

Artykuł recenzowany: Monitoring toru bezстыkowego, cz. I

Pomiary pełzania szyn kolejowych

Streszczenie: Monitoring toru bezстыkowego. Artykuł obejmuje tematykę prowadzenia pomiarów i obserwacji miejsc podatnych na pełzanie toków szynowych w torze bezстыkowym przy zastosowaniu metody punktów stałych. Szczegółowo przedstawiono w nim wraz z analizą wyniki pomiarów autorskich pełzania toków szynowych toru bezстыkowego przeprowadzonych wiosną 2010, 2011 i 2012 roku. Uwzględniono również wyniki pomiarów geometrii toru przeprowadzonych toromierzem samorejestrującym typu TEC-1435 i opracowanych w aplikacji Track Report 2.0.3.5. W artykule przedstawiono wybrane wnioski i spostrzeżenia, koncentrujące się wokół monitoringu toru bezстыkowego, będącego jednym z elementów systemu Monitorowania Stanu Infrastruktury Transportu Szynowego.

Abstract: Monitoring of jointless rail track. The article describes the problems as well as principles of conducting surveys and observations of creep-susceptible locations of rail courses in a jointless rail track using the method of fixed points. The paper in detail presents analysis and results of author's surveys of rail courses creep, which were carried out in the spring of 2010, 2011 and 2012. The article presents also results of the measurements of track geometry (horizontal and vertical) conducted with TEC-1435 trolley and worked out in application Track Report 2.0.3.5. Multiple measurements performed by the author using the system enabled an assessment of its advantages and shortcomings using. The system should necessarily be included in the geodetic and diagnostic monitoring of rail transport infrastructure state.

Arkadiusz Kampczyk

Tor kolejowy tworzą dwa toki szynowe ułożone w ustalonej odległości, stanowiące podstawowy układ nośny nawierzchni kolejowej, których układ geometryczny przystosowany jest do bezpiecznego ruchu pojazdów kolejowych z prędkościami i naciskami określonymi parametrami techniczno-eksploatacyjnymi. Szynami normalnej długości nazywamy takie, których wydłużenie i skrócenie przy nagrzewaniu i ochładzaniu w okresach wieloletnich wahań temperatury całkowicie rekompensuje się wielkością luzów w stykach [2]. Tor z szynami normalatywnej długości [4] połączonymi łubkami lub z szynami zgrzewanymi (spawanymi) o długościach większych od normalnych, ale mniejszych od 180 m, jest **tozem klasycznym**, a tor z szynami zgrzewanymi (spawanymi) o długościach 180 m i większych jest **tozem bezстыkowym** [4]. Temperatura szyny, przy której

na określonym odcinku toru nieobciążonego ruchem nie występuje siła podłużna, nosi nazwę **temperatury neutralnej**. Odcinkowe zaburzenie stanu równowagi szyn w torze bezстыkowym może spowodować występowanie mikropremieszczeń szyn (które mogą przybrać formę tzw. **pełzania szyn**) prowadzące do zmian wartości sił podłużnych na długości odcinka, na którym wystąpiło przemieszczenie. Pełzanie szyn wyznacza się jako wartość przemieszczenia punktu bazowego, jakie nastąpiło w okresie od pierwszego pomiaru do aktualnego. Wartość pełzania szyn podajemy w milimetrach.

Prowadzenie ciągłego monitoringu stanu toru bezстыkowego odgrywa ważną rolę w określeniu wielkości pełzania toków szynowych w stosunku do punktów stałych. Na tej podstawie dokonuje się analizy zmiany stanu naprężeń oraz weryfikacji temperatury neutralnej. Tor bezстыkowy, na którego odcinkach temperatura neutralna jest niższa niż $+5^{\circ}\text{C}$, stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa

