejszym zakresie lokalizacja niezdatności. Systemy diagnostyki serwisowej mają za zadanie określić poziom zużycia określonych elementów, dostarczyć danych pozwalających na lokalizację uszkodzeń, a po naprawie sprawdzić wartości parametrów decydujących o dopuszczeniu pojazdu do ruchu. Zadaniem urządzeń diagnostyki szlakowej, instalowanych w pobliżu toru, jest wykrywanie wszystkich tych symptomów, które mogą wskazywać na zagrożenie bezpieczeństwa ruchu poprzez możliwość spowodowania uszkodzenia pojazdu lub torowiska. Można stwierdzić zatem, że najszerszy zakres zadań stawiany jest przed systemami diagnostyki serwisowej, stosowanymi w zakładzie napraw taboru

kolejowego. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie i klasyfikacja istotnych elementów takiego systemu diagnostyki.

1. Metody diagnostyki serwisowej

W trakcie procesu napraw taboru kolejowego, opisywanych np. w [1], wykonywanych jest wiele operacji kontrolno-pomiarowych i ocen stanu technicznego zespołów i elementów pojazdów szynowych. Nie każda z nich może być jednak zaliczona do diagnostyki technicznej. Czynnikiem decydującym jest tu definicja diagnostyki, którą za poz. [2] można przyjąć jako: „dział nauki o eksploatacji zajmujący się problemami związanymi z rozpoznawaniem stanu technicznego obiektu bez demontażu lub przy częściowym demontażu nie naruszającym podstawowych funkcjonalnych połączeń elementów”. Ponadto przez stan techniczny należy rozumieć pewną własność pojazdu determinowaną przez wartości pewnych cech (parametrów) mierzonych i ocenianych w procesie diagnostyki [3].

Dla każdego pojazdu szynowego, przyjętego do zakładu naprawczego, wypełnia się protokół zdawczo-odbiorczy, po czym pojazd jest odstawiany na stanowisko demontażu. Zostaje tam odłączony układ jezdny od nadwozia, a w przypadku lokomotyw spalinowych z kabiny maszynowej demontowany jest również silnik spalinowy oraz urządzenia elektryczne (podobnie jest w przypadku lokomotyw elektrycznych i elektrycznych zespołów trakcyjnych). Zdemontowane podzespoły zostają przetransportowane na stanowiska robocze poszczególnych wydziałów i tam poddawane naprawie.

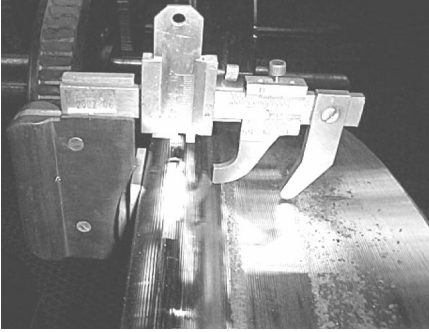
Po wymontowaniu zestawów kołowych z wózka przeprowadza się badania diagnostyczne mające na celu wykrycie pęknięć ramy wózka. Polega to na pokryciu powierzchni ramy, szczególnie w okolicach spoin, specjalnym płynem o zdolnościach penetracyjnych. Po jej zaschnięciu uwidaczniają się miejsca pęknięte. Podobną metodą wykrywa się pęknięcia tarcz kół zestawów kołowych.

Oprócz tego zestawy kołowe poddawane są także innym badaniom. Przed naprawą są to badania zgodności wymiarów geometrycznych z wymaganiami zawartymi w [4] oraz badania defektoskopowe, a po naprawie badanie rezystancji i wyrównowazenia zestawu.

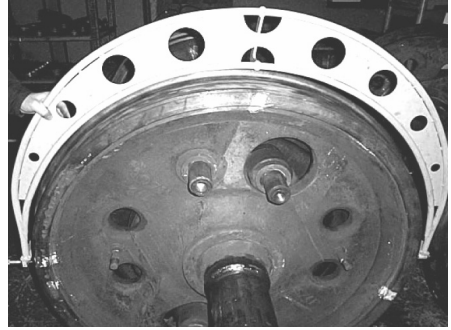
Do pomiarów geometrii zestawu kołowego wykorzystuje się specjalistyczną suwmiarkę, średnicówkę, sprawdziany profilu i ultradźwiękowy grubościomierz (rys. 2 i 3).

