



Trwałość podrozjazdnic

HENRYK BAŁUCH, MARIA BAŁUCH¹

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji,
Katedra Inżynierii i Komunikacji, 00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

¹Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Zakład Organizacji i Techniki
Transportu Kolejowego, 26-600 Radom, ul. Malczewskiego 29

Streszczenie. Niezawodność rozjazdów jest nieodłącznym, ważnym czynnikiem utrzymania sieci kolejowej. Na procesy degradacji oraz zużycie rozjazdów i skrzyżowań torów wywiera wpływ wiele cech określających współdziałanie pojazdów szynowych z torem, takich jak prędkość pociągów, nacisk osi, liczba i rodzaj pociągów, liczba pociągów w kierunku zwrotnym, stan podłoża, dokładność ułożenia itp. Bardzo ważny jest również układ geometryczny, stan materiału, metody diagnostyki i utrzymania. Średni czas od ułożenia do wymiany rozjazdu jest uzależniony od bezpieczeństwa (ryzyko wykolejeń) i ekonomii (utrzymanie bardziej kosztowne niż wymiana). Na trwałość rozjazdów silny wpływ wywierają podrozjazdnice. Przenoszą one obciążenie taboru przekazywane przez szyny na podsypkę i zapewniają trwałe położenie szyn. Artykuł przedstawia pewne uszkodzenia podrozjazdnic drewnianych i betonowych. Zawiera również rekomendacje dotyczące utrzymania podrozjazdnic. Przedstawione obserwacje stanowią część programu badawczego, którego celem jest zwiększenie trwałości rozjazdów.

Słowa kluczowe: nawierzchnia kolejowa, rozjazdy, podrozjazdnice, trwałość

Symbole UKD: 625.151.033

1. Wstęp

Rozjazdy stanowią najbardziej złożoną i kosztowną konstrukcję nawierzchni kolejowej. Częstość ich wymian zależy w decydującym stopniu od ich trwałości, tę zaś określa stan graniczny używalności, obejmujący wytrzymałość wszystkich części oraz parametry geometryczne.

Określenie trwałości rozjazdu jako całej konstrukcji jest syntezą ocen jego poszczególnych elementów, których trwałość, zależnie od konstrukcji i warunków

eksploatacyjnych, może się znacznie różnić. Różne są też sposoby odnowy tych elementów i sposoby usuwania skutków przekroczeń odchyłek dopuszczalnych. Bardzo duży wpływ na niezawodność rozjazdów wywierają podrozjazdnice. Zdecydowana większość rozjazdów na sieci Polskich Linii Kolejowych jest ułożona na podrozjazdnicach wykonanych z drewna miękkiego (sosna nasycana). Od kilkunastu lat stosuje się podrozjazdnice betonowe¹ (rys. 1).



Rys. 1. Rozjazd UIC60-1200-1:18,5 na podrozjazdnicach betonowych na jednej ze stacji Centralnej Magistrali Kolejowej przeznaczony do prędkości 250 km/h po torze zasadniczym i 100 km/h po torze zwrotnym

W obu rodzajach podrozjazdnic występują pewne zjawiska i procesy zmniejszające ich trwałość. Nader ograniczone zasoby przeznaczone w ciągu kilkunastu ostatnich lat na utrzymanie dróg kolejowych i ich niezadowalający stan na licznych liniach skłaniają do poszukiwania możliwości wydłużenia eksploatacji rozjazdów nawet przy ograniczaniu prędkości pociągów, lecz z zachowaniem bezpieczeństwa jazdy. Artykuł zawiera propozycje takich sposobów w odniesieniu do podrozjazdnic.

2. Eksploatacyjne badania stanu rozjazdów

Okresowe przeglądy rozjazdów znane powszechnie pod nazwą badań technicznych są prowadzone w cyklach stałych zależnych od kategorii toru, w którym dany rozjazd znajduje się [7]. Kolejne wyniki pomiarów szerokości torów i żłob-

¹ W nomenklaturze kolejowej nazwa podkładów i podrozjazdnic jest ograniczona tylko do betonu. W istocie rzeczy są to konstrukcje strunobetonowe wykonywane w Polsce w jednych z najlepszych zakładów w Europie.

ków w rozjeździe są odnotowywane w arkuszach badania technicznego (metryce) każdego rozjazdu (rys. 2).

