

Diagnostyka w procesach naprawczych taboru kolejowego w PKP CARGO TABOR – CZERWIENSK, na przykładzie stanowiska do pomiaru ram wózków wagonów towarowych

Zbigniew Nowacki, Arkadiusz Fałek

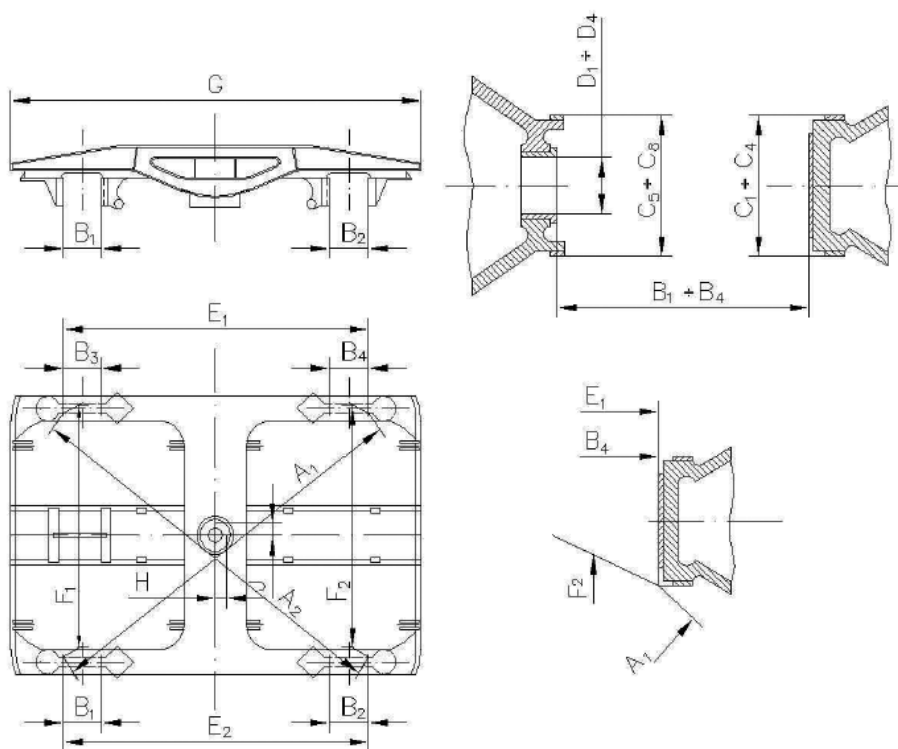
Artykuł przedstawia zagadnienie wykonywania pomiarów ram wózków wagonowych, na podstawie doświadczeń zdobytych w PKP CARGO TABOR – CZERWIENSK w czasie wykonywania napraw taboru. W pierwszej części artykułu autorzy przedstawili procedury pomiarowe obowiązujące w PKP CARGO, a następnie opisali sposób wykonywania pomiarów ram wózków wagonów towarowych. W dalszej części opisano nowe możliwości diagnostyczne, jakie dają najnowsze technologie tj. zastosowanie czujników laserowych i kamer. Następnie opisano budowę stanowiska pomiarowego oraz metodę wykonywania pomiarów opartą na wykorzystaniu tej technologii. W części końcowej omówiono zalety nowej metody pomiarowej oraz korzyści, jakie daje jej wdrożenie.



mgr Zbigniew Nowacki
PKP CARGO TABOR –
– CZERWIENSK Sp. z o.o.
z.nowacki@tabor-czerwinski.com



mgr inż. Arkadiusz Fałek
PKP CARGO TABOR –
– CZERWIENSK Sp. z o.o.
a.falek@tabor-czerwinski.com



PKP CARGO TABOR-CZERWIENSK została utworzona w maju 2009 roku, na bazie wyodrębnionego majątku i zatrudnienia trzech sekcji utrzymania i napraw taboru wagonowego i trakcyjnego, wchodzących w skład byłego Zakładu Taboru w Czerwiesku. Zgodnie z Kodeksem spółek handlowych, jest to spółka z ograniczoną odpowiedzialnością z jednym właścicielem – PKP CARGO S.A. Przedmiotem działalności Spółki jest świadczenie usług w zakresie napraw wagonów i lokomotyw.

