ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: TRANSPORT z. 49 Nr kol. 1605

Stanisław JURGA

NOWOCZESNA DIAGNOSTYKA ZESTAWÓW KOŁOWYCH TRAMWAJÓW W ASPEKCIE MODERNIZACJI CYKLU OBSŁUGOWO-NAPRAWCZEGO POJAZDÓW SZYNOWYCH

Streszczenie. Próba oceny możliwości zastosowania systemu wprowadzającego indywidualne korekty cyklu międzynaprawczego tramwajów, na podstawie informacji z systemu monitorującego stan zestawów kołowych.

THE PROBLEMS OF REPAIR AND MAINTENANCE OF LIGHT RAIL ROLLING STOCK

Summary. The study presents present state of Public Transport in Krakow with regard to maintenance of rolling stock. It brings forward circumstances which influence current situation. The aim of the study is to optimize repair and maintenance system with modernization processes.

1. WSTĘP

Kraków jako miasto liczące niemal milion mieszkańców i rozciągające się po obu stronach rzeki Wisły, którego dzielnice mieszkaniowe oddalone są od centrum na znaczne odległości, musi mieć sprawną komunikację zbiorową. W tak rozległym organizmie miejskim niezbędne są bowiem szybkie połączenia dla mieszkańców między ich terenem zamieszkania, a miejscem pracy czy nauki oraz rejonami rekreacji i wypoczynku, handlu, kultury i rozrywki. W celu zapewnienia takich sprawnych połączeń istotne znaczenie ma, bezkonkurencyjna w rejonach dużego ruchu kołowego, komunikacja tramwajowa. Zgodnie z przyjętymi założeniami urbanistycznymi, komunikacja tramwajowa ma umożliwić mieszkańcom wszystkich peryferyjnych dzielnic i osiedli, maksymalnie szybkie i sprawne dotarcie do centrum. W modelowym rozwiązaniu, ku któremu zmierza komunikacja krakowska, dla transportu autobusowego przewidziana jest sieć połączeń poza strefą dominacji przewozów tramwajowych. Urzeczywistnienie tej koncepcji wymaga jeszcze wielu przedsięwzięć inwestycyjnych, których realizację zaplanowano na kolejne lata. Na obecnym etapie wdrażania założeń modelowych, komunikacja autobusowa obsługuje potoki pasażerskie również w obrębie pierwszej obwodnicy miasta, zapewniając bezpośrednie połączenie centrum z rejonami położonymi na peryferiach.

W celu realizacji postawionych przed komunikacją zbiorową zadań, Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne SA w Krakowie posiada środki do wykonywania usługi przewozowej. Są nimi tramwaje i autobusy. Autobusy są rozlokowane w trzech stacjach obsługi autobusów. Jedna z nich – Bieńczyce, znajduje się w Nowej Hucie, pozostałe dwie – Wola Duchacka i Płaszów, w dzielnicy Podgórze. Stacje te, zasadniczo, realizują zadania komunikacyjne w rejonach, w których są położone. Jednak takie przyporządkowanie nie zawsze jest możliwe, ze względu na obsługę coraz rozleglejszych terenów w obrębie Wielkiego Krakowa, jak również na zmieniające się natężenie potoków pasażerskich.

2. SYSTEM UTRZYMANIA TRAMWAJÓW

Tramwaje, podobnie jak autobusy, są rozlokowane w sposób zapewniający optymalne realizowanie usługi przewozowej dla Krakowian zamieszkujących rejony o największym zagęszczeniu oraz mieszkańców centrum miasta. Jedna stacja obsługi znajduje się w dzielnicy Nowa Huta. Realizuje ona przewozy pasażerskie w rejonie tej dzielnicy, a także zapewnia jej połączenie z centrum Krakowa. Druga stacja obsługi zlokalizowana jest po przeciwległej stronie Wisły, w dzielnicy Podgórze. Ta z kolei, obsługuje rejon centrum oraz łączy liczne i gęsto zaludnione rejony mieszkalne Podgórza ze ścisłym centrum. W celu realizacji przewidzianych zadań komunikacyjnych obie stacje wyposażone są w tabor tramwajowy, który umożliwia wykonywanie przewozów pasażerskich na założonym poziomie.