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | |
|----|---------------------------|-----------------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|---|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Powrót do ekranu głównego | | Notabnik | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Stacja: | Mirtuczki Dolne | | | | | | | | | | | | | | | | | Określ nastawczy | |
| 3 | Nr rozjazdu: | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Rodzaj: | Zwyczajny na podrojazdnicach betonowych | | | | | | | | | | | | | | | | | MD1 | |
| 5 | Typ: | UIC60-300-1-9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Producent: | Huta Andrzeja | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Wbudowany: | 1996-05-24 | | | | | | | | | | | | | | | | | (Arkusz uniwersalny) | |
| 8 | Wbudowany: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 |
| 11 | | Wymiary właściwe i dopuszczalne odchylenie mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | a | b | c | c1 | d | d1 | e | e1 | f | f1 | z | z1 | h | h1 | i | i1 | | | |
| 13 | | 1441 | 1445 | 1435 | 1441 | 1435 | 1441 | 1435 | 1435 | 1394 | 1394 | 56 | 56 | 41 | 41 | 44 | 44 | | | |
| 14 | Dniere badania | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 6 | 6 | 2 | 2 | 12 | 12 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | |
| 15 | i nazwisko | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -2 | -2 | -2 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 16 | badającego | Wymiary przechytki i dopuszczalne odchyłki | | | | | | | | | | | | | | | | | Stwierdzone braki i potrzebne części do wymiany oraz adnotacje o naprawach | Podpisy badających rozjazd |
| 17 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 18 | | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | Wymiary zbadane (pomierzone) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 2008-03-15 B. | 48 | 47 | 36 | 49 | 36 | 52 | 36 | 33 | 1396 | 1390 | 61 | 60 | 40 | 43 | 42 | 42 | | | |
| 21 | Hednicki | 3 | -2 | 5 | 3 | 4 | -3 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 2008-05-21 B. | 49 | 46 | 37 | 50 | 35 | 51 | 36 | 34 | 1395 | 1391 | 60 | 63 | 41 | 43 | 41 | 40 | | | |
| 24 | Hednicki | 3 | 0 | 4 | 6 | 0 | -5 | -7 | -3 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 2000-07-30 K. | 42 | 45 | 36 | 46 | 37 | 50 | 33 | 34 | 1392 | 1391 | 59 | 62 | 41 | 43 | 44 | 44 | | | |
| 27 | Stefańczyk | 2 | 0 | 3 | 5 | 2 | -2 | -3 | -7 | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Rys. 2. Arkusz badania technicznego rozjazdu zwyczajnego (wersja komputerowa wg programu ADIAN¹)

W monografii [4] zaproponowano zmienne cykle diagnozowania rozjazdów uzależnione od ich stanu. Cykle te będą ustalane na podstawie cykli podstawowych i stanu rozjazdu określonego wskaźnikami:

- maksymalnego relatywnego przekroczenia odchyłek dopuszczalnych Spm ,
- rozległości przekroczeń E ,
- powtarzalności przekroczeń P .

Wskaźnik Spm jest maksymalną wartością stosunku przekroczenia odchyłki dopuszczalnej (górną lub dolną)

$$Spm = \frac{|x_{extr}|}{a}, \quad (1)$$

gdzie: x_{extr} — ekstremalna wartość pomierzona;
 a — górna lub dolna odchyłka dopuszczalna.

Gdy wartość ekstremalna jest równa odpowiedniej odchyłce dopuszczalnej, przyjmuje się umownie, że Spm jest równy 0, a nie 1, jakby to wynikało z wzoru (1). Wskaźnik ten przedstawia stopień przekroczenia nominalnych wymiarów rozjazdu i rzuca pewne światło na wynikające z tego powodu zagrożenia. W przypadku nominalnej szerokości żłobków, do których jako dolną odchyłkę przypisano „0”

¹ ADIAN — *Arkusze Diagnostyki Nawierzchni* to program komputerowy stosowany w szkoleniu diagnostów nawierzchni kolejowej opracowany przez Juliana Bałucha w roku 2006.

(wymiary h oraz i), wskaźnik S_{pm} oblicza się, przyjmując, że odchyłka ta wynosi -1 mm.

Wskaźnik rozległości przekroczeń E , stanowi informację o ogólnym stanie rozjazdu, definiowanym jako

$$E = 100 \frac{w}{n} \%, \quad (2)$$

gdzie: w — liczba pomiarów szerokości torów i żłobków, przekraczająca odchyłki dopuszczalne;
 n — liczba wszystkich pomiarów szerokości, zależna od rodzaju (np. na rysunku 2 $n = 16$).

Wskaźnik powtarzalności przekroczeń P informuje o częstotliwości występowania przekroczeń odchyłek dopuszczalnych w tych samych przekrojach

$$P = 100 \frac{r}{n}, \quad (3)$$

gdzie r — liczba pomiarów, w których powtarzają się przekroczenia odchyłek dopuszczalnych.