Zestawy kołowe poddawane są badaniom defektoskopowym za pomocą urządzeń jak na rys. 4, mających na celu wykrycie pęknięć zmęczeniowych, a także innych wad materiałowych (np. pęcherzy, wtrąceń niemetalicznych).

a)

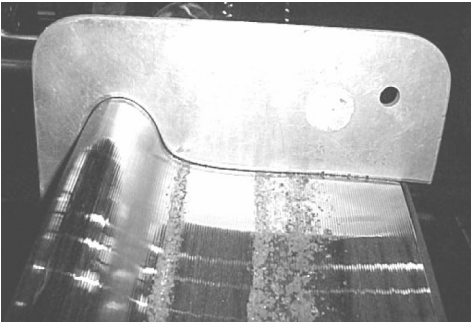


b)



Rys. 2. Suwmiarka specjalna (a) i przyrząd do pomiaru średnicy koła (b)

a)



b)



Rys. 3. Sprawdzian do profilu obrzeża obręczy (a) i grubościomierz ultradźwiękowy (b)



Rys. 4. Stanowisko do defektoskopii ultradźwiękowej

Przed montażem zestawu kołowego do wózka sprawdza się jego wyważenie na specjalnej wyważarce, a następnie mierzy się rezystancję zestawu za pomocą omomierza.

W przypadku lokomotyw spalinowych cały silnik i jego zespoły poddawane są badaniom diagnostycznym. Ważnymi, diagnozowanymi zespołami są: pompy wtryskowe, wtryskiwacze, regulatory. Badania te odbywają się na specjalistycznych stanowiskach. Po naprawie silniki spalinowe wymagają docierania na hamowni (rys. 5), a potem poddaje się je próbie odbiorczej z udziałem uprawnionego komisarza. Badania na hamowni umożliwiają sprawdzenie szeregu parametrów, a wyniki zestawia się w specjalnych kartach pomiarowych.



Rys. 5. Sterownia stanowiska badawczego hamowni

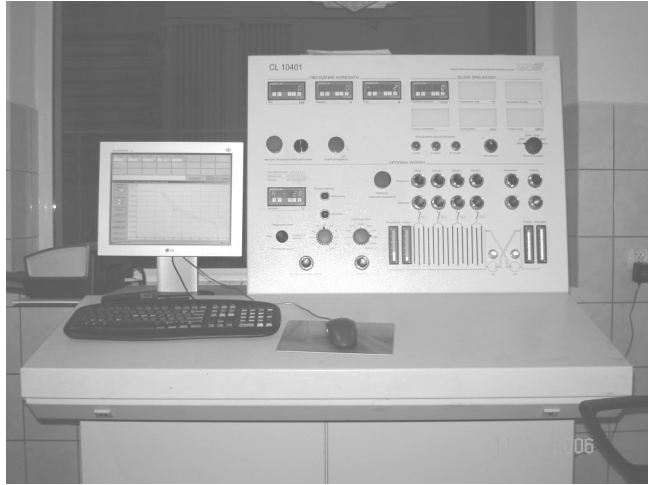
Znaczna ilość badań diagnostycznych dotyczy aparatury i maszyn elektrycznych lokomotyw. Badania aparatury elektrycznej są przeprowadzane na stanowiskach napraw. W przypadku styczników są to przykładowo badania: rezystancji izolacji, spadku napięcia w obwodzie głównym, rezystancji uzwojeń i oporników, szczelności obwodu pneumatycznego, kształtu i grubości styków, siły docisku oraz czasów otwierania i zamykania styków.

Po naprawie maszyny elektryczne są przekazywane na stację prób, gdzie poddaje się je ponownie badaniom pełnym i niepełnym wg odpowiednich norm.