W celu zapewnienia wysokiej jakości wykonywanych napraw taboru PKP CARGO TABOR – CZERWIENSK użytkuje odpowiednią infrastrukturę i zaplecze techniczne, które jest obecnie modernizowane. Wymogi techniczne w procesie utrzymania taboru powodują, że wykonawca takich usług musi systematycznie unowocześniać swój park maszynowy. Spółka doposażyła za-

1	Oznaczenie			A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	
2	Wymiar konstrukcyjny	25TN	(A ₁ -A ₂)≤1,5															143±0,7
26TN																		
3TN																		
3	Wymiar naprawczy	25TN	(A ₁ -A ₂)≤2,5															140,5
26TN																		
3TN																		
4	Wymiar rzeczywisty	przed naprawą																
		po naprawie																
1	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	E ₁	E ₂	F ₁	F ₂	G	H	J	W						
2	55 ^{+0,53} _{+0,34}				2074±1 (E ₁ -E ₂)≤1	1857±0,5 (F ₁ -F ₂)≤1	3250		±2	±2	-							
3	56,5				(E ₁ -E ₂)≤2	(F ₁ -F ₂)≤2	3250 ⁺⁸ ₋₃		±3,5	±2	±2							
4																		

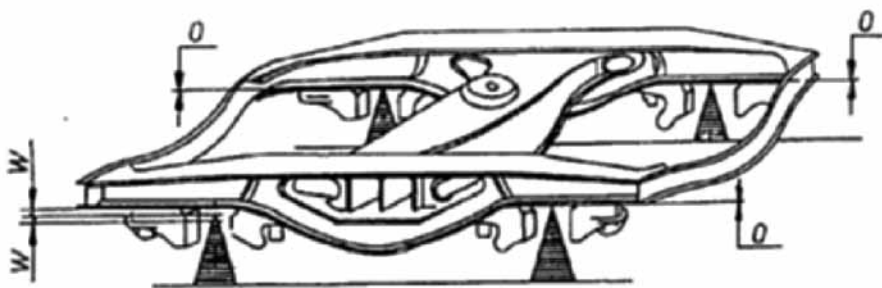
1. Fragment karty pomiarowej B0702 ramy wózka rodziny Y25 (25TN, 26TN, 3TN) z odmianami [1]

plecze techniczne w wiele nowoczesnych urządzeń diagnostycznych. Można tutaj wymienić następujące urządzenia: do badania zderzaków, aparatów ciągła, do prób obciążeniowych wózków wagonowych, do badania geometrii pudła wagonowego oraz do pomiaru geometrii ram wózków wagonowych. Każde z wymienionych urządzeń jest wyposażone w elektroniczny system pomiarowy, a komputer na stanowisku jest standardem. Na uwagę zasługuje to, że diagnostykę geometrii ram wózków i pudeł wagonowych wykonuje się z wykorzystaniem technologii laserowej. Zdobyte doświadczenia w zakresie stosowanych procesów naprawczych taboru kolejowego, pozwalają na połączenie tradycyjnych i nowoczesnych metod diagnostycznych. W niniejszym opracowaniu przedstawiono, jakie nowe możliwości daje wdrożenie nowoczesnej technologii w diagnostyce wózków wagonów towarowych.