ruchu pociągów z uwagi na możliwość **wyboczenia toru** w okresie podwyższonych temperatur. Temperatura neutralna przekraczająca $+40^{\circ}\text{C}$ grozi zwiększonym prawdopodobieństwem wystąpienia **pęknięcia szyny** w okresie obniżonych temperatur. Sprawdzanie stabilności temperatury neutralnej wykonuje się co najmniej raz w roku, przed okresem występowania temperatur wyższych niż 15°C . Wybór metody dostosowanej do warunków eksploatacyjnych, kategorii linii oraz klasy toru należy do kierownika wykonawczej jednostki organizacyjnej [4]. Warunki Techniczne utrzymania nawierzchni kolejowej Id-1 (D-1) zalecają dla sprawdzenia stabilności temperatury neutralnej stosowanie następujących metod:

- punktów stałych,
- pomiarów bezpośrednich,
- wizualnej,
- innych dopuszczonych przez zarządcę infrastruktury.

Autor prezentuje w artykule wyniki pomiarów wykonanych metodą punktów stałych wraz z analizą pełzania toków szynowych toru bezстыkowego nr 1, linii kolejowej nr 161 Katowice Szopienice Północne – Chorzów Stary zrealizowane wiosną 2010, 2011 i 2012 roku. Uwzględnia również wyniki pomiarów geometrii toru przeprowadzonych toromierzem samorejestrującym typu TEC-1435 i opracowanych w aplikacji Track Report 2.0.3.5. Całkowita długość toru objętego monitoringiem wynosi 5,227 km, prędkość rozkładowa 70 km/h. Wyniki pomiarów autorskich wraz z analizą przedstawiono w II części artykułu pt. „Wpływy termiczne w pomiarach pełzania toków szyn”.

• Częstotliwość pomiarów i dokumentacja techniczna

Badania diagnostyczne dzielą się na: standardowe i specjalne (nadzwyczajne).

Rys. 1. Monitoring z zastosowaniem metody punktów stałych



a) punkt stały – punkt odniesienia założony na stalowym słupie trakcyjnym oznaczony kolorami zgodnie z wymogami instrukcji Id-1 (D-1)

b) widok ogólny punktu stałego i znaku regulacji osi toru



c) punkt bazowy nacięty na zewnętrznej, bocznej płaszczyźnie główki szyny wykonywany podczas pierwszego pomiaru i dodatkowo oznaczony białą farbą

Standardowe badania diagnostyczne są czynnościami planowymi, przeprowadzanymi przez uprawnionych pracowników zespołów diagnostycznych (IZDKN – Zespół Diagnostyczny Głównego Inżyniera ds. Nawierzchni i Podtorza) oraz pracowników Sekcji Eksploatacji (ISE) na podstawie rocznego i miesięcznego harmonogramu. Zgodnie z zaleceniami Id-8 *Instrukcji diagnostyki nawierzchni kolejowej* [5] pomiary przesunięć na punktach kontrolnych (stałych) toru bezстыkowego są wykonywane przez inspektora (specjalistę diagnostę) na wszystkich torach każdej kategorii linii co najmniej raz w roku. W zależności od stanu technicznego i warunków eksploatacyjnych, na wniosek głównego inżyniera kierującego zespołem diagnostycznym ds. nawierzchni i podtorza, częstotliwość badań standardowych może ulec zmianie, pod warunkiem że nie spowoduje to wydłużenia cykli minimalnych. Decyzję w tej sprawie podejmuje dyrektor Zakładu Linii Kolejowych PKP PLK S.A. (IZ). Natomiast o zmianę częstotliwości standardowych badań diagnostycznych z uwagi na występujące szkody górnicze wnioskuje dział szkód górniczych IZ.

Specjalne badania diagnostyczne wykonuje się w szczególnych przypadkach, np. przy wdrażaniu nowych rozwiązań technicznych w elementach nawierzchni, badaniu tych elementów po wypadkach lub wydarzeniach kolejowych czy przy wystąpieniu szkód górniczych. Dokumentacja techniczna przeprowa-

dzenia badań diagnostycznych w zakresie prowadzenia ciągłego monitoringu toru bezстыkowego obejmuje:

- metrykę toru bezстыkowego,
- dziennik pomiaru przemieszczeń szyn na punktach stałych,
- wykres pełzania toków szynowych toru bezстыkowego,
- arkusz analizy termicznej toru bezстыkowego.