Ilość posiadanych tramwajów pozwala na codzienny wyjazd do obsługi potoków pasażerskich odpowiedniej liczby pociągów. Pociągi te, w zależności od dnia i jego pory, składają się z określonej liczby wagonów różnych typów, będących w użytkowaniu w MPK. Trzon taboru w stacjach obsług stanowią tramwaje typu 105N/Na, wyprodukowane w latach 1976-1991 przez Konstal-Chorzów (obecnie ALSTOM – KONSTAL). Drugą grupę tramwajów stanowią, pod względem ilościowym, wagony typu GT-6 i B-4 sprowadzone z VAG-Norymberga, a wycofane z eksploatacji w tym przedsiębiorstwie. Stosunkowo nieliczna jest trzecia grupa tramwajów, do której należą najnowocześniejsze tramwaje niskopodłogowe typu NGT-6. Zakupiono je w latach 1999-2000 oraz 2002-2003 na podstawie kontraktu zawartego z Kanadyjską firmą Bombardier. Podstawowym ich przeznaczeniem jest obsługa linii „szybkiego tramwaju".

W celu zapewnienia realizacji przewozów na odpowiednim poziomie, wszystkie tramwaje podlegają planowym obsługom i naprawom. Czynności te wykonywane są zgodnie z obowiązującym cyklem profilaktyczno-zapobiegawczym. Odstęp między kolejnymi obsługami jest uwarunkowany przebiegiem tramwaju, który mierzony jest w kilometrach.

Zakres wykonywanych czynności, zgodnie z obowiązującym cyklem, jest weryfikowany przez warunki eksploatacji, możliwości techniczne i organizacyjne przedsiębiorstwa oraz przez wymagania ogólnokrajowe - ustanowione nadrzędnymi aktami prawnymi. Cykl taki jest realizowany w stosunku do wszystkich, bez wyjątku, użytkowanych w komunikacji tramwajów. Przeglądy okresowe planowe są wykonywane w stacjach obsługi tramwajów. Naprawy o charakterze odtworzeniowym to znaczy główne, są wykonywane systemem zleconym, w specjalistycznych zakładach napraw tramwajów. Wszystkie te przedsięwzięcia realizowane w krakowskim przedsiębiorstwie mają na celu zapewnienie należytego stanu technicznego tramwajów. Tramwaje, podobnie jak samochody, podlegają okresowej ocenie stanu technicznego i na podstawie pozytywnego wyniku są dopuszczane do ruchu i przewozu pasażerów. Takie wymagania postawiło przed dysponentami taboru tramwajowego Ministerstwo Transportu i Gospodarki Morskiej. Przedstawiony system obsługi tramwajów powinien zapewnić

przewozy pasażerów na poziomie gwarantującym maksymalne bezpieczeństwo i możliwie wysoki komfort jazdy. Ma to zapewnić sprawny system eksploatacji taboru.

Warunki eksploatacji to całokształt zagadnień związanych zarówno z pracą tramwaju na linii, jak również utrzymaniem tego pojazdu w Stacjach Obsługi Tramwajów (SOT). Czynnikiem, który bezpośrednio i w sposób zasadniczy rzutuje na zużycie pojazdu, w tym zespołów biegowych, jest eksploatacja na danej linii. W tym pojęciu mieszczą się zagadnienia związane z samym pojazdem, jego rozwiązaniami konstrukcyjnymi, rodzajem i jakością zastosowanych materiałów, a także z szeroko rozumianą infrastrukturą - między innymi zapleczem technicznym i otoczeniem.

