

Jacek Makuch
*Instytut Inżynierii Lądowej
Politechnika Wrocławska*

Nowe metody w diagnostyce torów tramwajowych

1. Wstęp

W wyniku prowadzonej eksploatacji pierwotny stan techniczny torowisk tramwajowych ulega po pewnym okresie naturalnej degradacji, objawiającej się pogorszeniem stanu torów. Umiejętność określenia wielkości deformacji geometrycznych toru oraz zużycia i uszkodzeń jego składowych elementów konstrukcyjnych staje się podstawą do podejmowania decyzji o dalszej eksploatacji torowisk tramwajowych (zmniejszenie prędkości, ograniczenie lub wstrzymanie ruchu) oraz ich utrzymaniu (zakres i terminy napraw oraz modernizacji).

Diagnostyka nawierzchni szynowej rozumiana jest jako całokształt metod i środków służących do określenia jej stanu w dowolnej chwili czasu. Możemy wyróżnić dwa zasadnicze jej kierunki:

- ocena stanu geometrii toru (nierówności),
- ocena stanu konstrukcji toru (zużycie lub uszkodzenia poszczególnych elementów składowych).

Badania diagnostyczne obejmują pomiary i przeglądy. Pomiary mogą być realizowane na dwa sposoby:

- bezpośrednio - w formie pomiarów punktowych przeprowadzanych ręcznie przenośnym sprzętem pomiarowym,
- pośrednio - w formie pomiarów punktowych i ciągłych przeprowadzanych automatycznie przy użyciu toromierzy samorejestrujących albo drezyn pomiarowych.

Obecnie dąży się do tego aby jak najwięcej danych pozyskiwać według drugiego sposobu, ze względu na znaczne uproszczenie procesu pomiaru, automatyczne rejestrowanie wielkości pomocniczych (np. przebytej drogi, a dla drezyn również prędkości i przyspieszeń) oraz możliwość komputerowego przetwarzania danych, aż do uzyskania gotowych wyników analiz.

Analizę wyników badań w diagnostyce nawierzchni szynowych przeprowadza się najczęściej według następujących dwóch metod:

- bezpośredniej - w postaci analizy progowej,
- pośredniej (syntetycznej) - z zastosowaniem mierników stanu toru.

Pierwsza metoda polega na porównywaniu uzyskanych z badań diagnostycznych parametrów z ich dopuszczalnymi wartościami określonymi w obowiązujących przepisach, druga natomiast - na wykorzystaniu wartości parametrów uzyskanych z badań diagnostycznych do wyznaczenia określonych w obowiązujących przepisach

syntetycznych mierników stanu toru, pozwalających nadać badanemu torowi ocenę np. w skali od niedostatecznej do bardzo dobrej.

2. Diagnostyka torowisk tramwajowych w przepisach i normach

Podstawowym dokumentem określającym formę i zakres diagnostyki w zakresie torowisk tramwajowych są wytyczne techniczne dotyczące projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych z roku 1983 [1]. W rozdziale IV dotyczącym utrzymania torów tramwajowych precyzują one rodzaje, zakres oraz terminy przeglądów dokonywanych w terenie.

Przeglądy **bieżące** przeprowadzane są drogą codziennych oględzin. Ich zadaniem jest wykrywanie:

- lokalnych odkształceń torów (np.: zapadnięcia, wysadziny, wyboczenia),
- uszkodzeń elementów składowych toru (np.: pęknięte szyny, uszkodzone łapki)
- usterek torów (np.: niedokręcone śruby, niesprawność pracy zwrotnic i urządzeń odwadniających).

Wszystkie odcinki torów powinny być kontrolowane przynajmniej raz w ciągu miesiąca. W przypadkach wątpliwych przeprowadza się niezbędne pomiary uzupełniające (geometrii, zużycia). Wyniki przeglądów bieżących wpisywane są do dzienników przeglądów torów.

Przeglądy **okresowe** przeprowadzane są w formie oględzin i pomiarów. Ich zadaniem jest określenie:

- rodzaju i wielkości odkształceń torów: szerokości, nierówności pionowych, kierunku i prawidłowości krzywizn (wzrokowo !), przechyłek na łukach,
- stanu technicznego i stopnia zużycia elementów składowych toru: szyn (pionowe, boczne, faliste), przytwierdzeń, podkładów, podbudowy, podsypki, nawierzchni drogowej, urządzeń odwodnienia, rozjazdów,

w stosunku do norm dopuszczalnego zużycia eksploatacyjnego, w celu zakwalifikowania poszczególnych odcinków toru do naprawy średniej lub głównej. Przeglądami okresowymi powinna być objęta cała sieć torów tramwajowych, raz w ciągu roku. Wyniki przeglądów są opracowywane w terminie do 30 kwietnia i nanoszone na karty przeglądu stanu technicznego torów.