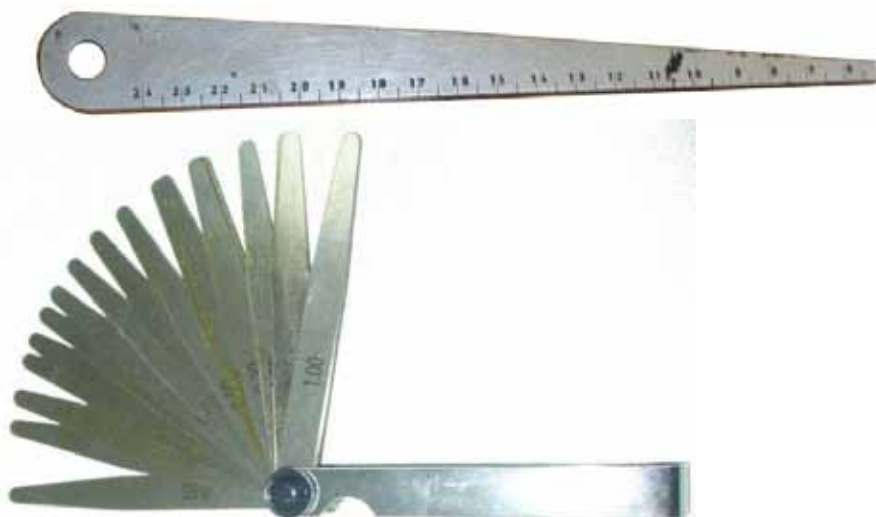
Z punktu widzenia użytkownika taboru kolejowego, najważniejszym zadaniem procesu naprawczego jest spełnienie dwóch podstawowych wymogów: bezpieczeństwa i niezawodności w eksploatacji. Osiągnięcie tych wymagań realizowane jest poprzez przywrócenie wymiarów konstrukcyjnych lub naprawczych, które są określone w dokumentacjach, zatwierdzonych przez Urząd Transportu Kolejowego. Czynności naprawcze są poprzedzane każdorazowo przeprowadzeniem oceny stanu technicznego naprawianego taboru. Podstawą prowadzonej diagnostyki są pomiary części i podzespołów taboru.

PKP CARGO TABOR - CZERWIŃSK zdobyła duże doświadczenie w zakresie napraw okresowych wagonów towarowych, szczególnie węglarek. Opracowanie niniejsze ma na celu zaprezentowanie zastosowanych w Spółce, innowacyjnych rozwiązań w zakresie metod pomiarowych, pozwalających na uproszczenie stosowanych obecnie technik, przy jednoczesnym osiągnięciu większej dokładności pomiarów oraz skróceniu ich pracochłonności.

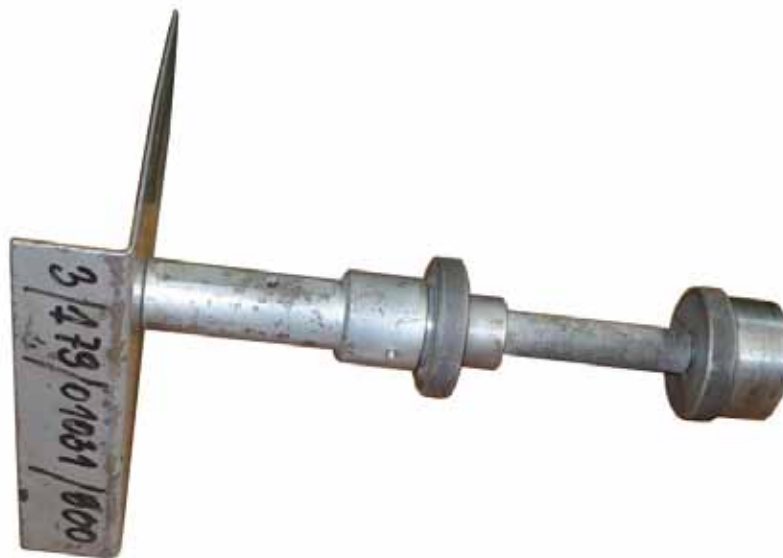
Spółka PKP CARGO TABOR – CZERWIŃSK, w kooperacji z podwykonawcą P.P.H.U „MICHĄŁ” - Michał Sidorenko, wprowadziła kilka nowych rozwiązań w zakresie wykonywania pomiarów, dotychczas nie stosowanych w procesach naprawczych. Ze względu na szeroki zakres pomiarów, koniecznych do wykonania w czasie weryfikacji wagonów przed poddaniem ich naprawie oraz wagę zagadnienia, w niniejszym opracowaniu przedstawiono jedno rozwiązanie, zastosowane przy diagnostyce ramy wózka wagonowego. Dodatkowo uwzględniono fakt, że po przewidzianej w procesie oceny stanu technicznego ramy wózka wstępnej weryfikacji, podjęta zostaje decyzja o wykonaniu pomiarów w zakresie



