

Stanisław Kwaśniowski, Franciszek J. Restel, Łukasz Wolniewicz

Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny

PROBLEMY ZUŻYCIA SZYN I KÓŁ TRAMWAJOWYCH W WARUNKACH WROCLAWSKICH

Rękopis dostarczono, grudzień 2016

Streszczenie: W referacie poruszono zagadnienia trwałości zestawów kołowych w trakcji tramwajowej. Proces eksploatacji kół tramwajowych w większych miastach w Polsce przebiega w specyficznych warunkach. Dotychczasowe doświadczenia w środowisku wrocławskim, wykazały, że zużycie profili starego typu T było mniejsze niż typu PST, stąd opory przed upowszechnieniem nowego profilu, zalecanego od wielu lat przez producentów taboru tramwajowego. Celem tego referatu jest przywołanie argumentów przemawiających za przeprowadzeniem badań eksploatacyjnych wraz z ich planem. Przygotowywane badania mają posłużyć do lepszego poznania zjawisk zużycia kół oraz czynników wpływających na nie.

Słowa kluczowe: profil PST, badania eksploatacyjne, system tramwajowy

1. WARUNKI EKSPLOATACJI TABORU TRAMWAJOWEGO W WARUNKACH WROCLAWSKICH

Wrocławska sieć tramwajowa ma długość około 190 km. Na terenie miasta występuje niewielkie zróżnicowanie linii w profilu. Rozstaw szyn wynosi 1435 mm. W eksploatacji jest ok. 362 wozy tramwajowe, które tworzą 88 pociągów wieloczlónowych oraz 137 pociągów dwuwagonowych. Pod względem konstrukcyjnym wyróżnić można 9 typów wozów tramwajowych: PESA 2010NW, Skoda 19T, Skoda 16T, MODERUS Beta FC19AC, 205WrAs, 204WRAs, 105NWrAs, 105NWr, 105Na. Wszystkie pojazdy napędne wyposażone są w piasecznice, natomiast tylko niektóre mają na kierujących wózkach zwrotnych systemy smarowania obręczy. Sieć tramwajowa składa się z różnych typów szyn zarówno S49, jak i 180S, 180W, Ri60N oraz inne typy wbudowane w jezdnię. Pod tym względem torowiska wrocławskie są podobne do torowisk w innych dużych miastach takich jak Poznań, Kraków. We Wrocławiu można wyszczególnić następujące typy nawierzchni torowej:

- Rozwiązanie kolejowe – tory na podkładach i podsypce.
- Torowisko zabudowane dla potrzeb skrzyżowania drogi samochodowej i torowiska w poziomie szyn.

- Torowisko na podbudowie betonowej - ta konstrukcja nie sprawdziła się ze względu na niską trwałość asfaltu jako materiału do budowy ławy, później zastąpiono betonem, który jest materiałem twardszym (wzrosła emisja hałasu).
- Prefabrykowana płyta żelbetowa - głównym problemem były zapadające się szyny oraz pękający i odpadający asfalt znajdujący się przy torowisku.
- Szyny na podbudowie betonowej przymocowane do betonowej ławy – trwała konstrukcja.
- Szyny na podbudowie betonowej bez ławy - mocowanie szyny następuje bezpośrednio do podbudowy, występowało wykruszanie się betonu w okolicy wkrętów rozporowych, a podczas przejazdu pojazdu szynowego drgają bloczki znajdujące się przy szycie szyny w wyniku czego rozszczelnia się konstrukcja stając się podatną na warunki atmosferyczne.
- Tor węgierski – składa się żelbetowej rowkowanej płyty na podbudowie z asfaltu, na której w rowkach układane są specjalnego rodzaju szyny typu LK1, torowisko o takiej budowie należy do droższych rozwiązań i jest bardzo trwałe.
- Tor na podporze punktowej i podbudowie betonowej.
- Tor na podbudowie betonowej obłożony gumowymi wkładkami.
- Bezpośredni podlew pod szynę.
- Technologia „Phoenix”.