Powtarzalność przekroczeń może mieć dwie przyczyny:

- duże osłabienie konstrukcji, jak np. uszkodzenia biologiczne podrozjazdnic drewnianych, nadmierne luzy w przytwierdzeniach szyn itp.,
- nie usunięcie usterek w rozjeździe, stwierdzonych w poprzednich pomiarach.

Wartości scharakteryzowanych wskaźników zależą w dużej mierze od stanu podrozjazdnic, zwłaszcza zaś podrozjazdnic drewnianych.

3. Procesy degradacji podrozjazdnic

Wyniki wieloletnich obserwacji wskazują, że degradacja podrozjazdnic drewnianych i betonowych, zwłaszcza zaś ich uszkodzenia mechaniczne przebiegają w porównywalnych warunkach nieco szybciej niż w odpowiadających im rodzajach podkładów, chociaż z drugiej strony pewne typowe uszkodzenia podkładów, jak np. duże wcinanie się podkładek w łukach o małych promieniach rzadziej występują w torach zwrotnych rozjazdów. Różnicę tę można tłumaczyć mniejszym (w przeważającej liczbie przypadków) natężeniem przewozów po torach zwrotnych. Spodziewany wzrost prędkości pociągów na zmodernizowanych liniach magistralnych spowoduje zwiększenie oddziaływań dynamicznych na rozjazdach. Badania rozjazdów, takich jak na rysunku 1, a więc będących w bardzo dobrym stanie, wykazały

bowiem, że przyspieszenia pionowe zwrotnic, szyn łączących i krzyżownic przy prędkości 100 km/h wahały się w granicach $8 \div 11 \text{ m/s}^2$ natomiast przy prędkości około 210 km/h osiągały $20 \div 32 \text{ m/s}^2$ [5].

Przykład postępującej mechanicznej degradacji podrozdnic drewnianej w torze zwrotnym rozjazdu o promieniu 300 m przedstawia rysunek 3. Szerokość tego toru w warunkach statycznych wynosi 1457 mm, a więc znacznie przekracza odchyłki dopuszczalne (por. rys. 2, wymiar $d1$). Podczas przejazdu pociągu szerokość ta zwiększa się do 1469 mm.



Rys. 3. Wyraźne ślady poprzecznego ruchu szyny w torze zwrotnym; przecięte włókna drewna i odchylone wkręty

Na rysunku 4 poprzeczne przemieszczenie podkładek pod półzwrotnicą dowodzi, że w rozjeździe tym występują duże siły poprzeczne przy przeważającej jeździe na tor zwrotny. Przebieg tego typu uszkodzeń można spowolnić, dokręcając w porę wkręty. Natomiast ich stopniowe poluzowywanie w czasie eksploatacji powoduje odrywanie się podkładek od podrozdnic pod wpływem momentów ujemnych, a więc oddziaływania udarowe.



Rys. 4. Przemieszczenia poprzeczne półzwrotnicy; zauważalne większe obciążenie opornicy (jaśniejsza powierzchnia toczna)

Następstwem tych zjawisk, przebiegających łącznie z biologicznym niszczeniem drewna, jest zagłębienie się podkładek w podrozjazdnicie i urywanie się wkrętów. Takie przypadki są częściej spotykane w rozjazdach niespawanych w strefie złączy klasycznych (rys. 5).



Rys. 5. Zagłębiona podkładka podłączona od strony bardziej obciążonego toru; widoczny brak wkrętów

Przykład ten dowodzi korzyści, jakie przynosi spawanie ze sobą poszczególnych części rozjazdów (zwrotnica–szyny łączące–krzyżownica) oraz całych rozjazdów z przyległymi torami. Zagłębienie podkładek w podrozjazdnicie drewniane jest szczególnie szybkie w przypadku uszkodzeń przytwierdzeń szyn. Popękane lub brakujące pierścienie sprężyste pod wkrętami i śrubami stopowymi sprawiają, że ruch pionowy podkładek zdecydowanie się zwiększa (rys. 6).