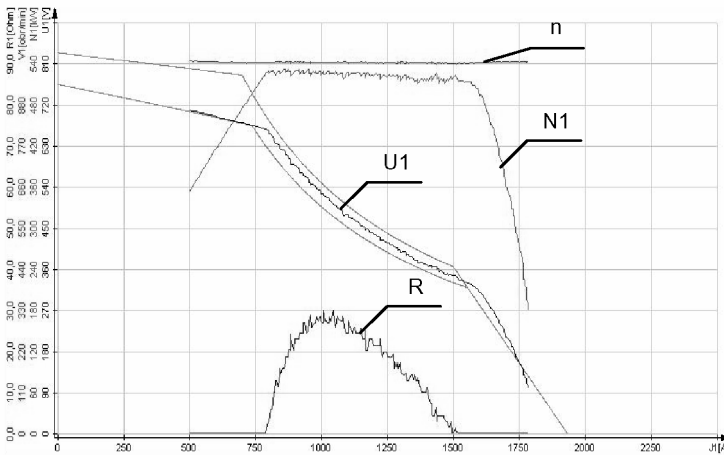
W przypadku lokomotyw elektrycznych dokonuje się również badań diagnostycznych odbieraków prądu (kształtu i grubości nakładek, siły nacisku, czasów podnoszenia i opuszczania odbieraka).

Po zakończeniu naprawy, a przed wyjazdem na próbę, lokomotywy spalinowe poddaje się badaniom na oporniku wodnym (rys. 6), według procedury zawartej w [5]. Mierzy się wówczas takie same parametry jak spalinowego używanej jest na podstawie wyników badań godzinowego zużycia paliwa przy

biegu jałowym oraz przy obciążeniu znamionowym. Parametrami uzupełniającymi są także: zadymienie spalin oraz emisja substancji szkodliwych. Stanowisko wykorzystywane w tych badaniach jest skomputeryzowane, co pozwala na łatwą archiwizację wyników i ich wizualizację na ekranie monitora (Rys. 7).



Rys. 6. Stanowisko pomiarowe opornika wodnego



Rys. 7. Ekran monitora podczas regulacji charakterystyki zewnętrznej lokomotywy serii SM42: U1 – napięcie prądnicy głównej, N1 – moc, n – prędkość obrotowa, R – rezystancja opornika RRW

Na nowoczesnym, również skomputeryzowanym stanowisku odbywa się diagnostyka zawieszenia lokomotyw (rys. 8a). Pozwala ona na pomiar nacisków statycznych kół pojazdów szynowych w warunkach wymuszonego i kontrolowanego wichrowania kół, tj. podczas ich przemieszczenia w dół i w górę, w wymaganym przez normy zakresie. Zmierzone wartości nacisków i przemieszczenia umożliwiają wykreślenie histerezy tarcia wewnętrznego w układach resorowania i elementach tłumiących (rys. 8b). Można dzięki temu określić odchyłki nacisków kół spowodowane wadliwym montażem lub uszkodzeniem elementów usprężynowania, tarciami suchymi w układzie prowadzenia osi lub wadliwego położenia środka ciężkości. Na stanowisku tym można także badać sztywność skrętną całego pojazdu.

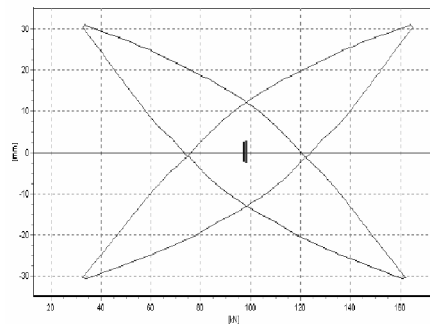
W końcowym okresie procesu naprawy pojazdów szynowych przeprowadza się badania diagnostyczne hamulców (rys. 9).