Ze względu na różnorodność torowisk, różnorodność taboru zróżnicowanie obciążeń ocena zużycia zestawów kołowych oraz czynników nań wpływających jest skomplikowana. Ponadto za utrzymanie taboru odpowiada MPK natomiast za utrzymanie torowisk Zespół Torowy w Zarządzie Dróg i Utrzymania Miasta. Poprawa trwałości torowisk oraz kosztów utrzymania taboru leży we wspólnym interesie wymienionych instytucji. Problem trwałości torowisk wiąże się również z jakością prac remontowych. Ze względu na koszty naprawy i modernizacje wykonywane są etapami. To z kolei pociąga za sobą stosowanie coraz to innych konstrukcji i technologii wykonania. Zróżnicowanie nawierzchni w ramach trasy przebiegu pojazdu może zakłócać jego proces eksploatacji, co jest szczególnie niepożądane w chwili prowadzenia badań eksploatacyjnych. W tych warunkach uogólnianie wyników badawczych jest trudne.

Istotne dla trwałości taboru oraz degradacji torowisk jest szybkie reagowanie na uszkodzenia toru zgłaszane przez motorniczych. Czas reakcji wpływa także na zakres naprawy i dalszą degradację. Ważnym czynnikiem jest także jakość wykonywanych napraw oraz czy są realizowane podczas ruchu liniowego. Ten ostatni czynnik wiąże się z możliwymi błędami podczas napraw, które skutkują mniejszą trwałością lub sytuacją zagrożenia.

Wywiad w grupie motorniczych wskazuje, że w wielu przypadkach ignorowane są zgłaszane przez nich uszkodzenia. Zaobserwowano także brak procedur związanych z wykolejeniami, które prowadziłyby do analiz i wniosków w sprawie przyczyn takiego zdarzenia. Efektem tego mogą być kolejne zdarzenia w przeciągu godzin i dni. Analizując raporty wykolejeń dostrzegalna jest dominacja zdarzeń spowodowanych „złym stanem infrastruktury”.

Naprawy nagłe, związane z pęknięciem szyny wykonywane są najczęściej podczas ruchu liniowego tramwajów. Podobnie czyszczenie szyn i rozjazdów. W konsekwencji przerywania pracy Zwiększenie bezpieczeństwa i przyspieszenie takiego remontu możliwe jest przy pomocy stosowania tzw. rozjazdów nakładkowych. Wówczas wyłączyć można jeden tor i spokojnie realizować prace, bez potrzeby przerywania przed nadjeżdżającym tramwajem.

Niezawodność systemu transportowego zależy również od działań profilaktycznych w jego obsłudze polegających na dbałości o odwodnienie torowisk, właściwe podbicie toków szynowych na odcinkach ułożonych na podkładach i tłuczniu, szlifowanie szyn w miejscach nalepów oraz uszkodzeń. Ma to wpływ na współpracę w układzie pojazd - tor.

2. TRWAŁOŚĆ PODŁOŻA I ZAPADANIE SIĘ SZYN

Od podbudowy torowiska i sposobu mocowania szyn w dużej mierze zależy jego trwałość. Najwięcej problemów w eksploatacji generują torowiska zabudowane w jezdni. Ze względu na drgania powstające przy przejeździe tramwaju szybko dochodzi do wykruszeń asfaltu i degradacji podbudowy. Wiele lat prac badawczo-rozwojowych poświęcono na ulepszaniu rozwiązań z zabudowanym w jezdni torowiskiem. Jako wygłuszenia stosowano między innymi: drewno, w którym po czasie zachodziły procesy gnilne, cement, który był zbyt twardy, betonowe bloczki, pasy gumowe i piasek.