Przeglądy **specjalne** należy przeprowadzać również raz w roku, po zakończeniu przeglądów okresowych, w formie komisyjnej. Ich celem jest ostateczne stwierdzenie potrzeby, rodzaju, zakresu oraz terminu naprawy odcinków zgłoszonych do programu napraw średnich i głównych. Przeglądy specjalne mieszczą się więc w zakresie diagnostyki przedmodernizacyjnej.

Wytyczne techniczne w załączniku nr 1 precyzują wartości dopuszczalnego zużycia eksploatacyjnego torów tramwajowych. Określone wartości progowe dotyczą następujących parametrów diagnostycznych:

- szerokości toru,
- zużycia pionowego i bocznego oraz uszkodzeń główek szyn,
- zużycia rozjazdów,
- przechyłki w torze prostym,
- wichrowatości,
- odchylenia od wymaganej przechyłki w łuku,
- nieliniowości powierzchni tocznej szyn w stykach,
- odkształceń nawierzchni drogowej w strefie przyszynowej.

Wytyczne techniczne w rozdziale III dotyczącym budowy torów tramwajowych precyzują wartości dopuszczalnych odchyłek dla torów nowobudowanych lub remontowanych. Informacje te są w pełniejszej i bardziej aktualnej formie zebrane w

innym dokumencie - normie polskiej z roku 1998 dotyczącej wymagań i badań stosowanych przy odbiorze torowisk tramwajowych poddawanych naprawom głównym oraz modernizowanych i nowobudowanych [2].

Zagadnienia te mieszczą się w zakresie diagnostyki powykonawczej. Zakres analizowanych w tym przypadku parametrów geometrycznych jest znacznie szerszy, a odchyłki dopuszczalne - mniejsze niż przy diagnostyce eksploatacyjnej. Nie analizuje się parametrów takich jak zużycie czy uszkodzenia, w zamian za to kontroluje się cechy materiałowe elementów składowych toru (np. dla szyn, podkładów, podsypki - zgodność z innymi dokumentami normatywnymi, precyzującymi ich minimalne wymagania; dla podsypki i podłoża - wskaźnik zagęszczenia). Ogólny zakres badań jest również szerszy - obejmuje kontrolę podtorza oraz ugięć nawierzchni.

Część badań i pomiarów musi być przeprowadzana w trakcie remontu lub budowy, gdyż dotyczy elementów ulegających zasypaniu (odbiory częściowe).

Zakres badań przy odbiorach obejmuje sprawdzenie:

- materiałów,
- osi trasy i niwelety,
- podtorza,
- urządzeń odwadniających,
- podsypki,
- podbudowy toru,
- nawierzchni stalowej toru,
- ochrony przed prądami błądzącymi,
- przyrządów wyrównawczych,
- montażu rozjazdów tramwajowych,
- nawierzchni torowiska,
- obrzeży betonowych,
- wypełnienia torowiska,
- wysepek przystankowych.

Trzecim dokumentem, zawierającym ustalenia z zakresu diagnostyki torów tramwajowych jest norma polska z 1998 roku, dotycząca skrajni budowli [3]. W punkcie dotyczącym wymagań ogólnych podane są maksymalne wartości niektórych parametrów opisujących deformacje toru tramwajowego:

- przesunięcie toru w poprzek,
- nierównomierność zużycia boków szyn,
- zygzakowość toru,
- wielokątność łuku,
- zapadnięcia toru oraz zużycie pionowe główek szyn,
- wichrowatość.

Niestety wartości te nie są w pełni zbieżne z odchyłkami dopuszczalnymi podanymi w dwu poprzednich dokumentach, a ponadto niektóre parametry (wielokątność i wichrowatość) nie są jednoznacznie sprecyzowane i mogą być różnie interpretowane.

W omawianych dokumentach brak jest informacji o diagnostyce powypadkowej. W praktyce jednak, jest ona realizowana. Ilekroć istnieje podejrzenie, iż przyczyną wykolejenia mógł być zły stan toru, przeprowadzane są odpowiednie badania, a ich wyniki są zapisywane w książce wykolejeń.