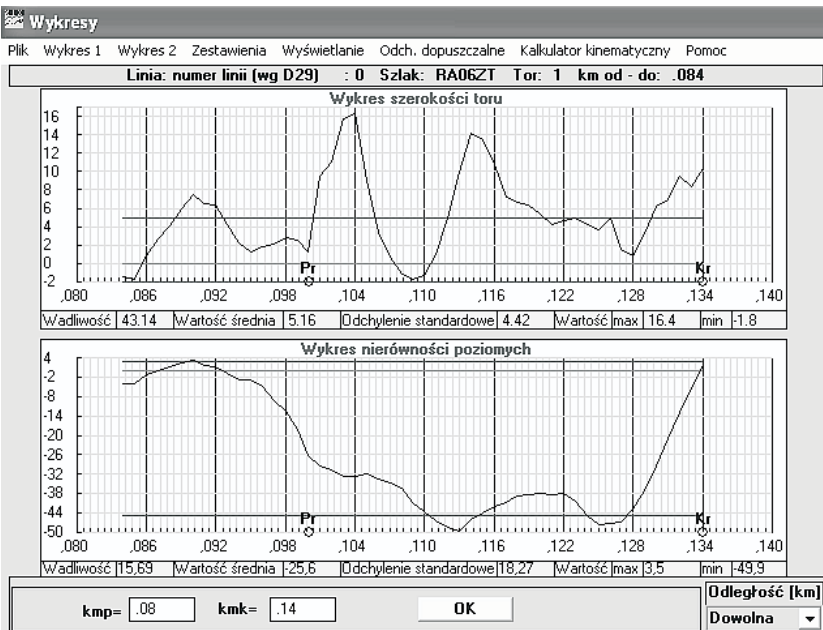


Rys. 6. Popękane pierścienie sprężyste i zagłębiona podkładka

Częstym powodem dodatkowych sił poprzecznych w torach zwrotnych rozjazdów jest niewłaściwe ukształtowanie ich krzywizny. Taki przypadek przedstawiają wyniki pomiaru rozjazdu UIC60-300-1:9 (rys. 7). Nominalna wartość strzałki krzywizny f wynosi

$$f \approx \frac{c^2}{8R}, \quad (4)$$

gdzie: R — promień toru zwrotnego;
 c — długość cięciwy, przy której są obliczane strzałki.



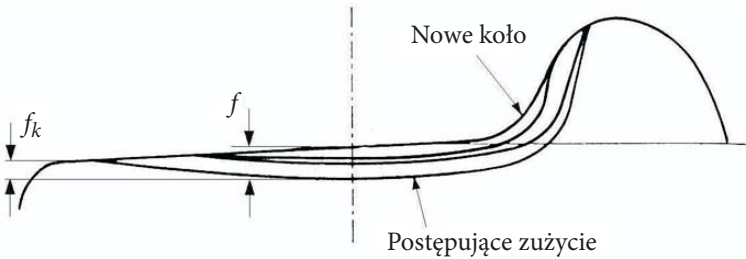
Rys. 7. Pomiary szerokości i krzywizny toru zwrotnego rozjazdu UIC60-300-1:9 odwzorowane w systemie SOHRON [3]

Przy promieniu $R = 300$ m i cięciwie 10 m strzałka f wynosi 42 mm. Na wykresie nierówności poziomych strzałka wynosi 50 mm, co z przekształcenia wzoru 4 daje promień miejscowej krzywizny

$$R = \frac{10}{0,050} = 200 \text{ m.}$$

Tak duże zmniejszenie promienia zwiększa oddziaływania dynamiczne, czego dowodem jest także znaczne poszerzenie toru widoczne na górnym wykresie.

Powodem większych uszkodzeń mechanicznych podrozjazdnic są również zwiększone oddziaływania dynamiczne w strefach nieciągłości toczenia się kół. Taką strefą jest nie tylko krzyżownica, lecz także miejsca, w których koło przetacza się z iglicy na opornicę i odwrotnie. W tym ostatnim przypadku zwiększone oddziaływania mają miejsce zwłaszcza w przypadku kół z nadmiernie zużytą częścią środkową (rys. 8).



Rys. 8. Zużycie środkowej części koła o wartość $f_k = 3$ mm

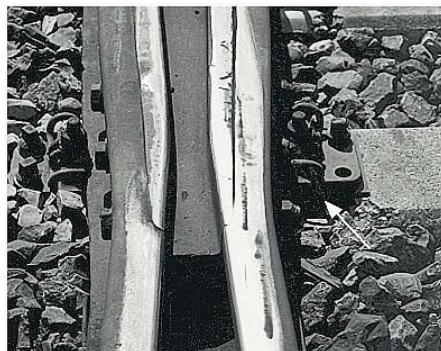
Duże oddziaływania udarowe, bardzo szkodliwe zwłaszcza dla podrozjazdnic betonowych powodują koła wagonów z tzw. płaskim miejscem (rys. 9). Ta groźna wada kół, powodująca nierzadko pęknięcia szyn, wynika ze złego stanu taboru. Płaskie miejsca powstaje bowiem wskutek ślizgania się po szynie koła nieobracającego się z powodu wadliwego działania hamulców. Po zwolnieniu hamulca koło takie uderza w szynę z siłą zależną od masy, prędkości i długości (lub strzałki starcia). Największe oddziaływania dynamiczne dochodzące do 400 kN występują w przedziale prędkości 30÷50 km/h [11].