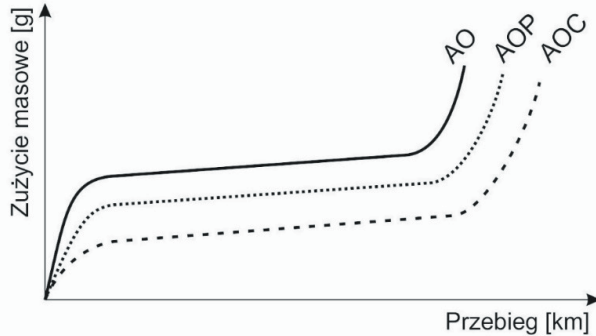
Były także koncepcje, w których szyny przytwierdzano bezpośrednio, z pominięciem podkładki żebrowej do betonowej podbudowy. Dochodziło tu do wykruszania betonu w okolicy wkrętów rozporowych i niszczenia torowiska. Najtrwalszym rozwiązaniem przez długi czas był tor węgierski. Technika ta polega na ułożeniu żelbetonowej rowkowej płyty na podbudowie z asfaltu, na której w rowkach układane są specjalnego rodzaju szyny typu LK1. Są one znacznie niższe dzięki zrezygnowaniu z dłuższej i kłopotliwej przy zabudowie komory szynowej. Najpierw w rowek szynowy w płycie wkładana jest gumowa taśma posiadająca rowki dla lepszej amortyzacji konstrukcji. Następnie układa się na to szynę i przytwierdza ją przy pomocy wciskanej pomiędzy krawędzie rowka a szyny gumy. Torowisko o takiej budowie jest stosunkowo drogie, ale jednocześnie bardzo trwałe. Owe rozwiązanie ma również dobre własności tłumienia hałasu. Problemem jest jednak uzyskanie dostępu do rur lub kabli położonych pod torowiskiem. Tej metody nie można zastosować także w przypadku montażu rozjazdu. Sprawdza się ona na odcinkach prostych i zakrętach. Podczas wieloletniego okresu eksploatacji zdarzało się też tak zwane klawiszowanie płyt [2].

Najlepszym rozwiązaniem stosowanym obecnie w większości miast na świecie i w Polsce jest metoda budowy „Phoenix”. Po przygotowaniu piaskowo-żwirowej podbudowy z drenażem i wylaniu warstwy wyrównawczej betonu układa się na niej szyny Ri60N, obłożone nienasiąkającymi wkładkami wibroizolacyjnymi, zamontowane w specjalnych ramach służących do ich wypoziomowania. Następnie wykonuje się bezpośredni podlew żelbetonu pod szynę. Torowisko takie w dużym stopniu redukuje drgania i niweluje hałas.

3. PROFIL OBREČZY A ZUŻYCIE ŚCIERNE

Zagadnienie to jest przedmiotem badań od wielu dziesiątków lat. W przypadku kolejowych pojazdów szynowych jako podstawowe profile stosowane były kolejno profile obręczy AO,

AOP, AOC. Ewolucyjne zmiany zmierzały w kierunku wydłużenia okresu stabilnej pracy obręczy oraz zmniejszenia jej zużycia ściernego. Procesy te jakościowo ilustruje rys. 1.