Obecnie stosowane przepisy określające formę i zakres diagnostyki w zakresie torowisk tramwajowych posiadają szereg wad:

- znajdują się w nich archaiczne zapisy (np.: o wzrokowym sposobie określania kierunku torów [1], prawidłowości krzywizn oraz ugięć nawierzchni [2]),

- występują pomiędzy nimi rozbieżności (wartości odchyłek dopuszczalnych, definicji parametrów diagnostycznych),
- pozyskiwanie danych diagnostycznych opierają głównie na pomiarach punktowych (przeprowadzanych ręcznie, przenośnym sprzętem pomiarowym), pomijając stosowane obecnie powszechnie na kolei ciągle metody pomiarów oparte na zastosowaniu toromierzy samorejestrujących i drezyn pomiarowych,
- opracowanie wyników badań diagnostycznych opierają jedynie o analizę progową, pomijając stosowane obecnie powszechnie na kolei metody oparte na syntetycznych miernikach stanu torów.

Wytyczne techniczne [1] opracowane zostały w roku 1983 z wykorzystaniem postanowień zawartych w ówczesnie obowiązujących przepisach kolejowych. Jednakże ze względu na odmienność charakteru i struktury ruchu kolejowego i tramwajowego, już wtedy nie wszystkie zasady stosowane w diagnostyce torów kolejowych były w pełni przydatne do zastosowania w przypadku torów tramwajowych. Ponadto w okresie ostatnich 20 lat zmienił się sposób rozwiązywania wielu problemów technicznych w kolejnictwie, dlatego nowelizacji uległa znaczna część przepisów kolejowych, niektórych nawet kilkakrotnie.

Normy polskie [2] i [3] znowelizowane w roku 1998 wydają się być "młode" lecz jest to tylko pozorny efekt, gdyż ich nowelizacja wymuszona została postanowieniami ustawy o normalizacji, w myśl których wszystkie normy branżowe zastąpiono polskimi. Nowelizacje te niestety przeprowadzono z powieleniem niewłaściwych lub nieaktualnych sformułowań zawartych w ich poprzednich wersjach.

Istnieje zatem pilna potrzeba nowelizacji przepisów normujących zasady diagnostyki torów tramwajowych, obecnie bardzo często podnoszona, gdyż obowiązujące przepisy nie są dostosowane do nowych rozwiązań konstrukcyjnych i metod technologii robót nawierzchniowych stosowanych obecnie w torowiskach tramwajowych oraz możliwości współczesnych metod pomiarowych.

3. Przykłady nowatorskich zastosowań metod diagnostycznych

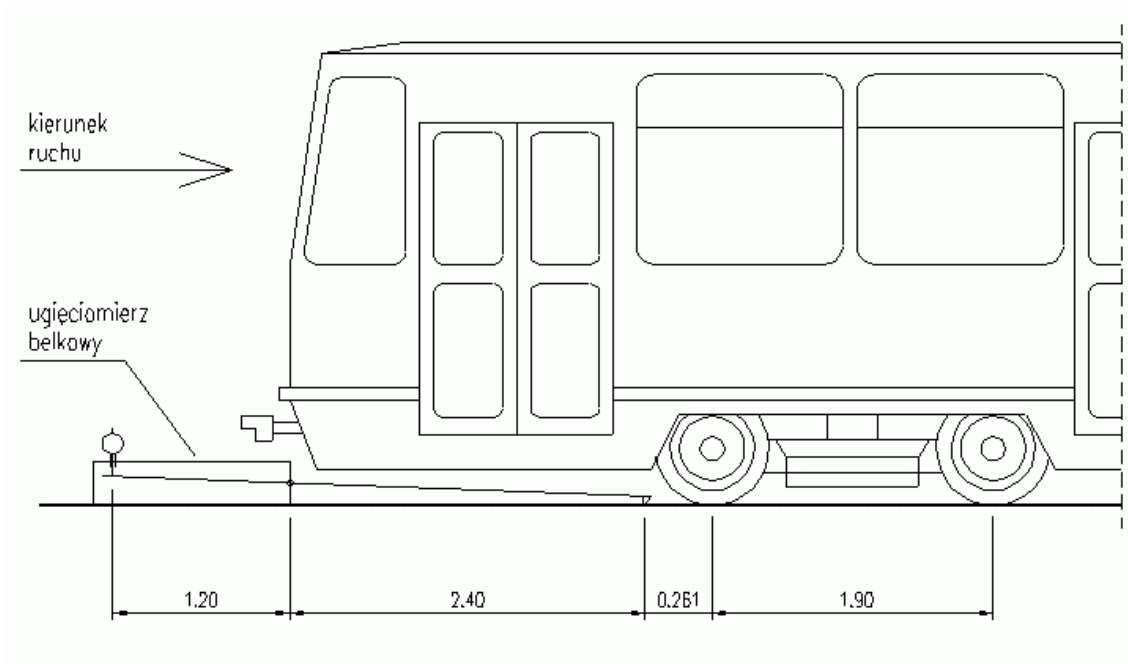
W praktyce diagnostyki torowisk tramwajowych dokonał się jednak postęp. Okazał się on możliwy głównie dzięki adaptacji metod badań oraz sposobów opracowania ich wyników stosowanych na kolei oraz w drogownictwie. Poniżej wymieniono wybrane przykłady przedsięwzięć diagnostycznych dotyczących torowisk tramwajowych, wybiegających w przód poza obecnie stosowane przepisy i normy:

1. Ocena stanu torów tramwajowych w ul. Powstańców Śl. we Wrocławiu - SITK Oddział Wrocław, 1995 r. [4]
2. Ocena stanu torów tramwajowych w ul. Głogowskiej w Poznaniu - Zakład Dróg Kolejowych Politechniki Poznańskiej, 1997 r. [5]
3. Ocena stanu technicznego torowisk tramwajowych w ul. Nowowiejskiej, Piastowskiej i Grabiszyńskiej we Wrocławiu - Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, 1999 r. [6, 7].
4. Kompleksowa ocena stanu torów tramwajowych Zakładu Komunikacji Miejskiej w Gdańsku - Katedra Inżynierii Kolejowej Politechniki Gdańskiej, 2000 r. [8]
5. Wdrażanie komputerowego systemu wspomagania decyzji utrzymania torów tramwajowych "Tramtor" - Zakład torowo-budowlany Tramwaje Warszawskie, 2000 r. [9].

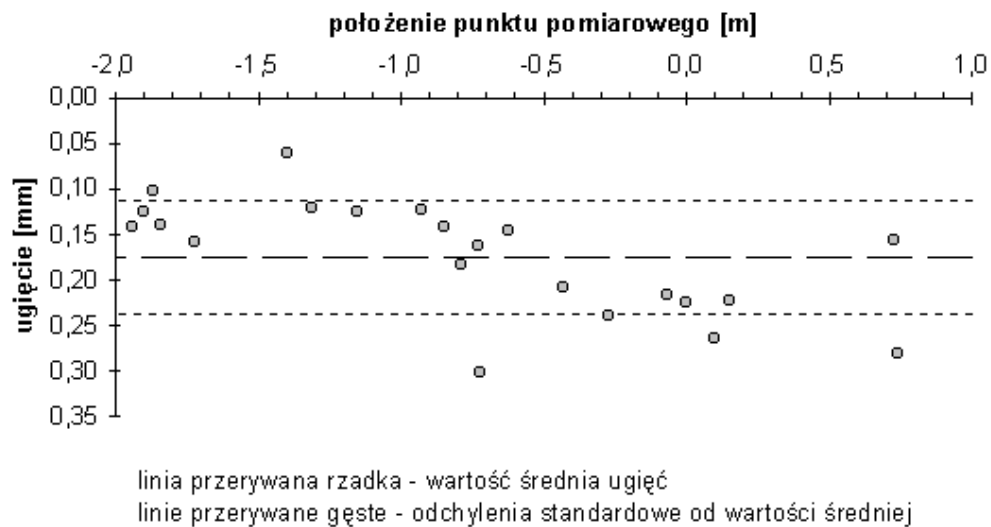
W przypadku przedsięwzięć 2, 4 i 5 do opracowania wyników badań diagnostycznych wykorzystano syntetyczne mierniki oceny stanu torów identyczne jak na kolei (Gdańsk) lub ich drobne modyfikacje (Poznań i Warszawa).

W przypadku przedsięwzięć 2 i 5 do opracowania wyników badań diagnostycznych zastosowano oprogramowanie komputerowe o podobnych cechach jak stosowane na kolei komputerowe systemy eksperckie.

W przypadku przedsięwzięcia 3 do oceny nośności torowisk tramwajowych zastosowano adaptację drogowej metody oceny nośności nawierzchni podatnych poprzez pomiar jej ugięcia pod statycznym naciskiem koła pojazdu przy pomocy ugięciomierza belkowego (rys 1 i 2) [10].