2. Ustawienie ramy wózka 25TN na podporach do pomiaru wchrowatości [1]



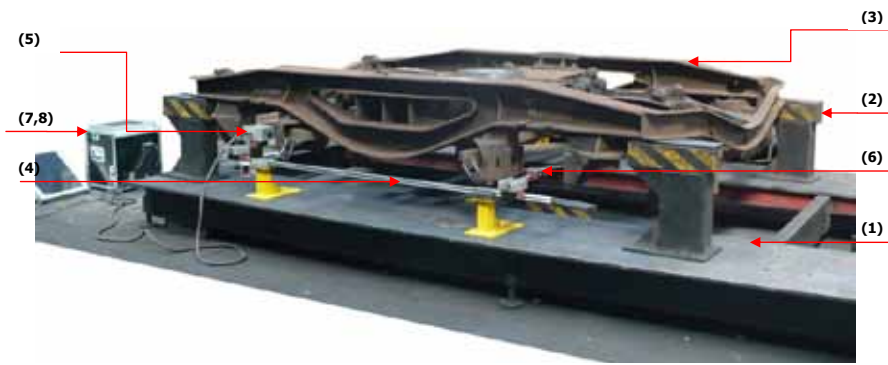
3. Przyrządy pomiarowe wykorzystywane do pomiaru wchrowatości wózków wagonowych



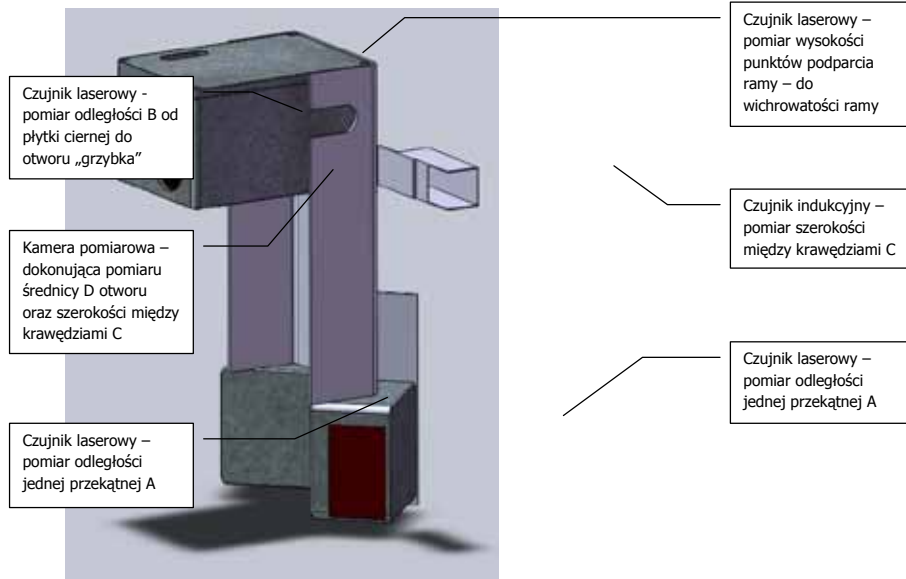
4. Przyrząd ustalający bazę pomiarową do określenia przekątnych A1 i A2



5. Przyrząd pomiarowy do pomiaru przekątnych A1 i A2



6. Stanowisko pomiarowe ram wózków wagonowych



7. Budowa głowicy pomiarowej

szczegółowym lub uproszczonym. Ponieważ prawie wszystkie badane ramy wymagają pomiaru uproszczonego, omawiana metoda dotyczy tego zakresu pomiarów. Ilustracja 1 przedstawia fragment karty pomiarowej Dokumentacji Systemu Utrzymywania, zwanej dalej DSU, obowiązującej w PKP CARGO.

Zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w DSU wagonów węglarek, zakres uproszczony pomiarów obejmuje:

- sprawdzenie wewnętrznej szerokości prowadnic maźnicy: B1, B2, B3, B4,
 - sprawdzenie szerokości prowadnicy maźnicy: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8,
 - sprawdzenie średnicy otworu grzybka ciernego w prowadnicy maźnicy D1, D2, D3, D4,
 - wykonanie pomiarów krzyżowych A1, A2.
- Na życzenie przedstawiciela PKP CARGO, zakres ten rozszerza się o pomiar wielkości wchrowatości W.

Stosowana obecnie technika pomiarów wymaga ich podziału na dwa etapy. Pierwszy etap pozwala na zmierzenie wchrowatości W i polega na tym, że ramę wózka ustawia się (zgodnie ze wzorem wskazanym w DSU) na wypoziomowanej płycie pomiarowej, na czterech podporach ulokowanych

w środkach okien maźniczych. Sposób ustawienia ramy wózka do pomiaru wchrowatości przedstawiono na ilustracji 2.

Za pomocą tradycyjnych przyrządów pomiarowych, tj. klina pomiarowego lub szczelinomierza, dokonuje się pomiaru wchrowatości, jako odchyłki na jednej z czterech wypoziomowanych podpór. W przypadku, gdy rama nie ma właściwej geometrii i opiera się na trzech podporach to oznacza, że jest zwichrowana. Jeżeli wchrowatość przekracza ± 2 mm, rama zostaje zdyskwalifikowana z dalszej naprawy.

Przeprowadzenie dalszych pomiarów wymaga zdjęcia ramy z podpór i przestawienia podpór w inne miejsca ramy wózka. Dopuszcza się również bezpośrednie postawienie ramy na płycie pomiarowej. Następnie w okna maźnicze mocowane są specjalne przyrządy ustalające bazę pomiarową dla określenia wielkości przekątnych A1 i A2. Pomiaru dokonuje się za pomocą przyrządów do pomiarów ram wózka, przedstawionych na ilustracji 4 i 5.

Zmierzone parametry A1 i A2 oraz wyliczoną różnicę z wykonanych pomiarów, wpisuje się do karty pomiarowej, tzw. brudnopisu. Po zdemontowaniu przyrządów ustalających bazę do pomiaru przekątnych,

wykonywany jest pomiar wewnętrznej szerokości prowadnic maźnicy – wymiar B. W tym celu, kolejno w każdym oknie maźniczym, montuje się specjalny przyrząd do pomiaru szerokości maźnicy.