Infrastrukturę tworzą z jednej strony torowiska i sieć trakcyjna oraz urządzenia, które sterują ruchem (urządzenia sygnalizacyjne, system zabezpieczeń itp.), a z drugiej strony stacje obsługi technicznej ze swoim zapleczem i wyposażeniem warsztatowo-przeglądowym wraz ze stanowiskami specjalistycznymi i specjalizowanymi, zlokalizowanymi w danym obiekcie lub terenie. Na styku tych dwóch systemów znajduje się pojazd – tramwaj, który ze względu na postawione przed nim zadanie: przewóz pasażerów w bezpiecznych i komfortowych warunkach i z założoną punktualnością, musi wykorzystywać oba te systemy i przez to jest wspólną ich częścią. Tramwaj, aby spełniał funkcję komunikacyjną musi być sprawny technicznie. W celu zapewnienia wysokiego poziomu sprawności technicznej tramwaju podczas eksploatacji należy mieć na uwadze, przede wszystkim, poziom intensywności zużycia kół jezdnych. Przyjmując to założenie opracowano nową metodę badań diagnostycznych do oceny intensywności zużycia kół i na tej podstawie prognozowania trwałości cząstkowej tramwaju.

3. BADANIA EKSPLOATACYJNE ZUŻYCIA TRAMWAJÓW

Badania eksploatacyjne zużycia tramwajów, w chwili obecnej, opierają się na dalece niedoskonałych metodach. Są to, z racji możliwości ekonomiczno-technicznych, badania organoleptyczne, polegające głównie na pomiarach istniejącymi przyrządami oraz przeprowadzanej na ich podstawie analizie. Nie jest stosowana analiza probabilistyczna, u której podstaw leży statystyka i wyniki matematyczne.

W praktyce, najczęściej, stopień zużycia podzespołów określa się na podstawie mało precyzyjnych pomiarów. Tak więc, także przybliżona ocena kresu tej wytrzymałości jest obarczona dużym prawdopodobieństwem błędu. Stąd wniosek, że na tej podstawie nie można dziś prawidłowo antycypować parametrów zużycia, a tym samym trwałości podzespołów.

Istnieje więc pilna potrzeba opracowania i sprecyzowania jasnych, jednoznacznych kryteriów, według których powinny być przeprowadzane badania i skategoryzowane wiarygodne informacje na temat zużycia elementów i podzespołów tramwaju.

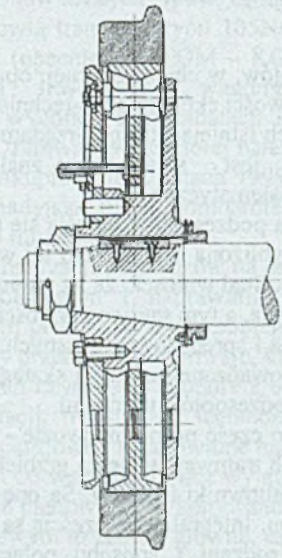
Podstawą konstrukcji tramwaju jest jego część nośna: nadwozie - zwane inaczej pudłem. Stanowi je, w przypadku konwencjonalnych tramwajów, belka grzbietowa, będąca jakby kręgosłupem, oraz pozostałe elementy – kształtowniki i blachy. Są one przyspawane do belki, tworząc konstrukcję ścian bocznych i dachu. Integralną jej częścią są również okna. Nadwozie, w tym belka grzbietowa, z racji rodzaju i sposobu połączenia jest praktycznie w całości nieodnawialna. W przypadku ich degradacji należy liczyć się praktycznie z kasacją tramwaju. Pozostałe podzespoły wagonu tramwajowego: wózki jezdne i toczne, odbierak prądu, oprzyrządowanie elektryczne stanowią elementy (podzespoły), które mogą zostać wymienione, są więc, ze swej natury, odnawialne.

Badania eksploatacyjne muszą tedy zmierzać do oszacowania zużycia nadwozia, w powiązaniu, jeśli jest to możliwe, z pozostałymi podzespołami tramwaju.

4. BADANIA EKSPLOATACYJNE TRWAŁOŚCI TRAMWAJU

Wyliczona i praktycznie sprawdzona trwałość nadwozia tramwaju wraz z belką grzbietową, czyli podzespołu limitującego techniczną trwałość pojazdu, pozwala na eksploatację wagonu w okresie 30 lat. W tym czasie następuje zużywanie się podzespołów i części odpowiedzialnych za jakość i bezpieczeństwo eksploatacji. Należą do nich, przede wszystkim, wózki jezdne i toczne, których podstawowe elementy konstrukcyjne: belki poprzeczne i podłużne, zużywają się w kolejnych okresach międzynaprawczych nieznacznie. Wyjątek stanowią przypadki uszkodzeń tych elementów, a więc wygięć, skręceń czy pęknięć, które najczęściej powstają w wyniku oddziaływań mechanicznych, wskutek kolizji i wypadków.

