

Badania dynamiczne taboru kolejowego

Dynamic research of rolling stock



Andrzej Zbiec

Mgr inż.

Instytut Kolejnictwa

azbiec@ikolej.pl



Grzegorz Wysocki

Mgr inż.

Instytut Kolejnictwa

qwysocki@ikolej.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono rozwój metod badawczych z zakresu badań dynamicznych taboru kolejowego w ujęciu historycznym oraz genezę dzisiejszych badań dynamiki i bezpieczeństwa jazdy oraz oddziaływania na tor z uwzględnieniem wartości dopuszczalnych dla poszczególnych parametrów. Omówiono rozwijane przez Instytut Kolejnictwa techniki pomiarowe mające sprostać pomiarom podczas jazdy sił Q (pionowej) i Y (poprzecznej) w strefie kontaktu koła z szyną. Wymieniono podstawowe założenia badań dynamicznych na sieci kolejowej. Przedstawiono metody obróbki danych pomiarowych i oceny wyników, zaprezentowano przykładowe wyniki w postaci graficznej.

Słowa kluczowe: Transport; Pojazdy szynowe; Dynamika

Abstract: The paper presents the development of research methods in the field of dynamic research of rolling stock in historical perspective as well as the genesis of today's dynamics and safety studies and impact on the track, taking into account the admissible values for particular parameters. Measuring techniques developed by the Railway Research Institute to measure Q (vertical) and Y (transverse) forces in the wheel-rail contact area has been discussed. Basic assumptions of dynamic tests on the railway network were mentioned. The methods of measuring data processing and the evaluation of results as well as examples of graphical results were presented.

Keywords: Transport; Rail Vehicles; Dynamics

Rozwój metod badawczych

Zagadnienia dotyczące badań dynamiki jazdy na przestrzeni lat były już przez autorów poruszane [1]. Jedną z dziedzin, będących już od wielu lat przedmiotem badań w pasażerskich pojazdach szynowych, było badanie oddziaływania drgań wynikających z poruszania się taboru kolejowego na odczucia pasażerów (początkowo bez uwzględniania czasu narażenia na oddziaływanie drgań). Koleje zrzeszone w UIC stosowały w tym celu wyznaczanie współczynnika spokojności biegu W_z będącego kombinacją częstotliwości i amplitudy drgań dla wszystkich częstotliwości dyskretnych, określonych za pomocą szybkiej transformaty Fouriera (FFT). Obliczoną wartość współczynnika spokojności biegu W_z oceniano wg tab. 1.

Badanie spokojności biegu za pomocą określania współczynnika W_z stało się historycznym pierwowzorem dla badań:

- komfortu jazdy pasażerów według Karty UIC 513 [2] i normy EN 12299 [3], a sam współczynnik W_z został

zastąpiony parametrem N_{MV} (w metodzie uproszczonej) lub parametrami N_{VA} i N_{VD} (w metodzie pełnej); narażenia maszynisty na oddziaływanie drgań (wg normy PN-EN 14253 [4] oraz dwóch rozporządzeń [5] i [6]);

- dynamiki i bezpieczeństwa jazdy oraz oddziaływania na tor (początkowo wg Karty UIC 518 [7], a obecnie wg normy PN-EN 14363 [8]).

Pierwsze dwa badania dotyczą oddziaływania drgań na organizm ludzki (pasażerów i maszynistów) i są bezpośrednią kontynuacją badania spokojności biegu za pomocą współczynnika W_z , natomiast trzecie badanie – zgodnie z tytułem karty UIC – dotyczy oceny dynamicznego zachowania się taboru kolejowego pod względem bezpieczeństwa, jakości biegu i oddziaływania na tor. W miarę rozwoju metod badawczych powołane przez UIC (Union Internationale des Chemins de Fer – Międzynarodowy Związek Kolejowy; od 1922 r.) ORE (Office des Recherches et d'Essais – Ośrodek Badań i Prób; od 1951 r.), zastąpione później przez ERRI (European