Dokumentacja techniczna diagnostyki stanu toru bezстыkowego jest przechowywana i archiwizowana w sekcjach eksploatacji pionu drogowego. W celu wykonania pomiarów inspektor za pokwitowaniem pobiera z ISE całość dokumentacji odcinka. Wyniki rejestruje się w dzienniku pomiaru przemieszczeń szyn, następnie sporządza się wykres pełzania toków szynowych, a wnioski i zalecenia wynikające z analizy pracy toru bezстыkowego ujmuje się w dokumencie zwanym arkuszem analizy termicznej. Dokumentem umożliwiającym podejmowanie decyzji w zakresie utrzymania i eksploatacji jest tzw. **metryka toru bezстыkowego**. Metryka toru nr 1 linii 161 objętego pomiarem i analizą zawiera dwie zasadnicze grupy informacji:

1. dane o konstrukcji i stanie toru:

- kilometr, typ szyn i podkładów, położenie toru w płaszczyźnie poziomej (proste i łuki z podaniem ich promieni, przejazdy w poziomie szyn, obiekty inżynierskie, rozjazdy itp.),
- oznaczenie miejsc, w których założono punkty stałe do weryfikacji wartości temperatury neutralnej,

- warunki układania toru bezстыkowego (data, temperatura przytwierdzenia i zgrzewania szyn),

- oznaczenie odcinków, na których może wystąpić pełzanie szyn,

2. dane o pęknięciach szyn oraz przeprowadzonych naprawach toru.

• Obserwacje miejsc podatnych na pełzanie

W strefie centralnej toru bezстыkowego pełzanie szyn lub toru wywołuje na odcinku, na jakim wystąpiło, zmiany wartości podłużnych sił termicznych w szynach (podobnie ze zmianą wartości temperatury neutralnej). Zasadniczymi przyczynami występowania pełzania szyn mogą być:

- zmiany temperatury szyn,
- lokalne zmiany oporu podłużnego nawierzchni spowodowane zmiennym stanem podsypki lub przytwierdzeń szyn do podkładów,
- przerwanie ciągłości toków szynowych,
- oddziaływanie kół taboru kolejowego.

Uprawniony pracownik zespołu diagnostycznego na podstawie uaktualnionej temperatury neutralnej określa i przekazuje kierownikowi wykonawczej jednostki organizacyjnej dane na temat:

1. zakresu bezpiecznych warunków termicznych toru bezстыkowego, tzn. ustalenia informujące i nakazujące, przy jakich temperaturach szyny:

- można dopuścić ruch pociągów z prędkościami rozkładowymi,
- należy wprowadzić dodatkowe obserwacje odcinków toru bezстыkowego,
- należy ograniczyć lub okresowo wstrzymać ruch pociągów,
- możliwe jest prowadzenie napraw toru;

2. lokalizacji i rodzajów napraw, jakie należy wykonać, aby nie dopuścić do ograniczeń prędkości pociągów w okresie wysokich temperatur.

Pomiary wykonane metodą punktów stałych w celu sprawdzenia stabilności temperatury neutralnej służą m.in. do podjęcia decyzji, czy należy przeprowadzić regulację sił podłużnych. Przeprowadza się ją, gdy stwierdzono, że:

1. na eksploatowanym odcinku toru wartości temperatury neutralnej przekraczają wymagany zakres od $+15^{\circ}\text{C}$ do $+30^{\circ}\text{C}$,

2. różnica wartości temperatur neutralnych w sąsiednich tokach szynowych w przekroju poprzecznym toru przekracza 10°C ,

3. na eksploatowanym odcinku toru wartości temperatury neutralnej różnią się więcej niż o 10°C ,