Stąd teza, że elementem limitującym przebiegi międzynaprawcze wagonu tramwajowego, są koła. Ich zużywanie powoduje konieczność reprofilacji i napraw różnego rodzaju, przywracających im pełną przydatność eksploatacyjną. Dlatego permanentna kontrola i dokonywanie systematycznych pomiarów jest bezwzględną koniecznością. Z kolei reprofilacja winna być przeprowadzana w taki sposób, aby nie powodowała zbyt szybkiego wyczerpywania zdolności eksploatacyjnej kół. Muszą one podlegać bieżącym, dokładnym oględzinom, natomiast w przypadku stwierdzenia uszkodzeń, ponadnormatywnego i normatywnego zużycia, skutecznym naprawom na niezbędnym poziomie. Aby zwiększyć przebiegi kół między kolejnymi reprofilacjami, należy prowadzić pełną, planową działalność diagnostyczną o charakterze profilaktycznym. Przewiduje się, że takie zabiegi pozwolą na zminimalizowanie zużycia, a co równie ważne, doprowadzenie do jak najbardziej równomiernego zużywania się kół.



Rys.1. Koło jezdne tramwaju 105N
Fig.1. Road wheel of tram 105N

5. ANALIZA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA TRWAŁOŚĆ POJAZDÓW KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

5.1. Konstrukcja

Założenia konstruktora są podstawową determinantą okresu, w którym tramwaj może być użytkowany.

W przypadku konstrukcji tramwajów, większość stosowanych rozwiązań opiera się na konstrukcji ramowej. Rama wykonana jest z kształtowników stalowych, do których dołączone są elementy konstrukcyjne ścian bocznych i dachu. Prognozując długość przebiegu pojazdu, bierze się pod uwagę; jakie materiały, profile (stalowe czy ze stopów aluminium, otwarte czy zamknięte) zostały użyte na etapie konstruowania pojazdu oraz w jaki sposób zostały połączone. Zazwyczaj do założeń konstrukcyjnych przyjmuje się okres trwałości na poziomie 25-30 lat, a w szczególnie uzasadnionych przypadkach 40 lat.

Tramwaje 105N były projektowane według norm i zasad obowiązujących w latach 60. Trwałość ich jest określona na 25 lat. Oczywiście, że założenia te były nieco asekuranckie, ale nie było wówczas odpowiedniego aparatu matematycznego, aby symulować trwałość i jakość konstrukcji oraz stosowanych technologii. Wykazała to także praktyka. Okazało się bowiem, że tramwaje te już przetrwały 25 lat i mogą z powodzeniem być dalej eksploatowane. Nie może to jednak stanowić podstawy do uogólnień.

5.2. Technologia

Długość okresu przydatności eksploatacyjnej jest wypadkową wielu czynników związanych z procesem produkcji pojazdu. Istotne są zapytania: Czy do budowy użyto faktycznie materiałów przewidzianych w projekcie konstruktora? Czy do łączenia elementów zastosowano technologie zapewniające odpowiednią jakość połączeń spawanych? Pozytywne odpowiedzi na te pytania, w kontekście obserwacji procesu szybkiej degradacji tramwajów typu 102N, były wątpliwe. Spodziewano się, że sytuacja może się powtórzyć w przypadku wagonów 105N. Jeśli jednak tramwaje 102N musiały być wycofane z eksploatacji, ze względu na swój stan techniczny, to podobne zjawisko nie wystąpiło w eksploatacji 105. Wprawdzie w tramwajach 105N stwierdza się obecnie zużycie części konstrukcji (belki grzbietowej), jednak badania metalograficzne i zmęczeniowe wykazują, że nie osiągnęły one jeszcze kresu swej trwałości. Warto tu zauważyć, że analogiczne badania, w odniesieniu do głównych elementów konstrukcyjnych tramwaju poprzedniej generacji, wykazały nieopłacalność napraw i renowacji ze względu na wysoki stopień zużycia i degradacji materiału. Wyniki wykazały jednoznacznie, że materiały i konstrukcja osiągnęły praktycznie swój kres i dalsza eksploatacja jest nieuzasadniona.