Rail Research Institute – Europejski Kolejowy Instytut Badawczy; od 1992 r.) – jako organy pomocnicze do centralnego prowadzenia badań i doświadczeń, których wiele zarządów kolejowych nie mogło podjąć we własnym zakresie ze względu na wysokie koszty takich badań lub ze względu na brak odpowiednich laboratoriów badawczych – prowadziły prace nad opracowaniem metod oceny zachowania się nowobudowanego lub modernizowanego taboru kolejowego podczas jazdy po prostej i w łukach o różnych promieniach. Chodziło o wpływ prędkości jazdy, parametrów toru (luzu w torze, nierówności pionowych i poprzecznych, przechyłki itd.) oraz parametrów samego pojaz-

Tab. 1. Ocena oddziaływania drgań na podstawie współczynnika spokojności biegu W_z

W_z	Ocena
1	ledwo zauważalne
2	wyraźnie odczuwalne
2,5	silne, ale wciąż komfortowe
3	silne, nieprzyjemne, ale wciąż tolerowane
3,25	bardzo nieprzyjemne
3,5	wyjątkowo nieprzyjemne, dokuczliwe, nietolerowane przy dłuższym oddziaływaniu
4	bardzo dokuczliwe, przy dłuższym oddziaływaniu szkodliwe

du (budowa wózka, usprężynowanie, budowa nadwozia itd.) na jego ocenę podczas jazdy. Pierwsza, tymczasowa wersja karty UIC 518 została wydana w lipcu 1995 r. i zawierała tylko niektóre ze stosowanych dzisiaj parametrów oceny. Jednakże od samego początku były one podzielone na trzy grupy:

- parametry związane z bezpieczeństwem jazdy;
- parametry związane z oddziaływaniem na tor;
- parametry związane ze spokojnością biegu pojazdu.

Na podstawie Karty UIC 518 powstała norma PN-EN 14363, której pierwsze wydanie miało miejsce w 2005 roku (jako EN), jako tłumaczenie w języku polskim w 2007 r., a obecnie obowiązujące jest z roku 2016. Należy tutaj wspomnieć, że norma PN-EN 14363 została uzupełniona normą PN-EN 16235 [9] o warunki zwolnienia niektórych wagonów towarowych z badań liniowych zgodnie z EN 14363. Obowiązujące Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności powołując się na normy europejskie przyczyniają się do częstszej ich aktualizacji. Ostatnie wydanie karty UIC 518 jest z października 2009 r.

W tabeli 2 zestawiono parametry oceny z pierwszego wydania Karty UIC 518 (lipiec 1995 r.) i ostatniego – 4 wydania (październik 2009 r.).

Symbole użyte w tabeli oznaczają:

Y – poprzeczna siła oddziaływania koła na tor,

Q – pionowa siła oddziaływania koła na tor,

H – poprzeczna siła oddziaływania zestawu kołowego na tor,

Y_{qst} – quasi-statyczna poprzeczna siła oddziaływania koła na tor w łukach,

Q_{qst} – quasi-statyczna pionowa siła oddziaływania koła na tor w łukach,

B_{qst} – quasi-statyczna siła oddziaływania na tor w łukach,

\ddot{y}^* – przyspieszenie poprzeczne na pudle pojazdu,

\ddot{y}_s^+ – przyspieszenie poprzeczne na wózku pojazdu,

\ddot{y}_s^* – przyspieszenie poprzeczne na pudle pojazdu,

\ddot{y}_q^* – quasi-statyczne przyspieszenie poprzeczne na pudle pojazdu,

\ddot{y}_{qst}^* – quasi-statyczne przyspieszenie poprzeczne na pudle pojazdu,

\ddot{z}^* – przyspieszenie pionowe na pudle pojazdu,

Tab. 2. Porównanie parametrów z I i IV wydania Karty UIC 518

Parametr	I wydanie	IV wydanie	
		metoda normalna	metoda uproszczona
bezpieczeństwo jazdy	$\Sigma Y, Y/Q$	$\Sigma Y, Y/Q, rms(\Sigma Y), \eta$	$H, \ddot{z}_s^*, rmsH, rms \ddot{y}_s^+, \ddot{y}_s^+, \ddot{y}_s^*, rms \ddot{y}_s^+$
oddziaływanie na tor	Q, Y_{qst}, Q_{qst}	$Q, Y_{qst}, Q_{qst}, B_{qst}$	
dynamiczne zachowanie się pojazdu	$\ddot{y}^*, \ddot{z}^*, rms \ddot{y}^*, rms \ddot{z}^*$		$\ddot{y}_q^*, \ddot{z}_q^*, rms \ddot{y}_q^*, rms \ddot{z}_q^*, \ddot{y}_{qst}^*$