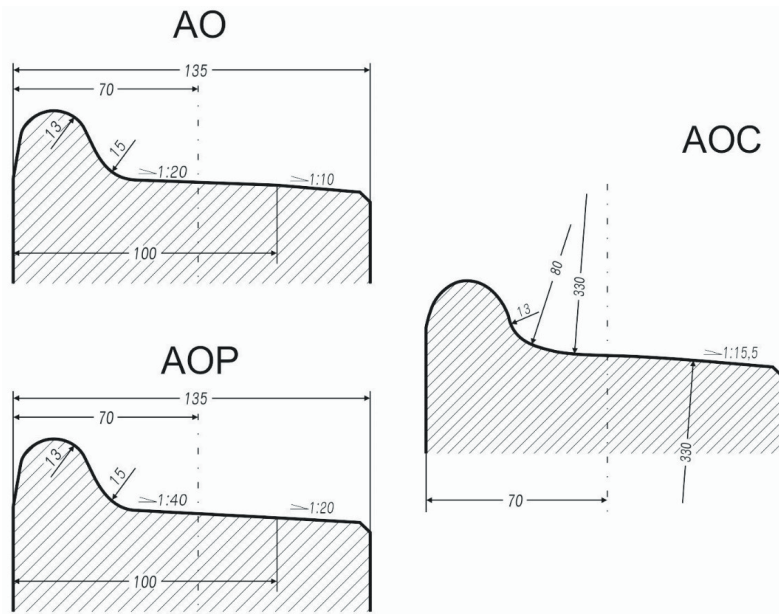


Rys. 1. Poglądowe porównanie zużycia ściernego obręczy w funkcji przebiegu

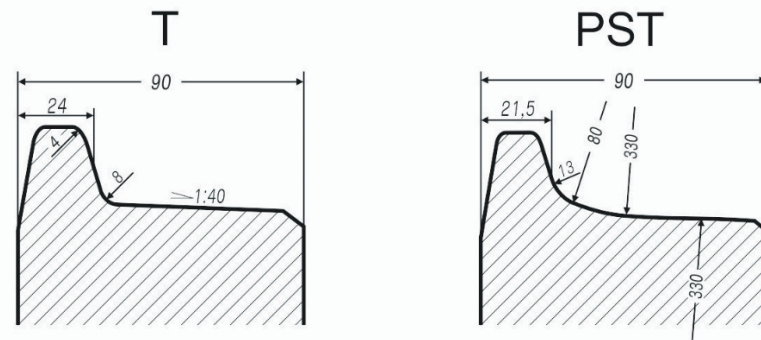
Zarys AOC odwzorowuje profil ustabilizowany, rzeczywisty zarys tego profilu dobrze odwzorowuje zestaw wymiarów geometrycznych składający się z łuku wypukłego $R = 330$ mm, łuku wklęsłego $R = 330$ mm oraz pochylenia 1:15,5. Koła zestawów tramwajowych pracują nieco inaczej niż koła kolejowe, ponadto ze względu na eksploatację torowisk zabudowanych w jezdniach posiadają obręcze o mniejszej szerokości. Z tego względu za-rzys obręczy tramwajowych [6] nie w pełni odwzorowują zarysy kolejowe rys. 2 i rys. 3.

Zarys tramwajowy T oparty jest na zarysie kolejowym AOP natomiast zarys PST na zarysie kolejowym AOC. Generalnie obręcze tramwajowe ze względu na specyfikę swojej pracy zużywają się wielokrotnie szybciej niż obręcze kolejowe.

Szyny tramwajowe eksploatowane na odcinkach prostych również ulegają dużemu zużyciu ściernemu, dlatego powinny charakteryzować się odpornością na ścieranie. W tym celu jako materiał na szyny stosuje się stale wysokowęglowe o strukturze perlitycznej. Z takiego materiału wykonuje się szyny R350HT. Są one twarde, odporne na pęknięcie i ścieranie. Powodem do reprofilacji zestawów kołowych może być płaskie miejsce na powierzchni koła lub nadmierne zużycie obrzeża. Podczas ruchu jest dopuszczalne, aby różnica średnic kół jednego zestawu kołowego w stosunku do drugiego wynosiła 10 mm ze względu na inne zużycie kół przedniego i tylnego zestawu kołowego w jednym wózku. W jednym zestawie kołowym różnica średnic kół nie powinna przekroczyć 2 mm, a nowych kół 0,5 mm [6]. Graniczny wymiar obręczy określa rowek na zewnętrznej powierzchni bocznej koła. Najważniejszymi wymiarami z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu są grubość obrzeża, wysokość obrzeża oraz grubość obręczy sprawdzana poprzez pomiar minimalnej średnicy okręgu tocznego.