5.3. System utrzymania pojazdu

W analizie trwałości pojazdów należy także uwzględnić fakt, że oprócz czynników związanych z konstrukcją i technologią, zastosowanych przy budowie, niezmiernie ważne znaczenie ma również cały proces utrzymania pojazdów. Dotyczy to w szczególności wykonywania przeglądów okresowych, zachowawczych i odtworzeniowych, napraw planowych, jakim pojazdy powinny podlegać i jakim podlegały. Znaczenie ma w tym przypadku nie tylko to, czy naprawy po określonym przebiegu wykonano, ale również, czy zakres renowacji był prawidłowo dobrany oraz czy jakość wykonania była odpowiednia.

Praktyka eksploatacyjna potwierdza również, że nie tylko tramwaj, jego stan techniczny, stanowi gwarancję spełnienia wszystkich funkcji do jakich został przewidziany - przemieszczania dużej ilości pasażerów. Równie ważne jest zapewnienie właściwego stanu infrastruktury, w której tramwaj funkcjonuje, między innymi - stan torowisk, sprawność sieci jezdnej. Do początku lat 90. zaniedbania w tej dziedzinie były znaczne. Dopiero nowy okres, nowy status miejskiego przewoźnika, ukonstytuowany w latach 90., pozwolił na lepsze, pełniejsze przystosowanie infrastruktury do potrzeb MPK i jego taboru. Pozytywne zmiany zaszły zwłaszcza w zagospodarowaniu torowisk. Planowe remonty, połączone z wprowadzaniem nowych technologii i innowacji w tej dziedzinie, zapoczątkowały nową jakość w dziedzinie „współpracy koła z szyną". Rodzaj stosowanych szyn, sposób ich ułożenia oraz izolacji-separacji od podłoża pozwoliły na spełnienie warunków stawianych współcześnie wobec kształtowania współpracy na styku koło-szyna. Podczas badań eksploatacyjnych wykazano, że koło czy zestaw kołowy, jako część biegowa tramwaju, ma zasadnicze znaczenie dla zapewnienia sprawnej komunikacji tramwajowej. Ciągle jednak trudno znaleźć jednoznaczne i przekonywające odniesienie jej parametrów zużyciowych do pudła tramwaju - z wyjątkiem może stopnia korozji, odkształceń czy temu podobnych. Przyjęto więc, że odniesieniem do stopnia trwałości całego pojazdu może być cząstkowa trwałość części biegowej; zestawu, kół jezdnych. W wyniku takiego podejścia, wyznaczając w prosty sposób czasowe odstępy między kolejnymi niezbędnymi zabiegami reprofilacji kół, tworzyć można okresy międzynaprawcze dla całego pojazdu. W związku z tym wszystkie parametry, które opisano wcześniej, a odnoszące się do kół, stanowić mogą podstawę do wyznaczenia trwałości całego tramwaju. Pamiętać przy tym należy, o czym już wcześniej wspominano, że choć koła, zestawy kołowe, wózki napędowe i toczne, stanowią podzespół zamienny, nie związany na trwale z całym pojazdem, to ze względu na jego znaczenie dla tramwaju, stanowić one mogą i powinny, podstawę do wyznaczania jego trwałości.