\ddot{z}_s^* – przyspieszenie pionowe na pudle pojazdu,

\ddot{z}_q^* – quasi-statyczne przyspieszenie pionowe na pudle pojazdu,

η – współczynnik przewrócenia pojazdu,

rms – wartość średniokwadratowa danej wielkości.

Pierwsze wydanie nie zawierało podziału na normalną i uproszczoną metodę badawczą. Podział taki pojawił się od drugiego wydania (październik 1999 r.). Normalna metoda pomiarowa (badawcza) polega na pomiarze sił kontaktowych Q i Y w strefie kontaktu koła z szyną oraz przyspieszeń na pozostałych zestawach kołowych/wózkach i na pudle pojazdu. Uproszczona metoda pomiarowa polega na pomiarze poprzecznych sił H działających pomiędzy zestawem kołowym a maźnicą oraz przyspieszeń na pozostałych zestawach kołowych/wózkach i na pudle pojazdu. zastosowanie tej metody pokazano na rys. 1. Drugi wariant metody uproszczonej polega na wyłącznym pomiarze przyspieszeń. O wyborze metody decydują kryteria opisane w karcie UIC czy normie, takie jak: innowacyjność konstrukcji pojazdu, rodzaj układu biegowego, maksymalna prędkość, statyczny nacisk na oś, dopuszczalny niedobór przechyłki. Zmierzone wielkości przed dalszą obróbką podlegają filtrowaniu odpowiednimi filtrami. Wartości dopuszczalne poszczególnych parametrów, za normą PN-EN 14363, podano w tabeli 3.

Techniki pomiarowe stosowane w Instytucie Kolejnictwa

Laboratorium Badań Taboru Instytutu Kolejnictwa od początku pojawienia się karty UIC 518 wdrażało przedstawione w niej metody badawcze rozwijając jednocześnie techniki pomiarowe mające sprostać postawionym zadaniom badawczym. W okresie poprzedzającym wprowadzenie tej karty Laboratorium

prowadziło prace nad wdrożeniem techniki pomiarowej, polegającej na pomiarze podczas jazdy sił Q (pionowej) i Y (poprzecznej) w strefie kontaktu koła z szyną. Próby wdrożenia pomiarów sił kontaktowych Q i Y na styku koła i szyny rozpoczęto w IK w 1977 r. (wówczas Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa). Początkowo pomiar ten opierał się na pomiarze naprężeń na tarczy koła, wywołanych odkształceniami tarczy pod działaniem sił Q i Y. Metoda ta, wdrożona w 1980 r., wówczas okazała się mało dokładna i charakteryzowała się zafalowaniem sygnału wyjściowego, zależnością odczytu wartości siły Q od kąta obrotu zestawu oraz zauważalnego wpływu siły Q na siłę Y.

Kolejnym krokiem wdrożenia pomiarów sił kontaktowych Q i Y była podjęta w 1982 r. próba określenia tych sił na podstawie pomiarów naprężeń na szprychach kół szprychowych. Ze względu na duży wpływ odczytu sił Q na Y i odwrotnie, ta metoda nie znalazła zastosowania.

W 1987 roku IK (wówczas jako Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa) nawiązało współpracę z instytutem badawczym Niemieckich Kolei Federalnych w Minden, a następnie wykorzystując opracowaną dokumentację, rozpoczęło wdrażanie metody pomiaru sił kontaktowych Q i Y na podstawie pomiaru momentów gnących na osi zestawu kołowego [10]. W celu umożliwienia odczytu i zapisu mierzonych sił kontaktowych, w Laboratorium Badań Taboru powstało odpowiednie oprzyrządowanie elektroniczne, oparte początkowo na analogowym przetwarzaniu sygnałów pomiarowych, a następnie od 2001