Rys. 2. Zarysy obręczy kolejowych AO, AOP, AOC



Rys. 3. Zarysy obręczy tramwajowych T i PST

Zagadnienia zużycia kół były przedmiotem wielu prac [1, 3, 4]. W publikacjach tych bardzo wszechstronnych i wnikliwych brakuje jednak informacji na temat przebiegu zużycia ściernego obręczy w funkcji przebiegu. Wyniki tego rodzaju badań pozwoliłyby określić wpływ parametrów eksploatacyjnych, obciążeń, charakteru danego zestawu (toczny, napędny), systemu smarowania – na przebieg zużycia. Cenne były by wyniki porównawcze dla różnych konstrukcji tramwajów.

4. PLAN BADAŃ ZUŻYCIA ZESTAWÓW KOŁOWYCH

4.1. PRZYGOTOWANIE PRÓBY BADAWCZEJ, METODA BADAŃ

W związku z różnorodnością szyn i podtorzy, na których ułożone są szyny we Wrocławiu, planuje się badania na wydzielonych liniach, które można uznać za stosunkowo nowe, w bardzo dobrym stanie. Są to linie tramwajowe 31, 7 i 4. Charakterystyki tych linii zawiera tabela 1.

Tablica 1

Charakterystyka wybranych linii tramwajowych we Wrocławiu
(opracowanie własne na podstawie danych ZDiUM)

Nr linii	Długość trasy [km]	Rodzaj szyn			Stan torowiska (bardzo dobry) [%]
		Ri60N [%]	S49 [%]	LK1 [%]	
31	13	73	8	19	72
7	11	62	36	2	39
4	12	61	39	0	66

Na wszystkich zestawach kołowych badanych pociągów tramwajowych na obwodzie obręczy zostaną zaznaczone punkty referencyjne, co 45o.

W punktach tych zdejmowany będzie profil obręczy za pomocą profilometru laserowego IKP-5T. Profilometr ten pozwala z dużą dokładnością zmierzyć promień obręczy na całej jej szerokości, pozwala przeliczyć różnicę promieni w stosunku do profilu wyjściowego oraz obliczyć objętość figury odpowiadającej zużyciu ściernemu obręczy.

Omawiane urządzenie pozwala zarchiwizować wyniki z wielu pomiarów. Zużycie ścienne wyrażone w jednostkach objętości lub masy dla danego koła będzie obliczone jako średnia wartość z ośmiu punktów referencyjnych na obwodzie obręczy. Pomiary będą prowadzone na stanowisku badawczym, na tokarni podtorowej, gdzie istnieje możliwość łatwego dostępu do poszczególnych punktów referencyjnych. Zakłada się krok obliczeniowy 1 mm na szerokości obręczy. Poprzez wyznaczenie 8 punktów referencyjnych na obwodzie koła chcemy uniknąć wpływu korugacji obręczy na wyniki zużycia.

4.2. PLAN BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Przedmiotem badań będą tramwaje Skoda 16T i PESA Twist, wyposażone w zestawy kołowe o profilu T i PST, tramwaj Skoda 16 T (5- członowy, na trzech wózkach, 6 zestawów kołowych) oraz tramwaj PESA Twist (3 człony, 4 wózki, 8 zestawów kołowych). W tramwajach 16T – wózki skrajne są wózkami napędzonymi z osiami smarowanymi

natraskowo. Planuje się prowadzenie badań na 4 pociągach tramwajowych, po dwa z każdego typu. Obserwowane będą wszystkie osie pojazdów. W ten sposób uzyskamy wyniki na temat zużycia zestawów:

- napędnych, smarowanych,
- napędnych nie smarowanych,
- tocznych nie smarowanych.