Duże oddziaływania dynamiczne w strefie krzyżownic związane ze zwiększoną sztywnością węzła przytwierdzenia, który pod względem zastosowanych elementów tłumiąco-sprężystych nie różni się od przytwierdzenia w podkładach betonowych,



Rys. 9. Płaskie miejsce na kole wagonu towarowego

powodują nierzadko przedwczesne uszkodzenia podrojazdnic betonowych. Są to wykruszenia betonu pod podkładką włącznie z obnażeniem lub wypadnięciem dybla (rys. 10) lub pęknięcia w przekroju, w którym dyble te są osadzone (rys. 11). Obserwacje wielu podobnych uszkodzeń stały się powodem poszukiwań technologicznych sposobów zmniejszenia sztywności podłoża pod krzyżownicą.



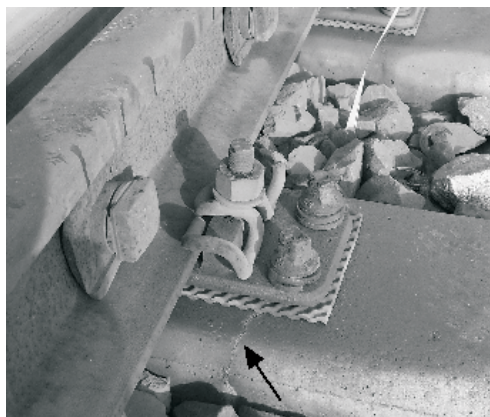
Rys. 10. Wykruszenie podrojazdnicy betonowej (pokazane strzałką) w strefie gardzieli z dziobnicą ze staliwa manganowego; na krzyżownicy widoczne uszkodzenia kontaktowo-zmęczeniowe



Rys. 11. Pęknięcie podrojazdnicy pod dziobem krzyżownicy kuto-spawanej przechodzące przez osie dybli

Podrojazdnice betonowe, w których zauważono rysy (rys. 12) mogą być eksploatowane bez konieczności ograniczania prędkości pociągów. Nie osiągną one jednak przewidywanej dla tych konstrukcji trwałości 40 lat.

Początkiem zarysowań podrojazdnic betonowych bywają nieraz uszkodzenia przekładek znajdujących się między szyną i podkładką lub podkładką i podrojazdnicą. Przekładki wysuwające się lub pęknięte powinny być szybko wymieniane (rys. 13). Skutecznym sposobem zmniejszenia oddziaływań dynamicznych na podrojazdnicę jest zastosowanie podkładek polimerowych przyklejanych do ich dolnej podstawy [9].



Rys. 12. Zarysowanie podrojazdnicy betonowej (oznaczone strzałką) w przekroju dybli



Rys. 13. Pęknięta i wysuwająca się przekładka spod koziołka kierownicy rozjazdu

4. Ocena stanu podrojazdnic

Wiek podrojazdnic, które nie uległy uszkodzeniu powinien być uwzględniany przy planowaniu ich wymian całymi doborami² oraz przy ustalaniu cykli przeglądów rozjazdów. Z wymianą doboru podrojazdnic sosnowych należy się liczyć po ok. 18 latach ich eksploatacji, przy czym granica ta nie jest ostra. Trwałość podrojazdnic betonowych, szacowana na 40 lat, sprawia, że bardzo mało prawdopodobna jest ich wymiana całym doбором przy zachowaniu tej samej konstrukcji rozjazdu (części stalowych). Można więc przyjąć, że przy wcześniejszej wymianie zwrotnicy, szyn łączących i krzyżownicy będą wyjęte wszystkie podrojazdnice

² Doborem nazywa się komplet podrojazdnic dla danego typu rozjazdu.

betonowe, które po dokładnym obejrzeniu zostaną zakwalifikowane jako stare, użyteczne przy kompletowaniu doborów przeznaczonych do torów niższych klas lub przeznaczone do utylizacji.

Stan podrozdnic należy oceniać, uwzględniając również inne części rozjazdu, tj. stan przytwierdzeń, podsypki i stwierdzonych w nim nierówności toków szynowych. Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów [4], wykazano, że nierówności poziome i różnica wysokości toków szynowych (przechyłki) wpływa na zwiększenie sił poziomych Y w łukach. Prawdopodobnie tę potwierdzają również badania japońskie [6]. Zwiększone wartości sił poziomych mogą mieć groźne skutki w rozjazdach o dużym stopniu degradacji podrozdnic.