1. Pomiar sił H wg metody uproszczonej (fot. Grzegorz Wysocki)

Tab. 3. Wartości dopuszczalne poszczególnych parametrów wg PN-EN 14363

Parametr	Wartość dopuszczalna
Suma sił prowadzących ΣY	$k_1(10+20Q_0/3)^{**1}$
Iloraz siły prowadzącej i pionowej Y/Q	$k_1 = 0,85$ – wagony towarowe $k_1 = 1$ – pozostałe pojazdy
Niestabilność (RMS ΣY)	$(\Sigma Y)/2$
Siły poprzeczne H	$k_2(10+20Q_0/3)^{**1}$ $k_2 = 0,75$ – wag. tow. próżne $k_2 = 0,8$ – wag. tow. ładowne $k_2 = 0,9$ – pozostałe pojazdy
Niestabilność (RMS H)	$H/2$
Siła pionowa na koło Q	
- dla prostych i w łukach o dużych promieniach	
· $V_{lim} \leq 160$ km/h	$\min z(90+Q_0)$ lub 200 kN ^{**1}
· 160 km/h $< V_{lim} \leq 200$ km/h	$\min z(90+Q_0)$ lub 190 kN ^{**1}
· 200 km/h $< V_{lim} \leq 250$ km/h	$\min z(90+Q_0)$ lub 180 kN ^{**1}
· 250 km/h $< V_{lim} \leq 300$ km/h	$\min z(90+Q_0)$ lub 170 kN ^{**1}
· $V_{lim} > 300$ km/h	$\min z(90+Q_0)$ lub 160 kN ^{**1}
- dla łuków o małych promieniach $250m < R < 600m$	$\min z(90+Q_0)$ lub 200 kN ^{**1}
- dla wszystkich odcinków i $V_{lim} \leq 100$ km/h i 225 kN $< P_0 \leq 250$ kN ^{**3}	$\min z(90+Q_0)$ lub 210 kN ^{**1}
Quasi-statyczna siła prowadząca Y_{qst}	60 kN
Quasi-statyczna siła pionowa na koło Q_{qst}	
· dla $P_0 \leq 225$ kN ^{**3}	145 kN
· dla 225 kN $< P_0 \leq 250$ kN ^{**3}	155 kN
Współczynnik przewrócenia pojazdu (dla $l_{adm} > 165$ mm) – η	1
Przyspieszenia poprzeczne na ramie wózka $(\ddot{y}_s^+)^{lim}$	$12 - Mb/S^{**2}$
Przyspieszenie poprzeczne na pudle $(\ddot{y}_s^*)^{lim}$	
- dla pojazdów trakcyjnych i taboru pasażerskiego	
· na prostych i w łukach o dużych promieniach	3 m/s ²
· na łukach o małych promieniach $400m < R < 600m$	$2,8$ m/s ²
· na łukach o małych promieniach $250m < R < 400m$	$2,6$ m/s ²
- dla wagonów towarowych	
· dla pojazdów wózkowych	3 m/s ²
· dla pojazdów bezwózkowych dla $P_0 \geq 200$ kN ^{**3}	3 m/s ²
· dla pojazdów bezwózkowych dla 60 kN $< P_0 < 200$ kN ^{**3}	$4,43 - P_0/140$
· dla pojazdów bezwózkowych dla $P_0 \leq 60$ kN ^{**3}	4 m/s ²
Przyspieszenia pionowe na pudle $(\ddot{z}_s^*)^{lim}$	
- dla pojazdów trakcyjnych i taboru pasażerskiego	
· z usprężynowaniem dwustopniowym	3 m/s ²
· z usprężynowaniem jednostopniowym	5 m/s ²
· z usprężynowaniem pneumatycznym bez powietrza	5 m/s ²
- dla wagonów towarowych	5 m/s ²
Stabilność na ramie wózka RMS $(\ddot{y}_s^+)^{lim}$	$(\ddot{y}_s^+)^{lim}/2$
Stabilność na maźnicy dla pojazdów bezwózkowych RMS $(\ddot{y}_s^*)^{lim}$	5 m/s ²
Przyspieszenie poprzeczne na pudle $(\ddot{y}_q^*)^{lim}$	
- lokomotywy (bez manewrowych) i wagony silnikowe	$2,5$ m/s ²
- lokomotywy manewrowe	-
- zespoły trakcyjne i wagony pasażerskie	$1,5$ m/s ²
- wózkowe wagony towarowe próżne	< 3 m/s ² (wart. wstępna)
- wózkowe wagony towarowe ładowne	$< 3,5$ m/s ²
- bezwózkowe wagony towarowe próżne	-
- bezwózkowe wagony towarowe ładowne	-
Przyspieszenie pionowe na pudle $(\ddot{z}_q^*)^{lim}$	
- lokomotywy (bez manewrowych) i wagony silnikowe	$2,5$ m/s ²
- lokomotywy manewrowe	-
- zespoły trakcyjne i wagony pasażerskie	$2,0$ m/s ²
- wózkowe wagony towarowe próżne	< 5 m/s ² (wart. wstępna)
- wózkowe wagony towarowe ładowne	$< 5,0$ m/s ²
- bezwózkowe wagony towarowe próżne	-
- bezwózkowe wagony towarowe ładowne	-