Po pomyślnym zakończeniu wszystkich badań diagnostycznych, którym poddawany jest naprawiony pojazd szynowy przeprowadza się jego próbę odbiorczą na torach PKP, a następnie, po komisarycznym odbiorze, przekazuje się go użytkownikowi.

a)



b)



Rys. 8. Widok lokomotywy na stanowisku do badania nacisków kół (a) i wzorcowy wykres [6] badania jednego zestawu kołowego (b)



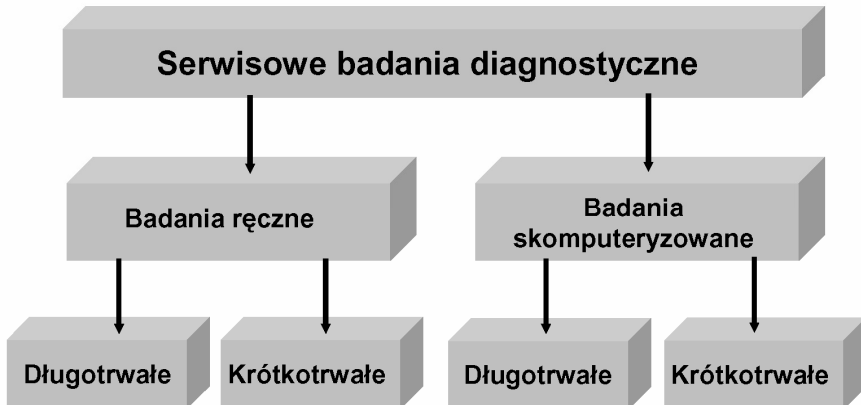
Rys. 9. Stanowisko do badania układów hamulcowych pojazdów szynowych

2. Klasyfikacja metod diagnostyki

Badania diagnostyczne pojazdów szynowych prowadzone w zakładzie napraw taboru można klasyfikować biorąc pod uwagę różne kryteria. Najważniejsze z nich to poziom automatyzacji i czas trwania pomiarów. Pierwsze kryterium umożliwia wyodrębnienie dwu kategorii badań, tj.:

- badań ręcznych, podczas których człowiek wykonuje czynności związane z pomiarami, analizą oraz archiwizacją wyników, a także wizualizacją i formułowaniem oceny stanu technicznego,
- badań skomputeryzowanych, w których rola człowieka sprowadza się jedynie do ogólnego nadzoru nad ich przebiegiem.

W każdej z tych kategorii można wyróżnić grupę badań krótkotrwałych oraz długotrwałych (rys. 10). Dla ich wyodrębnienia, jako wartość graniczną czasu trwania badań, można przyjąć w tym przypadku 1 godzinę.



Rys. 10. Klasyfikacja serwisowych badań diagnostycznych

Wykaz poszczególnych kategorii badań diagnostycznych, wg podziału jak na rys. 10, przedstawiają Tabele 1÷4. W tabelach tych zamieszczono wybraną część parametrów diagnostycznych, pozwalających na ocenę stanu technicznego ważnych zespołów pojazdu szynowego.

Badania na stanowiskach skomputeryzowanych, dzięki możliwości łatwej archiwizacji wyników, umożliwiają sporządzanie charakterystyk zmian parametrów diagnostycznych (np. podczas badania nacisków kół). Jest to szczególnie istotne w przypadku badania szybkozmiennych parametrów diagnostycznych (np. ciśnienia spalania w cylindrach), jak również wtedy, gdy ważny jest kształt charakterystyki ich zmian (np. histereza jak na rys. 8b).