Na wielu stacjach kolejowych w Polsce wiek podrozdnic sosnowych przekroczył znacznie granicę ich trwałości eksploatacyjnej, tj. przeciętnie 18 lat. Na zmuszających podrozdnicach (rys. 14), zużytych zwykle również mechanicznie, przestają spełniać swe zadania także przytwierdzenia szyn. Stan taki prowadzi do wniosku, że występowanie skupisk zużytych podrozdnic, zwanych popularnie gniazdami lub klastrami ma duże znaczenie.



Rys. 14. Zmuszała podrozdnic sosnowa po 18 latach eksploatacji

Niebezpieczeństwo powstania nagłych deformacji toków szynowych w rozjazdach, w miejscach skupisk zużytych podrozdnic zależy od:

- 1) liczby zużytych podrozdnic w jednym klastrze,
- 2) występujących nierówności toków szynowych w tym miejscu,
- 3) promienia łuku toru zwrotnego.

Pod pojęciem nagłych deformacji należy rozumieć rozejście się toków szynowych, tj. gwałtowne zwiększenie się szerokości toru, duże ugięcia szyn w płaszczyźnie pionowej lub nawet przewrócenie się szyny z wyrwaniem przytwierdzeń z podkładów.

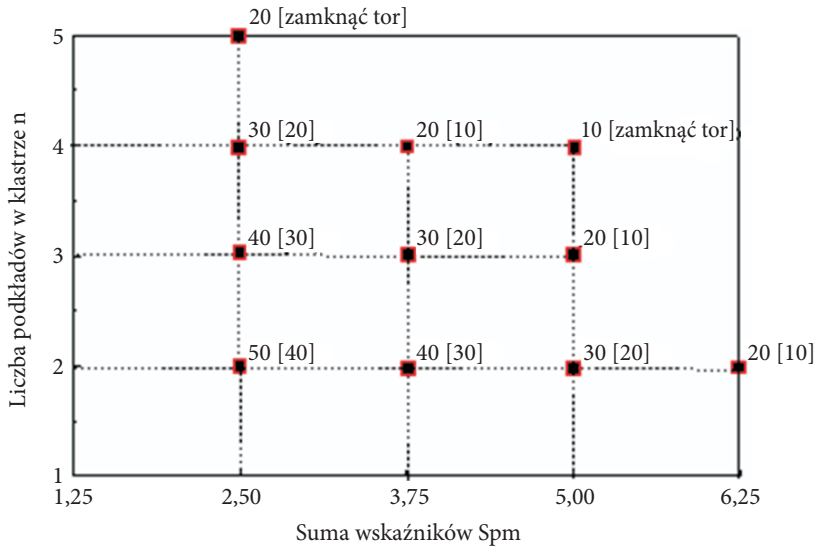
W odniesieniu do toru autorzy zaproponowali wprowadzenie pojęcia koincydencji geometryczno-konstrukcyjnej C na określonym mikrosegmentie (zwykle o długości 20 m) i wyznaczanie jej ze wzoru

$$C = \left(\sum_{i=1}^k Spm_i \right) \alpha \rho, \quad (5)$$

gdzie: α — współczynnik zależny od liczby zużytych podkładów w klastrze;
 ρ — współczynnik zależny od promienia łuku.

Chcąc nadać koincydencji geometryczno-konstrukcyjnej znaczenie nie tylko pojęciowe, lecz także użytkowe, należałoby określić jej związek z dopuszczalną prędkością pociągów. Znalezienie funkcji ciągłej określającej taką zależność oraz ustalenie w pełni uzasadnionych wartości współczynników α i ρ stanie się możliwe po zebraniu wyników obserwacji z całej sieci PLK, tj. z odcinków eksploatowanych w różnych warunkach konstrukcyjno-eksploatacyjnych, gromadzonych w bazie GIS-RAIL i weryfikowanych dodatkowymi eksperymentami w postaci jazd doświadczalnych. Biorąc pod uwagę dość odległe terminy związane z budową systemu GIS-RAIL oraz eksploatacyjną rzeczywistość, tj. bardzo zły i ciągle pogarszający się stan nawierzchni na wielu odcinkach linii kolejowych, zaproponowano pewne zasady heurystyczne, które stanowiłyby pomoc przy określaniu dopuszczalnej prędkości pociągów w przypadku występowania klastrow całkowicie zużytych podkładów lub podrozdziń drewnianych.