**1) Q_0 – nacisk na koło [kN]; **2) Mb – masa wózka [t]; **3) P_0 – statyczny nacisk na oś [kN]

roku – na przetwarzaniu cyfrowym. Do obróbki mierzonych sygnałów sił i przyspieszeń zakupiono specjalistyczne

oprogramowanie komputerowe, stworzone na podstawie wytycznych opracowanych przez Pracownię Obliczeń

i Rozwoju Techniki Pomiarowych w Laboratorium Badań Taboru. Równolegle w Instytucie Kolejnictwa opracowano i wykonano nowe głowice montowane na osiach pomiarowych zestawów kołowych (rys. 2). W głowicach tych zastosowano nowego typu, bezobsługowe kolektory poprawiające jakość transmisji sygnałów.

Podstawa i założenia badań dynamicznych

Badanie dynamiki i bezpieczeństwa jazdy oraz oddziaływania na tor pojazdów według Karty UIC 518 i normy PN-EN 14363 jest podstawowym badaniem, informującym o bezpieczeństwie jazdy i wzajemnym oddziaływaniu pojazdu szynowego z torem. Badania przeprowadzane są podstawowo w dwóch stanach ładowności (próżnym i ładownym), a dla pojazdów wyposażonych w usprężynowanie powietrzne – dodatkowo w stanie zdegradowanym (tzn. sprężyny powietrzne bez powietrza). Uzyskane w wyniku obróbki statystycznej wyniki porównywane są z wielkościami kryterialnymi. Zgodnie z wymaganiami ww. karty i normy, dla uzyskania pełnego obrazu nt. zachowania się pojazdu, badania dynamiki jazdy należy prowadzić na następujących odcinkach toru: prosta i łuki o bardzo dużym promieniu, łuki o dużym promieniu, łuki o małym promieniu (400 ÷ 600 m) i łuki o bardzo małym promieniu (250 ÷ 400 m). Badania należy prowadzić na torach o pochyleniu toków szynowych 1:20 oraz 1:40. Pełna procedura pomiarowa zakłada przebadanie pojazdu kolejowego na wszystkich ww. odcinkach i pochyleniach toków szynowych oraz różnych stanach ładowności. W pewnych przypadkach dopuszczalne jest prowadzenie badań na wybranych odcinkach lub pochyleniach toków szynowych albo w jednym stanie ładowności. Ze względu na możliwość porównywalności badań wykonanych na różnych sieciach kolejowych oraz ujednoczenia warunków badań zdefiniowano parametry określające stan utrzymania toru, na którym prowadzone są badania, ponieważ stan toru i jego parametry geometryczne rzutują w zasadniczy sposób na ruch pojazdu szynowego i poziom drgań mechanicznych występujący na badanym obiekcie. Do oceny stanu toru zde-

Tab. 4. Maksymalne wartości nierówności pionowych i poprzecznych

Maksymalna wartość nierówności QN3 [mm]		
	pionowych	poprzecznych
$v \leq 120$ km/h	16	13,0
$120 < v \leq 160$ km/h	13	10
$160 < v \leq 200$ km/h	12	9
$200 < v \leq 300$ km/h	10	8