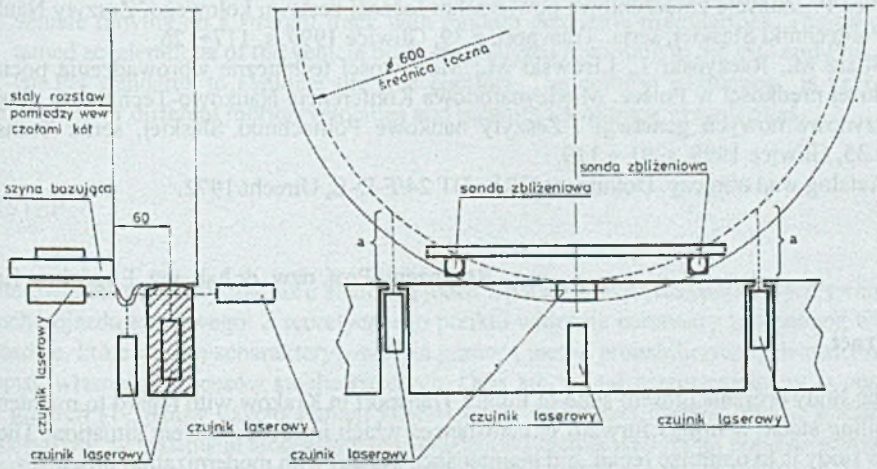
6. WYKORZYSTANIE NOWOCZESNEJ TECHNIKI POMIAROWEJ I KOMPUTEROWEJ

W celu zapewnienia odpowiedniej jakości, powtarzalności i wiarygodności pomiarów, powstała, wraz z decyzją o zakupie tokarki podtorowej, koncepcja stanowisk diagnostycznych. Stanowiska te w zamierzeniu mają pozwolić na szybki, podczas ruchu tramwaju, pomiar podstawowych parametrów koła jezdnego. Metody pomiarów mogą być różne. W przewidzianym modelu, na potrzeby krakowskiej komunikacji, wybrano oryginalny sposób, polegający na pomiarze podstawowych parametrów koła jezdnego przy wykorzystaniu wiązki laserowej. Przyjętą w tym przypadku zasadę można, upraszczając w znacznym stopniu, sprowadzić do pomiarów typu geodezyjnego. Na podstawie pomiaru kąta padania i odbicia promienia laserowego, staje się realne określenie stopnia zużycia kół, a więc określenie odchylenia od wymiarów nominalnych. Nowoczesna technika komputerowa pozwala na szybką obróbkę uzyskanych danych, analizę wyników i przesłanie w określonej formie do jednostki centralnej systemu. W następnej kolejności wyniki mogą być opracowywane w celu uzyskania niezbędnych informacji o stanie zestawów kołowych tramwaju. Na podstawie wyników będzie można z dużym prawdopodobieństwem prognozować kolejne czynności w odniesieniu do zestawu kołowego, części biegowej i całego tramwaju, ustalając różne formy obróbki profilu obręczy na tokarce podtorowej. Zaznaczyć przy tym należy, że zestaw kołowy będzie, przed dokonaniem reprofilacji, dokładnie pomierzony metodami konwencjonalnymi, stosownie do potrzeb tokarki podtorowej.

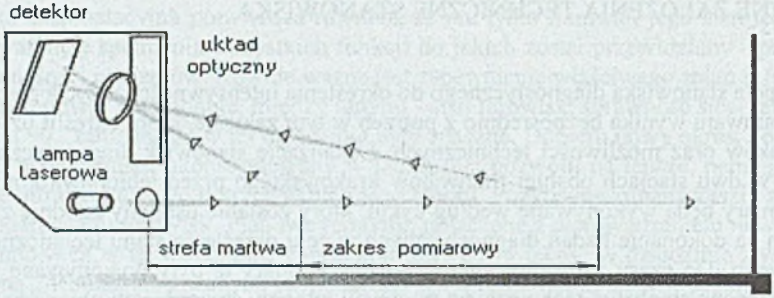
7. GŁÓWNE ZAŁOŻENIA TECHNICZNE STANOWISKA