Propozycję takich zasad w postaci prędkości zależnych od liczby n podkładów w gnieździe i koincydencji nierówności toru q , tj. sumy wskaźników Spm przedstawia rysunek 15. Liczby lub teksty podane w nawiasach dotyczą torów bezстыkowych oraz wszystkich torów w łukach o promieniach poniżej 600 m, a więc tych przypadków, w których stateczność toru jest bardziej wrażliwa na występujące nieprawidłowości. Propozycje prędkości podanych na tym rysunku opracowano na podstawie badań przedstawionych w pracach [1, 2], własnych obserwacji eksploatacyjnych oraz reguł zawartych w artykule [10]. Prędkości te powinny być traktowane jedynie jako wskazówki pomocnicze, ponieważ o możliwości jazdy z ograniczoną prędkością, oprócz stanu podkładów z przytwierdzeniami szyn i nierówności toru, decydują jeszcze inne cechy, głównie zaś stan podsypki i podtorza. Z tego też powodu trzeba się liczyć niekiedy z koniecznością zamknięcia toru w tych przypadkach, w których na rysunku widnieją prędkości 10 lub 20 km/h. Podobne rozmycie warunków obowiązujące również na kolejach rosyjskich [8, 10].



Rys. 15. Prędkość pociągów w torze z użytymi podkładami [km/h]

Proponowane zasady wymagają dodatkowego uściślenia. Gdy między dwoma sąsiednimi gniazdami niezdatnych podkładów nie ma co najmniej dwóch podkładów zdalnych, to te dwa gniazda trzeba traktować jako jedno, z sumą wszystkich znajdujących się w nich podkładach. Drugie uściślenie dotyczy wskaźników S_{pm} , z których żaden rozpatrywany oddzielnie nie powinien przekraczać w miejscach zużytych podkładów wartości 1,5. Pominięcie tego warunku, np. przy $q^{(e)} = 5$, mogłoby sugerować możliwość eksploatacji toru mającego szerokość powiększoną o trzykrotną odchyłkę dopuszczalną (przy braku przekroczeń granic pozostałych wielkości), co przy splocie innych niekorzystnych okoliczności mogłoby doprowadzić do wykolejenia.

Bezpośrednie zastosowanie scharakteryzowanych zasad w odniesieniu do podrojazdnic wymagałoby ograniczenia wskaźników S_{pm} tylko do wichrowatości. Podczas przeglądów rozjazdów (zwanych badaniami technicznymi) rzadko wykonuje się bowiem pomiary nierówności pionowych i poziomych. Wykonuje się natomiast zawsze pomiary różnic wysokości toków szynowych, na podstawie których można wyznaczyć łatwo wichrowatość. Tak więc dostępnymi w tych warunkach wskaźnikami syntetycznymi stanu rozjazdów są wskaźniki rozległości E i powtarzalności przekroczeń P oraz wskaźnik S_{pm_w} wichrowatości. Dysponując tymi wskaźnikami oraz znając liczbę niezdatnych podrojazdnic w klastrze, można określić prędkość dopuszczalną na rozjeździe wg tabeli 1. Podstawą opracowań tej tablicy stały się obserwacje rozjazdów znajdujących się w stadium dużej degradacji.

TABELA 1

Ograniczenia prędkości na rozjazdach w zależności od liczby podrozjazdnic w klastrze i parametrów geometrycznych [km/h]

| Liczba podrozjazdnic w klastrze | $E + P \leq 0,6$ lub $S_{pm} \leq 1,4$ | | $E + P > 0,6$ lub $S_{pm} > 1,4$ | |
|---------------------------------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| | Tor zasadniczy | Tor zwrotny | Tor zasadniczy | Tor zwrotny |
| 5 | 20 | 10 | zamknięcie | zamknięcie |
| 4 | 30 | 20 | 20 | 10 |
| 3 | 40 | 30 | 30 | 20 |
| 2 | 60 | 40 | 40 | 30 |

W prognozowaniu czasu wymian rozjazdów wiek podrozjazdnic będzie miał duże znaczenie jedynie wówczas, gdy są one wykonane z drewna. Podrozjazdnice betonowe nie powinny natomiast ograniczać wieku całego rozjazdu, zależnego w największym stopniu od trwałości części stalowych. W przypadku podrozjazdnic betonowych może natomiast zaistnieć konieczność ich wymian pojedynczych, gdy zostaną uszkodzone do tego stopnia, że ich pozostawienie w rozjeździe wymagałoby ograniczenia prędkości.

Do celów prognozowania czasu eksploatacji podrozjazdnic drewnianych autorzy zalecają uwzględnianie rodzaju toru, w którym znajduje się rozjazd i przyjmowanie następujących wartości:

- tor główny zasadniczy 18 lat,
- tor główny dodatkowy 20 lat,
- tor boczny 23 lata.