Tabela 1. Badania diagnostyczne ręczne krótkotrwałe

Nazwa badania	Parametr mierzony	Urządzenie pomiarowe, wyposażenie
Badania penetracyjne	długość pęknięcia	penetrant fluorescencyjny, barwny i wywoływacz
Badanie geometrii zestawu kołowego	grubość obręczy	elektroniczny grubościomierz
	szerokość obręczy	suwmiarka
	średnica kół w okręgu tocznym	średnicówka, przystawka na tokarni podtorowej
	tolerancja zarysu powierzchni tocznej	szczelinomierz, sprawdzian zarysu
	stan powierzchni obrzeża i powierzchni tocznej zarysu	wzorzec chropowości
	bicie powierzchni wewnętrznej obręczy	czujnik pomiarowy o dokładności 0,01mm
	bicie promieniowe powierzchni tocznej	czujnik pomiarowy o dokładności 0,01mm
	grubość obrzeża	suwmiarka specjalna
	wysokość obrzeża	suwmiarka specjalna
	stromość obrzeża	suwmiarka specjalna
	głębokość wytarcia na powierzchni tocznej	suwmiarka specjalna
	nawis materiału na krawędzi powierzchni roboczej	suwmiarka tradycyjna
	odległość między wewnętrznymi powierzchniami obręczy	przyrząd specjalny
symetria kół względem pionowej osi zestawu kołowego	przyrząd specjalny	
Badanie rezystancji zestawu kołowego	rezystancja	omomierz
Badanie odbieraka prądu	docisk statyczny ślizgacza	dynamometr
	czas podnoszenia ślizgacza	stoper
	czas opuszczania ślizgacza	stoper
	szczelność układu pneumatycznego	woda z mydłem
Badanie ostoi wózka	położenie wysokości gniazd	wysokościomierz
	różnica wymiarów krzyżowych	czujnik
	roztawienie wewnętrzne gniazd	suwmiarka
	szerokość wykroju gniazd	sprawdzian
	poprzeczne rozstawienie wykroju przewodników maźnic	przyrząd specjalny
	wzdłużne rozstawienie przewodników maźniczych	sprawdzian, szczelinomierz

Tabela 2. Badania diagnostyczne ręczne długotrwałe

Nazwa badania	Parametr mierzony	Urządzenie pomiarowe, wyposażenie
Hamowanie silnika spalinowego	temperatura oleju	termometr
	ciśnienie oleju	manometr
	temperatura wody chłodzącej	termometr
	temperatura spalin	termometr
	szczelność układu chłodzenia	ocena wzrokowa
	szczelność układu paliwowego	ocena wzrokowa
	szczelność układu smarowania	ocena wzrokowa
	prawidłowość pracy silnika	ocena słuchowa
	zużycie paliwa	waga
	moc silnika	woltomierz, amperomierz
Wyważanie zestawu kołowego	masa niewyważenia	urządzenie specjalne
Badanie silników elektrycznych	owalizacja komutatora w stanie zimnym i nagrzanym	czujnik wskaźnikowy, miernik elektryczny
	docisk szczotek	dynamometr
	rezystancja izolacji na zimno	induktor
	rezystancja uzwojeń	urządzenie do badań metodą mostkową lub techniczną

Tabela 3. Badania diagnostyczne skomputeryzowane krótkotrwałe

Nazwa badania	Parametr mierzony	Urządzenie pomiarowe, wyposażenie
Badanie defektoskopowe	pęknięcia	defektoskop ultradźwiękowy
	wtrącenia metaliczne	
Badanie nacisku	rzeczywiste naciski na szynę poszczególnych kół	stanowisko specjalne
	rzeczywiste naciski na szynę poszczególnych osi	
	rzeczywiste naciski na szynę poszczególnych wózków	
	charakterystyki histerezowe zawieszenia	
	szytywność skrętna	

Podsumowanie

Badania diagnostyczne prowadzone w zakładzie napraw taboru kolejowego charakteryzują się różnorodnością stosowanych do tego metod i środków. Podstawą oceny stanu technicznego naprawianego pojazdu są pomiary wykonane zarówno z użyciem prostych przyrządów, jak i skomplikowanych, skomputeryzowanych stanowisk. Aktualnie stanowi to pewien system serwisowych badań diagnostycznych, który, jak można się spodziewać, będzie podlegał ewolucji.