Koncepcja stanowiska diagnostycznego do określenia intensywności zużycia zestawów kołowych tramwaju wynika bezpośrednio z potrzeb w tym zakresie, które określił użytkownik - MPK Kraków oraz możliwości technicznych. Lokalizację stanowisk diagnostycznych przewidziano w dwu stacjach obsługi tramwajów krakowskiego przedsiębiorstwa komunikacyjnego. Pomiary będą wykonywane według cyklu, który zostanie ustalony zgodnie z zapotrzebowaniem na dokonanie badań diagnostycznych w celu określenia stanu technicznego zestawu kołowego. Do czasu zainstalowania stanowisk pomiary te były wykonywane ręcznie w ramach okresowych obsług technicznych tramwaju lub przy stwierdzeniu objawów wskazujących na zużycie kół, np. podczas codziennej obsługi. Częstość ta była dotąd wystarczająca, ale wyniki badań eksploatacyjnych dotychczasowego zużywania się kół tramwajów niskopodłogowych wskazują, że przestaje ona obecnie spełniać kryterium wystarczalności. Należy bowiem wziąć pod uwagę fakt, że przekroczenie pewnych tolerancji wymiarowych na kole, zestawie kołowym lub w wózku, skutkować będzie przyspieszonym zużyciem, a w konsekwencji większym nakładem pracy i zwielokrotnionymi nakładami finansowymi. Dotyczy to, na przykład, czynności wymiany obręczy w celu odtworzenia wymaganych konstrukcyjnie zgodności wymiarowych kół w danym zestawie kołowym lub w wózku tramwaju.

Stanowisko do monitorowania wyposażone jest w system wykrywający obecność pojazdu. System ten aktywuje pracę układu pomiarowego. Efekt pojawi się w wyniku oddziaływania wiązki laserowej - skupionej na pojeździe podczas jego przejazdu po torze z zamontowanym urządzeniem diagnostycznym. Pomiar dokonywany jest za pomocą czujników laserowych o wysokiej czułości i w czasie realizacji pomiarów poniżej 10 milisekund. Po dokonaniu serii pomiarów koła, wyniki są przesyłane do bazy danych do stanowiska komputerowego, gdzie w czasie rzeczywistym mogą być analizowane i korygowane. Dane, po przetworzeniu, w przyjaznej dla operatora formie, mogą być wydrukowane lub zapisane w pliku oraz wykorzystane do analizy statystycznej. Istnieje także możliwość przesyłania danych bezpośrednio do komputera podłączonego do tokarki podtorowej. Schemat systemu pomiarowego stanowiska przedstawiają poniższe rysunki.



Rys.2. Stanowisko do monitorowania zużycia kół jezdnych tramwaju
Fig.2. Stand of monitoring of consumption of tram road wheel



Rys.3. Pomiar odległości
Fig.3. Distance measurement

W zamierzeniach tokarka podtorowa przejmie wyniki pomiarów i w razie stwierdzenia konieczności reprofilacji, dokona niezbędnego zabiegu przetoczenia powierzchni tocznej i obrzeża koła tramwaju, doprowadzając zestaw kołowy do stanu gwarantującego dalszą bezawaryjną eksploatację. Sama obróbka skrawaniem będzie przeprowadzona na podstawie wyników pomiarów dokonanych za pomocą konwencjonalnej dotykowej głowicy pomiarowej, będącej na wyposażeniu tokarki.

8. WNIOSEK

System monitorujący zestawów kołowych, oparty na nowoczesnych technologiach, pozwala na szybkie diagnozowanie stanu zużycia kół jezdnych tramwajów oraz w perspektywie wprowadzaniu indywidualnych korekt cyklu międzynaprawczego tramwaju.

Literatura

1. Piec P.: Zużycie zmęczeniowe powierzchni tocznej zestawu kołowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Transport, z.39, Gliwice 1999, s. 117÷126.
2. Sitarz M., Raczyński J., Lisowski M.: Możliwości techniczne wprowadzenia pociągów dużej prędkości w Polsce. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Pojazdy szynowe nowych generacji", Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Transport, z.35, Gliwice 1999, s. 91 ÷ 119.
3. Katalog wad obręczy. Dokument ORE: DT 24/F-D-E, Utrecht 1972.

Recenzent: Prof. nzw. dr hab. inż. Eugeniusz Kałuża

Abstract

The study presents present state of Public Transport in Krakow with regard to maintenance of rolling stock. It brings forward circumstances which influence current situation. The aim of the study is to optimize repair and maintenance system with modernization processes.