We wszystkich wariantach badane będą profile T oraz PST. Spodziewamy się jednoznacznej odpowiedzi odnośnie trwałości zestawów kołowych na torowiskach, o charakterystykach podanych w tab.1.

W tej sytuacji pomiary obejmą 2 x 12 kół w tramwaju 16T oraz 2 x 16 kół w tramwaju PESA Twist. Pomiary będą prowadzone przy okazji przeglądów technicznych OT-1, 5 do 6 tys. km przebiegu. Okres pomiędzy reprofilacją wynosi średnio 60 tys. km. Proces reprofilacji można powiedzieć zeruje wyniki zużycia ściernego. O ile warunki na to pozwolą badania będą kontynuowane do momentu wymiany obręczy.

4.3. OCENA PROCESU ZUŻYCIA ORAZ BADANIA ZARYSU W OKRESIE STABILIZACJI PROCESU

W przypadku identyfikacji w trakcie badań wyraźnego okresu stabilizacji kształtu zarysu, podjęta zostanie próba porównania tego kształtu do zarysu wyjściowego a także ewentualnych odchyłeń jego wymiarów od dotychczasowych. Powszechnie stosowany w kolejnictwie zarys AOC oraz oparty na nim zarys tramwajowy PST wyznaczone zostały prawie 50 lat temu w ramach ORE [5]. Z tych względów nowe spojrzenie na zużycie obręczy i jej korzystny kształt w warunkach wrocławskich wydaje się interesujący i potrzebny. Zakłada się, że profil T będzie szybciej przyjmował postać ostatecznie ustabilizowaną.

5. PODSUMOWANIE

Planowane badania nie należą do pionierskich. Zagadnienia zużycia powierzchni obręczy zestawów kołowych były prowadzone w Polsce m.in. w Poznaniu, Krakowie. Sens takich badań we Wrocławiu upatrujemy ze względu na specyfikę warunków eksploatacji i strukturę taboru. W najbliższych latach do eksploatacji mogą wejść te typy tramwajów, które wytypowaliśmy do badań. Z jednej strony zyskamy głębszą wiedzę na temat zużycia zestawów w trakcji tramwajowej z drugiej wyniki tych badań mogą przyczynić się do zmniejszenia kosztów eksploatacji.

Bibliografia

1. Czyczyła W., Tulecki A.: Budowa i badania eksploatacyjne pojazdu kolejowo – drogowego TRAMKOL-02. Technika Transportu Szynowego nr 6/2000.
2. Lewandowski K., Molecki B. (red.): Tramwaje we Wrocławiu 1877-2006. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
3. Piec P.: Analiza zużycia wieńca koła zestawów kołowych pojazdów szynowych. Logistyka nr 3/2014.
4. Zajac G., Jurga S.: Badania trwałości obręczy kół tramwajowych eksploatowanych w MPK S.A. w Krakowie. Problemy eksploatacji nr 2/2009.
5. Pr. Zb. Przystosowanie kolei do zwiększonych szybkości i dużych przewozów. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1969.
6. Norma PN-K-92016 – Tramwajowe zestawy kołowe, elastyczne. Obręcze obrobione, Wymagania i badania (1997).

PROBLEMS OF TRAMWAY RAIL AND WHEEL DEGRADATION FOR THE WROCLAW CITY CASE

Summary: The article presents factors have influence on the operation process safety of tramway rolling stock, and in consequence will have influence on service intervals. The main goal is to collect a set of important factors, which will be helpful in planning of operation research. The boundary conditions of tramway operation and maintenance change for different cities in Poland. In the Wrocław City case, the newest wheel profile PST is not used, as consequence of studies were made ten years ago.

In later, processes occurring in the operation and maintenance of tram vehicles were identified. Also influencing factors due to each process phase were described. Then a concept of operation research for a new rolling profile of wheels was introduced. The paper ends with a summary and further research perspectives.

Keywords: wheel PST, operation research, tramway system