Rys. 2. Termometry stosowane przy pomiarach metodą punktów stałych



a) szynowy typu S49



b) laserowy, tzw. pirometr Testo 830-T1



c) elektroniczny kieszonkowy, przytwierdzony na magnesie do główki szyny



d) laserowy Testo 810



e) elektroniczny typu K, J, T 8852



f) laserowy AZ 8886

4. przy ustaleniu temperatury neutralnej na tych samych odcinkach różnice pomiędzy kolejnymi rocznymi ustaleniami są większe niż:

- 15°C – przy dobrym stanie podsypki i pełnym jej oprofilowaniu,
- 10°C – przy przeciętnym stanie podsypki i pełnym jej oprofilowaniu,
- 7°C – w pozostałych stanach podsypki lub przy brakach w jej oprofilowaniu.

Tor bezстыkowy powstaje w wyniku trwałego połączenia (zespawania bądź zgrzania) bezpośrednio w torze odcinków szyn długich normatywnej długości. Długość toru bezстыkowego jest ograniczona jedynie warunkami układu torowego wymagającego przecięcia toku szynowego (założenie styku, ułożenia rozjazdu nie-spawanego itp.). Trzy zasadnicze strefy występujące na długości toru bezстыkowego: odcinek oddychający, strefa centralna, kolejny odcinek oddychający [4]. Na odcinkach oddychających, począwszy od styku, następuje równoważenie powstających w szynach sił termicznych i oporu podłużnego toru. Niezrównoważona część siły termicznej powoduje ruch końca szyny w styku. Długość odcinka oddychającego jest zależna od oporu podłużnego toru oraz zmian temperatur. W torze spełniającym warunki określone w § 33 *Warunków technicznych utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D1)* długość ta wynosi 30-100 m. W strefie centralnej, gdy nie występują przemieszczenia podłużne szyn, wartość siły termicznej wynosi:

$$F_{rz} = \alpha EA(t_{rz} - t_n) \text{ [N]},$$

gdzie:

F_{rz} – wartość siły termicznej przy temperaturze szyny t_{rz} ,

α – współczynnik rozszerzalności liniowej stali szynowej [$1,12 \cdot 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$],

E – moduł sprężystości stali szynowej [$2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$],

A – przekrój poprzeczny szyny [mm^2],

t_n – temperatura neutralna szyny [$^\circ\text{C}$],

t_{rz} – temperatura szyny [$^\circ\text{C}$].

Gdyby nie występowały przemieszczenia lokalne toru lub szyn, w strefie centralnej temperatura neutralna byłaby równa temperaturze przytwierdzenia szyn do podkładów [4]. Jednak odcinkowe zaburzenia stanu równowagi powodowane są przez następujące czynniki:

- zmienny opór podłużny na długości toru (spowodowany różnym stanem zagęszczenia podsypki, różną siłą docisku stopki szyny do przekładki),

- okresowo działające siły od pojazdów,

- zmienną wartość przyczepności kół z szynami,

- różny stopień nagrzania szyny,

W pewnych przypadkach może to spowodować tzw. **mikroprzemieszczenia szyn** (które mogą przybrać formę **pełzania szyn**), prowadzące do zmian wartości sił podłużnych na długości odcinka, na którym wystąpiło przemieszczenie (co można uznać za zmianę temperatury neutralnej). Efekt wzrostu siły ściskającej na odcinku toru będzie analogiczny do obniżenia na tym odcinku temperatury neutralnej o wartość:

$$\Delta t_n = \frac{\delta}{500\alpha l} \text{ [}^\circ\text{C]},$$

gdzie:

δ – maksymalna pomierzona wartość pełzania toru [mm],

α – współczynnik rozszerzalności liniowej stali szynowej [$1,12 \cdot 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$],

l – pomierzona długość odcinka toru, na którym stwierdzono pełzanie [m].