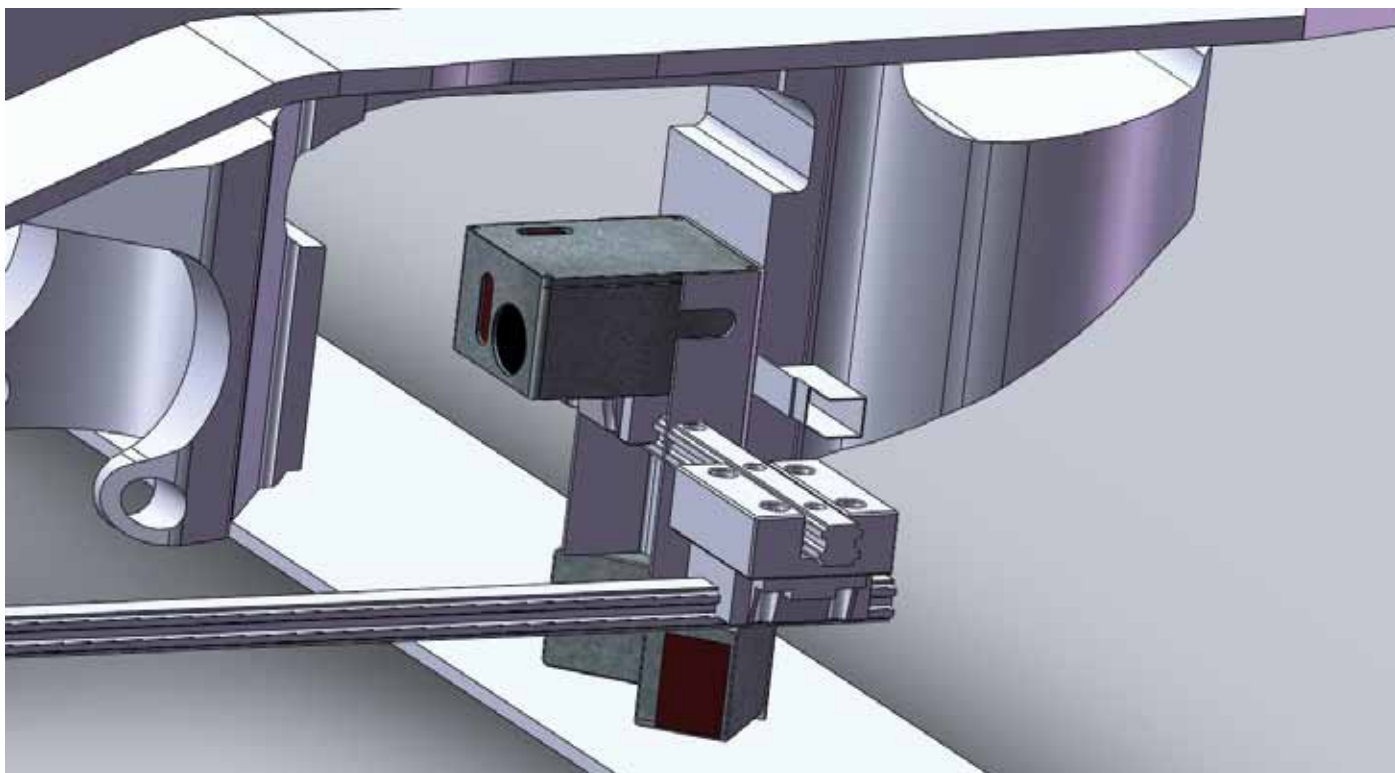
Kolejnym etapem jest demontaż przyrządów do ustalenia wewnętrznej szerokości prowadnic maźnicy i dokonanie pomiarów (za pomocą specjalnych suwmiarek) szerokości prowadnicy maźnicy (C1-C8) oraz średnicy otworu grzybka ciernego w prowadnicy maźnicy (D1-D4). Każdy z wykonanych pomiarów wymaga dokonania zapisu w karcie pomiarowej.

Opisana metoda ma swoje wady. Jest pracochłonna, wymaga wielokrotnego przekładania przyrządów pomiarowych, co w konsekwencji powoduje, że nie jest precyzyjna.

Niedoskonałości stosowanych technik pomiarowych oraz ich pracochłonność spowodowały intensywne poszukiwania nowych rozwiązań, jakie dają nowoczesne technologie. Możliwość zastosowania w metrologii nowych technologii, skutkowało wprowadzeniem w Spółce nowatorskiej metody pomiarowej, wykorzystującej czujniki laserowe i kamery.

O możliwości stosowania sensorów laserowych w pomiarach geometrycznych decyduje kilka kwestii. Przede wszystkim są to czujniki bezkontaktowe, co pozwala na ich wykorzystywanie do mierzenia obiektów, które przy kontakcie z głowicą pomiarową mogą zostać uszkodzone lub same mogą ją zniszczyć. Dotyczy to przedmiotów miękkich, kruchych, podatnych na zarysowania, gorących, mokrych, pokrytych klejem, olejem, farbą lub lakierem [2].