Tab. 5. Wartości odchyłek standardowych nierówności pionowych i poprzecznych

Odchylenie standardowe nierówności [mm]				
	pionowych		poprzecznych	
	min	max	min	max
$v \leq 120$ km/h	1,80	2,50	1,05	1,45
$120 < v \leq 160$ km/h	1,40	1,85	0,75	1,00
$160 < v \leq 200$ km/h	1,15	1,60	0,70	0,90
$200 < v \leq 230$ km/h	1,05	1,45	0,65	0,80
$230 < v \leq 300$ km/h	0,85	1,15	0,50	0,65

Tab. 6. Zestawienie sposobu obróbki sygnałów

Wielkość	Filtr	Obróbka statystyczna dla sekcji		Obróbka statystyczna dla odcinka pomiarowego		
		Metoda obliczeń	Kwantyl	Kwantyl		
				Prosta	Łuk o dużym R	Łuk o małym R
(ΣY)	20 Hz Średnia ruchoma: - droga 2 m - poskok $\leq 0,5$ m	$F_1 = 0,15\%$ $F_2 = 99,85\%$	$F_1 = 0,15\%$ $F_2 = 99,85\%$	Dla każdego zestawu suma $l_x(F_1) i x_j(F_2)$	Dla każdego zestawu suma - prawy łuk $x_j(F_2)$ - lewy łuk $l_x(F_1)$	
Y/Q				-	Suma dla zewnętrznych kół - prawy łuk $x_j(F_2)$ - lewy łuk $l_x(F_1)$	
H				-	Suma dla zewnętrznych kół - prawy łuk $x_j(F_2)$ - lewy łuk $l_x(F_1)$	
$\dot{+}$ Y_S	10 Hz			Dla każdego zestawu suma $l_x(F_1) i x_j(F_2)$	Dla każdego zestawu suma - prawy łuk $x_j(F_2)$ - lewy łuk $l_x(F_1)$	
$\dot{-}$ Y_S	6 Hz		$F_1 = 0,15\%$ $F_2 = 99,85\%$	Dla każdego końca suma $l_x(F_1) i x_j(F_2)$	Dla każdego końca suma - prawy łuk $x_j(F_2)$ - lewy łuk $l_x(F_1)$	
$\dot{-}$ Z_S	0,4÷10 Hz			-	Dla każdego końca suma - prawy łuk $x_j(F_2)$ - lewy łuk $l_x(F_1)$	
Y_{qst}	>20 Hz		$F_0 = 50\%$	-	Dla każdego zestawu suma - prawy łuk $x_j(F_0)$ - lewy łuk $l_x(F_0)$	
Q_{qst}				-	Dla każdego zestawu suma zewnętrznych kół na łuku $x_j(F_2)$	
Q			$F_2 = 99,85\%$		Dla każdego zestawu $x_j(F_2)$ suma 1 do 4	Dla każdego zestawu suma zewnętrznych kół na łuku $x_j(F_2)$
$\dot{-}$ $\dot{*}$ $Y_{q_i} Z_{q_i}$	0,4÷10 Hz		$F_1 = 0,15\%$ $F_2 = 99,85\%$		Dla każdego końca suma $l_x(F_1) i x_j(F_2)$	

finiowano trzy parametry - QN1, QN2 i QN3, charakteryzujące nierówności pionowe i poprzeczne toru:

- QN1 - wartość nierówności, wymagająca obserwacji toru lub podjęcia środków zaradczych w ramach normalnego planu prac utrzymania toru;
- QN2 - wartość nierówności, kwalifikująca tor do szybkiego podjęcia środków zaradczych;
- QN3 - wartość nierówności, odpowiadająca jeszcze dopuszczalnemu stanowi toru, jednakże odmienna od typowej wartości, charakteryzującej stan utrzymania toru.

Pomiary wykonane na odcinkach (sekcjach) o wartości przekraczającej QN3 nie są brane do dalszej obróbki i oceny. Maksymalne wartości nierówności pionowych i poprzecznych podawane są w celach informacyjnych oraz w celu ewentualnego wyeliminowania sekcji o wartościach przekraczających QN3. Natomiast jakość toru określona jest poprzez odchylenia standardowe tych wielkości. Maksymalna wartość nierówności pionowych i poprzecznych QN3 podana jest w tabeli 4, a wartości odchyłek standardowych toru, na którym należy wykonywać badania podane są w tabeli 5.