Przedstawiając te dość wygórowane propozycje, brano pod uwagę, że przez wiele jeszcze lat narosłe braki w wymianach rozjazdów będą się utrzymywać, w związku z czym w eksploatacji pozostanie znaczna frakcja rozjazdów o dużym stopniu degradacji. Przyjęcie czasów krótszych, np. odpowiednio 16, 18 i 20 lat byłoby uzasadnione technicznie, lecz mało realne.

5. Podsumowanie

Zadania związane z określaniem trwałości nawierzchni kolejowej są z reguły słabo ustrukturalizowane i z konieczności muszą się opierać w dość znacznej mierze na empiryzmie oraz wieloletnich obserwacjach, prowadzonych na liniach kolejowych o zróżnicowanych warunkach konstrukcyjno-eksploatacyjnych. Wynika to z bardzo dużej liczby cech, które na tę trwałość mają wpływ pośredni lub

bezpośredni. Duże nakłady, jakie każda kolej przeznaczna na utrzymanie torów nadają pracom związanym z podnoszeniem trwałości elementów nawierzchni istotne znaczenie gospodarcze, gdyż nawet kilkuprocentowe przedłużenie czasu bezpiecznej eksploatacji składników drogi kolejowej przynosi znaczące korzyści ekonomiczne.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2009 jako projekt badawczy Nr N 509 001 31/0045.

Artykuł wpłynął do redakcji 2.03.2009 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w październiku 2009 r.

LITERATURA

- [1] H. BAŁUCH, *Badanie i analiza kształtowania się kierunku toków szynowych w przypadku zmian szerokości toru*, Archiwum Inżynierii Lądowej, 1, 1973, 87-104.
- [2] H. BAŁUCH, *Symulacyjna metoda prognozowania pojedynczych wymian podkładów*, Archiwum Inżynierii Lądowej, 3, 1976, 575-587.
- [3] H. BAŁUCH, *System geometryczno-kinematycznej oceny stanu toru kolejowego*, Problemy Kolejnictwa, z. 136, 2002, 88-110.
- [4] M. BAŁUCH, *Wpływ koincydencji nierówności toru na wartość stosunku sił Y/Q*, Problemy Kolejnictwa, z. 129, 1999, 18-36.
- [5] J. CEJMER, *Badania oddziaływań dynamicznych w rozjazdach przeznaczonych do dużych prędkości pociągów*, Problemy Kolejnictwa, z. 140, 2005, 89-109.
- [6] A. FURUKAWA, A. YOSHIMURA, *Identification of rolling stock lateral dynamic characteristics and their track irregularity maintenance applications*, Quarterly Reports RTRI, 1, 2005, 7-12.
- [7] *Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów (D-6)*, Biuletyn Polskich Kolei Państwowych, Dyrekcja Generalna PKP, Warszawa, 1996.
- [8] Š. N. ŠAJDULLIN, *O dopuskach sodержаниja puti na skorostnykh učstkach*, Put' i Putevoe Hoziajstvo, 3, 2004, 14-17.
- [9] R. SHILDER, *Application and benefits of elastic elements on ballasted track USP — Under Sleeper Pads*. UIC Project, no. I/05/U/440, Paris, 17 October 2006.
- [10] *Skorost' dviženija po puti s defektnymi špalami*, Put' i Putevoe Hoziajstvo, 1, 1993, 10-11.
- [11] T. X. WU, D. J. THOMPSON, *A hybrid model for wheel/ track dynamic interaction and noise generation to wheelflats*, Institute for Sound and Vibration Research, Technical Memorandum, no. 859, University of Southampton, 2001.

H. BAŁUCH, M. BAŁUCH

Durability of railway turnout sleepers

Abstract. The reliability of turnouts is an important factor in maintaining the railway network. Degradation processes and wear of railway switches and crossings are influenced by a large number of parameters of the complex rolling stock-track system such as speed of train, axle loads, amounts and type of train, amount of train in diverting direction, sub-soil state, accuracy of installation etc. Very important are also state of track geometry, state of material, method of turnout inspection

and maintenance. The average replacement age of turnout depends mainly on safety reason (risk of derailment) and economical reason (maintaining more expensive than replacing). The durability of turnout is influenced strongly by a condition of its sleepers. The sleepers distribute the load of the train, which is transmitted by the rail to the ballast. The second requirement for the sleepers is to fix rails in their position. The paper describes some defects of timber and concrete turnout sleepers. Recommendations on the maintenance of turnout sleepers are also given. Presented investigation is a part of research program, the main goal of which is the increasing railway turnout durability.

Keywords: railway track, turnout, turnout sleepers, durability

Universal Decimal Classification: 625.151.033