Tabela 4. Badania diagnostyczne skomputerywane długotrwałe

Nazwa badania	Parametr mierzony	Urządzenie pomiarowe, wyposażenie
Badanie na oporniku wodnym	godzinowe zużycie paliwa	stanowisko specjalne
	jednostkowe zużycie paliwa	
	ciśnienie oleju	
	ciśnienie sprężania w cylindrach	
	ciśnienie spalania w cylindrach	
	ciśnienie doładowania	
	ciśnienie rozprężania dla 36° po GMP	
	podciśnienie ssania turbosprężarki	
	podciśnienie w skrzyni korbowej	
	temperatura spalin w kolektorach	
	kąt samozapłonu	
dawka paliwa		
Badanie hamulców	szczelność układu hamulcowego	stanowisko specjalne
	czas napełniania zbiorników: pomocniczego i sterującego	
	ciśnienie w cylindrach hamulcowych	
	czas napełniania cylindrów hamulcowych	
	skok tłoka cylindra hamulcowego	
	czułość hamulca	
	nieczułość hamulca	
	hamowanie i odhamowanie stopniowe	

Pierwszym i najprostszym do realizacji problemem jest utworzenie komputerowej bazy danych, umożliwiającej zapis parametrów mierzonych oraz automatyzację procesu formułowania oceny stanu technicznego [7]. Oczekiwać należy również sukcesywnego odchodzenia od pomiarów wykonywanych ręcznie, a także wprowadzania innych urządzeń diagnostycznych w miarę pojawiania się nowych możliwości pomiarowych. W przypadku diagnostyki serwisowej szczególnie pożądane jest zbudowanie urządzeń z możliwością automatycznej lokalizacji niezdatności w złożonych układach pneumatycznych (np. hamulcowych) czy elektrycznych i elektronicznych. Wszystkie nowe rozwiązania w obszarze diagnostyki, dla obecnie eksploatowanego taboru, wymagają przeznaczenia istotnych nakładów na badania, budowę nowych urządzeń diagnostyki, jak również odpowiednie przystosowanie pojazdów. Można mieć nadzieję, że tego rodzaju nakładów nie trzeba będzie ponosić w stosunku do pojazdów nowych serii taboru, wprowadzanych do eksploatacji na krajowych liniach kolejowych.

Bibliografia

1. Baranowski E., Kościąg K., Maciszewski Z.: Naprawa taboru kolejowego. WKŁ, Warszawa 1987.
2. Hebda M., Niziński S., Pelc H.: Podstawy diagnostyki pojazdów mechanicznych. WKŁ, Warszawa 1980.
3. Sowa A.: Klasyfikacja stanów w eksploatacji pojazdów szynowych. Czasopismo Techniczne, seria Mechanika, Politechnika Krakowska 2005, z. 3-M, 269–278.
4. Instrukcja pomiarów geometrycznych zestawów kołowych pojazdów trakcyjnych Mt-11. Biuletyn Polskich Kolei Państwowych, Załącznik A do Nr 36 z dnia 26 grudnia 1996 r., poz. 154.
5. Informacja dla Firmy NEWAG SA: Diagnostyka agregatów prądotwórczych lokomotyw spalinowych z zastosowaniem przetworników pomiarowych wielkości nielektrycznych. Zakład Elektroniki Pomiarowej Wielkości Nielektrycznych. Marki 2005.
6. Instrukcja obsługi stanowiska diagnostycznego TENSAN TT-2700-044. TENS sp. z o.o., Sopot 2006.
7. Sowa A.: Struktura bazy danych dla systemu formułowania diagnozy stanu technicznego pojazdów szynowych. Materiały XVII Konferencji Naukowej Pojazdy Szynowe 2006, Kazimierz Dolny 2006, 643–650.

Recenzent:

Jerzy SZKODA

Classification of technical diagnostic methods used in rail vehicle repair works

Key words

Technical operation, technical diagnose, rail vehicles, diagnostic research methods, classification of diagnostic research.

Summary

The article presents some elements of a technical diagnostic system used in rail vehicles repair works. Diagnostic tests made during repair process were divided into groups with respect to automation extent and their duration. Groups of manual and computer tests as well short-lived and long-lasting tests were distinguished. In each group a number of exemplary diagnostic parameters were presented. The main trends of evolution of equipment used in service diagnostics of rail vehicles were also discussed.