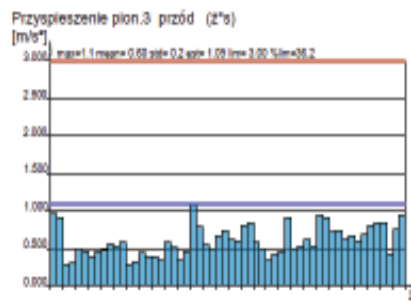
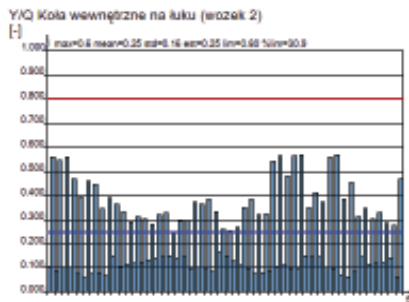
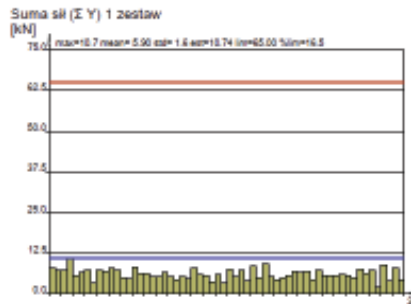
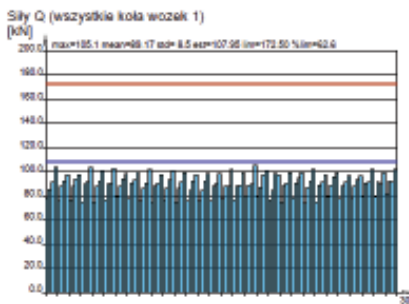
2. Nowe głowice do sił QY na zestawach pomiarowych Pendolino (fot. Andrzej Zbieć)

Obróbka i ocena wyników

Zarejestrowane dane pomiarowe poddawane są obróbce statystycznej. Metoda obróbki poszczególnych parametrów dokonywana jest w oparciu o tabelę nr 6. Uzyskane wyniki porównuje się z odpowiednimi wartościami kryterialnymi. Na rysunkach 3 – 10 zaprezentowano przykładowe wyniki w postaci graficznej. ◀

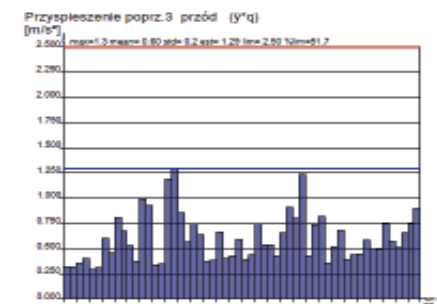
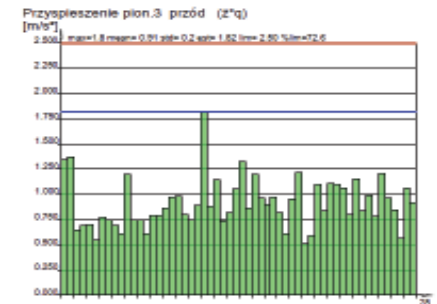
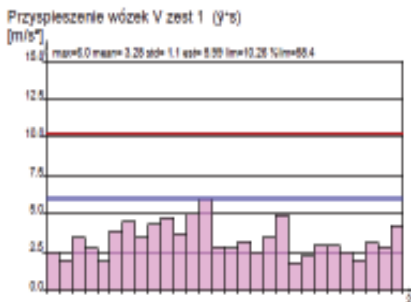
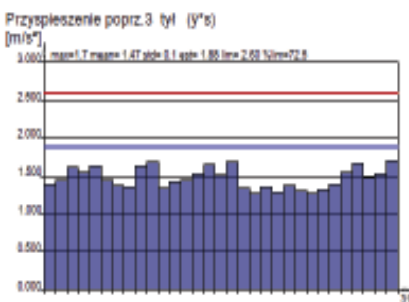
Materiały źródłowe