Rys.1 Pomiar ugięcia szyny tramwajowej ugięciomierzem belkowym



Rys.2 Wykres ugięć szyny na długości toru

W przypadku przedsięwzięć 1, 4 i 5 dane diagnostyczne pozyskano tak jak na kolei metodą pomiarów ciągłych, a nie punktowych. Jedyną różnicą w stosunku do kolei, gdzie dzięki zarządzaniu infrastrukturą przez jeden podmiot w skali całego kraju opłacalne jest stosowanie drezyn pomiarowych, w przypadku komunikacji

tramwajowej, zarządzanej w każdym z ośrodków z osobna, bardziej ekonomiczne okazało stosowanie toromierzy samorejestrujących.

Do niedawna problemem był brak na rynku krajowym toromierza samorejestrującego przystosowanego do szyn rowkowych stosowanych w torowiskach zabudowanych, dlatego przedsięwzięcia 1 i 4 nie obejmowały torowisk zabudowanych. Obecnie toromierz taki jest już dostępny, a jednym z pierwszych jego użytkowników jest Zarząd Dróg i Komunikacji we Wrocławiu.

4. Podsumowanie

Adaptacja metod badań oraz sposobów opracowania ich wyników stosowanych na kolei do potrzeb diagnostyki torów tramwajowych wymaga pewnych zmian. Jednym z problemów w przypadku stosowania pomiarów ciągłych jest właściwy dobór długości odcinka bazowego do wyznaczenia pochodnych parametrów geometrycznych, a w przypadku stosowania pomiarów punktowych - właściwej odległości pomiędzy przekrojami pomiarowymi. Z uwagi na występowanie w torach tramwajowych krótkich łuków o małych promieniach należy przyjmować mniejsze wartości długości odcinków bazowych oraz odległości pomiędzy przekrojami pomiarowymi, niż w przypadku diagnostyki torów kolejowych. W przeciwnym razie występujące w torze tramwajowym krzywizny i przechyłki wynikające z projektu mogą być identyfikowane jako nierówności eksploatacyjne toru. Podobnym problemem, jest właściwy dobór długości elementarnego odcinka toru z jakiego wyliczany jest syntetyczny wskaźnik jego jakości. Tu również z uwagi na znacznie częstsze zmiany typów oraz wieku nawierzchni na długości torów tramwajowych należy przyjmować mniejsze wartości długości odcinków elementarnych, niż w przypadku diagnostyki torów kolejowych.

Literatura:

- [1] Wytyczne techniczne projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych. Ministerstwo Administracji Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska, Warszawa 1983.
- [2] PN-K-92011: 1998 Torowiska tramwajowe. Wymagania i badania.
- [3] PN-K-92009: 1998 Komunikacja miejska. Skrajnia budowli. Wymagania.
- [4] Ekspertyza stanu technicznego odcinka linii tramwajowej na wydzielonym torowisku w ciągu ul. Powstańców Śl. we Wrocławiu. SITK Oddział Wrocław, 1995.
- [5] Siewczyński Ł., Rychlewski J.: Komputerowe wspomaganie oceny stanu toru nawierzchni szynowej. Konferencja Naukowo - Techniczna "Techniki Komputerowe w projektowaniu, budowie i modernizacji linii kolejowych", Wrocław - Jelenia Góra 1997.
- [6] Krużyński M., Szydło A., Piotrowski A., Makuch J., Mazurkiewicz R., Trupkiewicz R.: Ocena stanu technicznego torowiska tramwajowego w ciągu ulic Nowowiejskiej i Piastowskiej we Wrocławiu. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Raport SPR 129/99, Wrocław 1999.
- [7] Krużyński M., Szydło A., Piotrowski A., Makuch J., Mazurkiewicz R., Trupkiewicz R.: Ocena stanu technicznego torowiska tramwajowego w ulicy Grabiszyńskiej we Wrocławiu. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, Raport SPR 130/99, Wrocław 1999.
- [8] Massel A.: Pomiary torów tramwajowych - wnioski z badań stanu torów ZKM Gdańsk. Trzecie Seminarium Diagnostyki Nawierzchni Szynowych, Gdańsk 2001.

- [9] Oleksiewicz W.: Wdrażanie systemu wspomagania decyzji o utrzymaniu toru w Tramwajach Warszawskich. Międzynarodowa Konferencja Naukowo - Techniczna "Nowoczesne rozwiązania techniczne w komunikacji tramwajowej", Wrocław 2000.
- [10] Makuch J. "Ocena konstrukcji torowisk tramwajowych na podstawie analizy ugięć szyn", XII Konferencja Naukowa "Drogi Kolejowe 2003", Gdańsk-Sobieszewo 2003.