Jeżeli więc przed zaobserwowaniem pełzania temperatura neutralna była równa temperaturze przytwierdzenia, to po pomiarze wartości pełzania i obliczeniu wartości Δt_n temperatura neutralna będzie na jednej części odcinka pełzania wyższa o wartość Δt_n , a na drugiej – niższa o wartość Δt_n od temperatury neutralnej pozostałej części toru, na której nie stwierdzono pełzania [4].

Szyny zabudowane w torze są narażone na działanie różnych sił (zarówno co do wartości, kierunku i charakteru) spowodowanych przez toczące się koła pojazdów oraz zmiany temperatury. Do sił podstawowych zaliczamy te przekazywane przez każde koło na powierzchni kontaktu z szyną. Siły te w zależności od kierunku dzielą się na: pionowe oraz poziome poprzeczne i poziome podłużne.

• Metoda punktów stałych

W celu prowadzenia szczegółowego pomiaru ewentualnych przemieszczeń szyn należy już w trakcie przytwierdzenia szyn długich do podkładów założyć tzw. **punkty stałe** (rys. 1). Zakłada się je w tych samych przekrojach po obu tokach toru bezстыkowego, wyłącznie w strefie centralnej (tzn. nie bliżej niż ok. 100 m od styku) wg następujących zasad:

- przy objęciu obserwacją odcinka toru o długości większej niż kilometr – po dwa punkty na jednej szynie długiej przed jej zgrzaniem w odległości ok. 50 m od końców szyny,

- przy objęciu obserwacją odcinka toru krótszego niż kilometr – punkty stałe w odległościach od 50 do 200 m od siebie w zależności od warunków lokalnych.

Punkty stałe powinny umożliwiać prowadzenie prostej odniesienia, w stosunku do której wykonywany będzie pomiar odległości do **punktu bazowego** na szynie. Pomiar autorskie pozwoliły wykazać, że punkty bazowe są podczas pierwszego pomiaru albo nacinane na zewnętrznej, bocznej płaszczyźnie główki szyny, albo nabijane punkciakiem (rys. 1) oraz w zależności od warunków lokalnych i jednostki organizacyjnej danego zarządcy infrastruktury oznaczane farbą olejną, z reguły koloru białego (w terenie można spotkać również inne kolory). Niestety, stwierdzono również braki punktów bazowych lub przypadki dwukrotnego ich nabicia. Należy zwrócić uwagę na jednoznaczność odtwarzalność prostej przy kolejnych pomiarach nawet w dużych odstępach czasu. Prostą odniesienia może być żyłka rozpięta pomiędzy obiektami.

Zaleca się geodezyjny pomiar tych odległości i wówczas na punkcie stałym należy przymocować podstawkę na przyrząd geodezyjny. **Pomiar z wykorzystaniem punktów stałych polega na pomiarzeniu z dokładnością do 1 mm odległości od prostej odniesienia (napiętej żyłki lub celowej instrumentu) do punktu bazowego na główce szyny.** Wykonuje się go za pomocą ekerki tak przygotowanej, że „0” na skali odczytu pokrywa się z punktem przyłożenia do żyłki (w czasie pomiaru nie wolno naciskać na żyłkę) lub z celową instrumentu. Pomiar powinien być przeprowadzony w dogodnych warunkach atmosferycznych, a zwłaszcza bezwietrznych, żeby nie występował ruch prostej odniesienia wyznaczonej żyłką.

Ważne jest przyjęcie znaków kierunku pomiaru. Jeżeli pomiar odbywa się w kierunku zgodnym z kilometrażem, to odczyt oznaczany jest jako „+”, a jeżeli w kierunku przeciwnym to jako „-”. W praktyce stwierdzono występowanie pomyłek w przyjmowaniu znaków kierunków pomiarów. Przy stosowaniu żyłki jako osi odniesienia kolejność czynności jest następująca:

1. prace przygotowawcze polegające na rozciągnięciu żyłki między stałymi punktami na obiektach stałych (żyłka zawsze powinna być zaczepiana w tych

samych punktach i mieć jednakowy napiąg i położenie).