W przypadku czujników laserowych, nie występują też ograniczenia wynikające z właściwości wymiarowanego obiektu. Dzięki zastosowaniu specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych problemu nie stanowi też pomiar detali o powierzchni odbłaskowej lub różnokolorowej. Jedynym ograniczeniem jest to, że na drodze promieni świetlnych nie mogą występować przeszkody. Lasery, głównie z ośrodkiem czynnym w postaci ciała stałego lub lasery półprzewodnikowe, wykorzystuje się jako źródło światła w czujnikach triangulacyjnych, służących do pomiaru odległości i wielkości obiektu. Istotna jest przede wszystkim możliwość uzyskania spójnej, silnie skoncentrowanej oraz monochromatycznej wiązki światła. Zapewnia to odporność na wpływ oświetlenia z otoczenia. Oprócz tego, czujniki laserowe w odróżnieniu od innych, charakteryzują się większą odpornością na warunki środowiskowe np. zmiany wilgotności oraz ciśnienia. Ponadto w pomiarach laserowych nie jest konieczna znajomość fizykochemicznych parametrów (np. gęstość) mierzonego materiału. Do zalet sensorów



8. Zamontowana głowica pomiarowa na wózku przesuwającym się w oknie maźniczym

laserowych zalicza się też dużą dokładność, krótki czas pomiaru, jak również możliwość ich zamontowania w dużych odległościach od mierzonego obiektu [3].

Dotychczasowe doświadczenia nabyte w czasie wykonywania napraw taboru pozwoliły kadrze inżynierskiej Spółki na wykorzystanie laserowej techniki pomiarowej w procesie technologicznym naprawy wagonu towarowego. Efektem tego jest zbudowanie stanowiska pomiarowego ram wózków wagonowych, przedstawionego na ilustracji 6.

Stanowisko składa się z następujących elementów:

- płyty pomiarowej (1), na której na podporach (2) o wysokości 500 mm osadzona jest rama wózka (3),
- dwóch przewodów liniowych (4), przeznaczonych do montażu głowicy pomiarowej w miejscach dokonywania pomiarów,
- głowicy pomiarowej (5), będącej monolitycznym zestawem czujników pomiarowych (5 pomiarowych czujników laserowych, kamera pomiarowa, pomiarowy czujnik indukcyjny),
- dwóch ekranów odbiciowych (6), które umieszczone są po przeciwległej stronie ramy wózka w stosunku do głowicy pomiarowej, co umożliwia pomiar przekątnych ramy wózka,
- komputera i modułu cyfrowego (7), zbierającego i przetwarzającego dane z głowicy pomiarowej,
- ekranu dotykowego (8), za pomocą którego użytkownik obsługuje program komputerowy.

Opracowany w PKP CARGO-TABOR CZERWIŃSK system pomiarowy ramy wózka wagonowego jest realizowany zgodnie z kartą pomiarową, przedstawioną na ilustracji 2. W stosowanej metodzie, przy pomiarze średnicy otworu grzybka ciernego w przewodnicy maźnicy: D1, D2, D3, D4 oraz szerokości przewodnicy maźnicy: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 zastosowano kamerę do tzw. "widzenia maszynowego". Jest to technologia przechwytywania obrazu, a następnie dokonywania analizy i przetwarzania cyfrowego uzyskanych danych. Wykorzystano kamerę Basler Ace 1300-30 gm z matrycą Sony CCD połączoną z komputerem za pomocą kabla Ethernet. Kamera pracuje w rozdzielczości 1296 x 966 dpi, ma wbudowany obiektyw, pozwalający na robienie zdjęć mierzonych obszarów ramy wózka. Przetworzone dane zapisywane są w postaci konkretnych wartości. Pozostałe parametry mierzone są za pomocą czujników zabudowanych w jednej głowicy pomiarowej [4]. Budowę głowicy pomiarowej oraz sposób jej zamontowania przedstawiają ilustracje 7 i 8.

Technika pomiaru przedstawia się następująco:

1. badaną ramę wózka wagonowego wraz z oprzyrządowaniem ustawiamy na płycie pomiarowej. Do dokonania wszystkich pomiarów wystarczają cztery zamocowania głowicy pomiarowej (w każdym oknie maźniczym),
2. prowadzenie pomiarów realizuje się poprzez kolejne wciskanie przycisków na ekranie dotykowym. Kamera wykonuje

zdjęcia mierzonego obszaru (w tym samym czasie obszar ten zostaje doświetlony diodami LED) lub włączają się czujniki laserowe,