- [1] Z. Cichocki i in. „Rozwój metod badawczych własności mechanicznych taboru w sześćdziesięcioletniej historii Instytutu Kolejnictwa”, Problemy Kolejnictwa, Zeszyt 153, s. 93-116, Warszawa 2011
- [2] Karta UIC 513 „Guidelines for evaluating passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles”, wydanie I, 1.07.1994
- [3] PN-EN 12299:2009 „Kolejnictwo - Komfort jazdy pasażerów - Pomiary i ocena”
- [4] PN-EN 14253+A1:2011 „Drgania mechaniczne - Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia - Wytyczne praktyczne”
- [5] Załącznik nr 2 do Rozporz. Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.11.2002 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. nr 217, poz. 1833 z późn. zm.)
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz. U. nr 157, poz. 1318)
- [7] Karta UIC 518 „Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour - Safety - Track fatigue - Ride quality”, wydanie IV, wrzesień 2009
- [8] PN-EN 14363:2016-04 „Kolejnictwo – Badania i symulacje modelowe właściwości dynamicznych pojazdów szynowych przed dopuszczeniem do ruchu – Badania właściwości biegowych i próby stacjonarne



[9] PN-EN 16235:2013-12 „Kolejnictwo – Badania właściwości dynamicznych pojazdów szynowych przed dopuszczeniem do ruchu – Wagony towarowe – Warunki do zwolnienia wagonów towarowych o określonych właściwościach z badań liniowych zgodnie z EN 14363

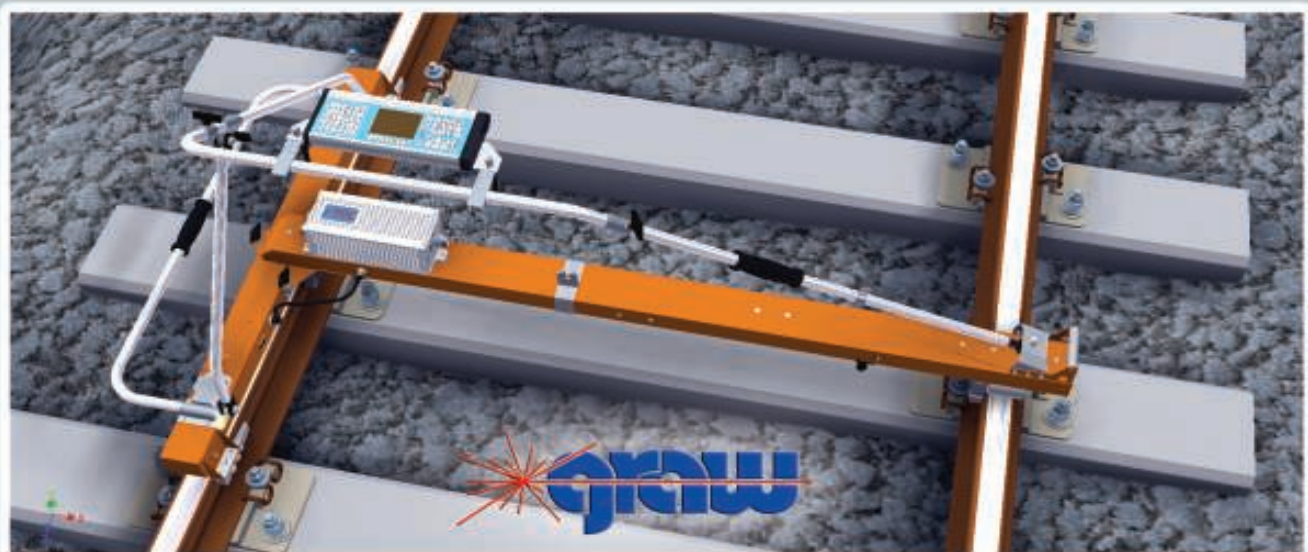
[10] „Opis metod pomiaru sił na styku koła szyna stosowanych w CNTK”, Laboratorium Badań Taboru CNTK, Warszawa, marzec 2003



3 - 10. Przykładowe wyniki w postaci graficznej z prac badawczych IK

REKLAMA

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com