2. pomiar zasadniczy:

- zmierzenie temperatury szyny na główce szyny (rys. 2),
- zmierzenie odległości nacięcia na główce szyny od rozpiętej i naciągniętej żyłki,
- zapisanie obu wartości w dzienniku pomiaru punktów stałych do późniejszych obliczeń.

Pomiary temperatury na główce szyny toru nr 1 linii 161 zostały wykonane termometrem laserowym Testo 830-T1 (rys. 2b). W praktyce stosuje się również inne typy termometrów (przykłady pokazano na rys. 2). Pierwszy pomiar musi być wykonany bezpośrednio po ułożeniu szyny długiej na podkładach i przytwierdzeniu jej do podkładów w procesie technologicznym układki toru bezстыkowego. Stanowi on odniesienie dla wykonywanych obliczeń sił przy kolejnych pomiarach i dlatego konieczne jest wpisanie go do tzw. **dziennika pomiarów przemieszczeń szyn na punktach stałych**. Po zakończeniu wszystkich robót przy układaniu toru bezстыkowego należy wykonać pomiar kontrolny, który pozwala na określenie wpływu robót wykonanych po przytwierdzeniu szyn długich na zmiany w wartości sił podłużnych. Następne

pomiary należy przeprowadzać co najmniej raz w roku.

Cdn.

dr inż. Arkadiusz Kampczyk

PKP PLK S.A.

AGH w Krakowie, Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa

Recenzent dr hab. Rajmund Oruba

AGH w Krakowie

Literatura

- [1] Czyczuła W.: Tor bezстыkowy, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2002;
- [2] Gołaszewski A., Sancewicz S.: Tor bezстыkowy, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1986;
- [3] Id-14 (D-75) Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów, opr.: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Biuro Dróg Kolejowych, Warszawa 2005;
- [4] Id-1 (D-1) Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych, opr.: PKP PLK S.A. BDK, Warszawa 2005;
- [5] Id-8 Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej, opracowanie: PKP PLK S.A. BDK, Warszawa 2005;
- [6] Id-4 (D-6) Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów, opr.: PKP PLK S.A. BDK, Warszawa 2005;
- [7] Kampczyk A.: System geodezyjnego i diagnostycznego monitorowania stanu infrastruktury transportu szynowego, rozpr., dokt., AGH, rec. K. Pyka, M. Sitarz, Kraków 2012;
- [8] Kampczyk A., Strach M.: Pomiary miejsc podatnych na pełzanie przy zastosowaniu metody punktów stałych w torze bezстыkowym. „Geomatics and Environmental Engineering” [poprz. „Geodezja oraz Inżynieria Środowiska”], vol. 4 no. 1/1, Wyd. AGH, Kraków 2010.

REKLAMA

Hemisphere GPS
Profesjonalne autorskie rozwiązania pomiarowe i nawigacyjne GNSS
przemierza świat...

Odbiornik A325 Smart Antena
Komputer polowy XF1
Odbiornik R320
Odbiornik S320 GPS-RTK/RTN GNSS
Odbiornik A320/321 Smart Antena
Systemy sterowania maszynami X100/X200/X300
Antena A42/A52
Odbiornik DGPS,serii X100

Odbiornik S320 GPS-RTK/RTN GNSS:

- komunikacja z użyciem sms
- wbudowany modem radiowy oraz modem GSM/GPRS
- pełna kompatybilność ze sprzętami innych marek
- podwójny port Bluetooth
- wymienna karta pamięci SD do 2GB
- wbudowany sensor wychylenia
- odbiór poprawek systemu OmniSTAR
- autorska technologia SureTrack®
- pełna współpraca z siecią ASG-EUPOS

Wyłączny przedstawiciel w Polsce:



ul. Walecznych 11/1
03-916 Warszawa
Tel. / Fax (22) 617 33 73



Powered by

Eclipse

www.eu-hemisphere.pl

Autoryzowany serwis gwarancyjny i pogwarancyjny:

ul. Ciołka 35/78
01-445 Warszawa
Tel. / Fax (22) 836 83 94