3. komputer analizuje informacje dostarczone z czujników laserowych oraz wykonane zdjęcia, znajdując w nich załamania krawędzi, które służą do określenia, w którym punkcie kończy się/zaczyna otwór lub mierzona krawędź. Po identyfikacji załamania krawędzi, program wyznacza wektor łączący dane punkty załamania i określa ich długość w pikselach. Piksele przelicza na milimetry, co daje gotowy wynik pomiaru. Pracownik obsługujący urządzenie, na ekranie dotykowym widzi opisaną słownie ikonę czynności, którą chce wykonać. Takie rozwiązanie pozwala na zatrudnienie przy pomiarach pracowników przeszkolonych, lecz nie jest wymagane posiadanie przez nich wysokich kwalifikacji. Zebrane wyniki pomiarów komputer wprowadza do tabeli pomiarowej oraz je archiwizuje, co daje możliwość pobrania i przeniesienia plików, za pomocą nośników danych, do biura sekcji naprawczej,

4. kolejne wielkości, tj. wewnętrzna szerokość przewodnic maźnicy: B1, B2, B3, B4, przekątne A1 i A2 oraz wichrowatość W, mierzone są za pomocą czujników laserowych zamontowanych w głowicy pomiarowej.

Należy nadmienić, że program analizujący wykonane pomiary jest tak napisany, że dokonuje obliczenia różnicy przekątnych A1 – A2 oraz wichrowatości W. Wszystkie wy-



9. Okno pomiarowe

niki wykonanych pomiarów i obliczeń, niezależnie od woli pracowników je wykonujących i bez możliwości ingerencji w uzyskane wartości parametrów, przenoszone są do odpowiednich miejsc w tabeli przedstawionej na ilustracji 1.

Ilustracje 9 i 10 przedstawiają przykładowe informacje wyświetlane na ekranie dotykowym.

Atutem wprowadzonej do stosowania techniki pomiarowej jest jej prostota. Po ustawieniu prowadnic i umocowaniu na nich głowicy pomiarowej, praktycznie nie istnieje możliwość niewłaściwego ustawie-

nia głowicy w oknie maźniczym, a tym samym - wykonania błędnych pomiarów. Nie stanowi też żadnej trudności przeniesienie głowicy pomiarowej do kolejnych okien maźniczych. Dzięki zastosowaniu ekranu dotykowego, łatwe jest też dokonywanie wyboru mierzonych parametrów oraz kolejnych kroków podczas obsługi stanowiska, np. podejmowanie decyzji o wyborze rodzaju mierzonej ramy, jej opis, identyfikacja pracownika dokonującego pomiary, rozpoczęcie konkretnych pomiarów, zapisywanie pomiarów oraz ich pobieranie na dysk przenośny. Do niewątpliwych zalet metody

należą krótki czas wykonywania pomiarów oraz możliwość ich wykonania przez jednego pracownika, co znacznie zmniejsza pracochłonność wykonywanych czynności naprawczych. Ma to istotny wpływ na koszty związane z diagnostyką taboru.

Naszym zdaniem, zalety zaprezentowanej metody pomiarowej stawiają ją wyżej od obecnie stosowanych i przy odpowiednim jej rozpropagowaniu, metoda ta może stać się obowiązującą techniką pomiarową, zalecaną do stosowania nie tylko przy pomiarach ram wózków wagonowych, ale i innych podzespołów do taboru kolejowego.



10. Widok głównego okna programu po uruchomieniu

Materiały źródłowe

- [1] Dokumentacja systemu utrzymania DSU WAG-E 09-08-2010 PKP CARGO S.A.
- [2] Strona internetowa <http://www.asimo.pl/teoria/wizja-maszynowa.php>, dostęp 29.03.2012 r.
- [3] Strona internetowa <http://www.witu.mil.pl/www/biuletyn/zeszyty/20100115p/67.pdf>, dostęp 29.03.2012 r.
- [4] Strona internetowa http://www-old.wemif.pwr.wroc.pl/wslowko/oo/10/cw9_opis.pdf, dostęp 29.03.2012 r.