

Jerzy Zariczny, Sławomir Grulkowski

Analiza czynników wpływających na powstawanie wybranych wad w szynach kolejowych

Prowadzone przez autorów od października 2010 r. badania wad w szynach kolejowych na odcinku doświadczalnym wykazały, że występują one ze zmienną częstotliwością zarówno w poszczególnych kilometrach (hektometrach), jak i w obydwu tokach szynowych [9, 10]. Oznacza to, że w pewnych lokalizacjach szyny są bardziej podatne na powstawanie wad. Wpływ na przebieg tego zjawiska mają liczne czynniki, nazywane dalej z uwagi na swój charakter warunkami techniczno-eksploatacyjnymi. Identyfikacja oraz kwantyfikacja tych czynników jest niezbędna do sformułowania nowych kryteriów oceny trwałości (przydatności) eksploatacyjnej szyn, uwzględniających zmiany zachodzące w strukturze rodzajowej i ilościowej wykrywanych wad [2, 3, 6].

Odcinek doświadczalny długości 31,5 km, zlokalizowany jest w torze nr 1 i 2 w km 452,885–484,400 linii kolejowej nr 131 Chorzów Batory – Tczew. Jego początek stanowi granica między Zakładem Linii Kolejowych PKP PLK S.A. w Bydgoszczy i Gdyni, a koniec znajduje się na stacji kolejowej Subkowy [7, 8]. Analizę przeprowadzono dla toru nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyń (km 458,773 – 465,948). W tabeli 1 zawarto jego paszportyzację.

cię. Jest to tor bezstykowy, szyny są wykonane ze stali gatunku R260 (surowe), wyprodukowane przez Hutę Katowice (K) i przymocowane do podkładów kolejowych za pomocą przytwierdzeń typu K. Wykonana jesienią 2012 r. naprawa główna nawierzchni kolejowej wprowadziła zmiany w konstrukcji toru nr 2 na analizowanym szlaku. Dotychczasowe badania wad w szynach będą kontynuowane od wiosny 2013 r. na nowej konstrukcji nawierzchni.

Tabela 1

Paszportyzacja toru nr 2

Km		Szyny			Podkłady		
początku	końca	typ	rok produkcji	rok wbudowania	typ	rok produkcji	rok wbudowania
458,773	458,850	S60	1998	1998	dębowe	1998	1998
			reprofilowane	reprofilowane			
458,850	462,300	S60	1981	1981	INBK-7	1981	1981
462,300	465,948	S60	1981	1981	dębowe	1981	1981

Charakterystyka warunków techniczno-eksploatacyjnych [1, 2]

Na etapie identyfikacji warunków techniczno-eksploatacyjnych, mogących wpływać na powstawanie wad w szynach, wstępnie wytypowano następujące czynniki:

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy sformułowano następujące wnioski końcowe:

- smarowanie styku toczno-ślizgowego w łukach powoduje znaczne zmniejszenie zużycia współczynnika tarcia par ze sobą współpracujących;
- zastosowanie odpowiedniego urządzenia smarującego umożliwia zmniejszenie kosztów utrzymania układu koło–szyna;
- nakłady poniesione na instalację i eksploatację urządzenia do smarowania obrzeży kół dla pojazdu EN57 zwracają się po przejechaniu około:
 - 150 tys. km dla promienia krzywizny toru od 150 m do 300 m,
 - 330 tys. km dla promienia krzywizny toru od 300 m do 600 m,
 - 650–700 tys. km dla promienia krzywizny toru od 600 do 1000 m (rys. 8).



Literatura

- [1] Bąkowski H.: *Ocena właściwości tribologicznych skojarzenia koło–szyna w określonych warunkach eksploatacji*. Rozprawa doktorska. Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, 2006 r.

- [2] <http://zeus.krb.com.pl/?wspolpraca-kola-lokomotyw-z-szyna-w-lukach-o-malych-promieniach>, 151.
- [3] Romaniszyn Z.: *Podwozia wózkowe pojazdów szynowych*. Wydawnictwo Instytutu Pojazdów Szynowych Politechniki Krakowskiej. Kraków, 2010 r.
- [4] Reddy V. and others: *Modelling and analysis of rail maintenance cost*. Int. J. Production Economics 105 (2007) 475–482.
- [5] Konowrocki R.: *Oddziaływanie koła z drogi z uwzględnieniem poślizgów bocznych*. Rozprawa doktorska. Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, 2007 r.
- [6] Materiały informacyjne firmy Delimon. *Smarowanie obrzeży kół w pojazdach szynowych Railjet®*.

Andrzej Wójtowicz
 Biuro Handlowe BEST
 26-400 Przysucha, ul. Dembińskich 28
 e-mail: andrzej.wojtowicz@bhbest.pl

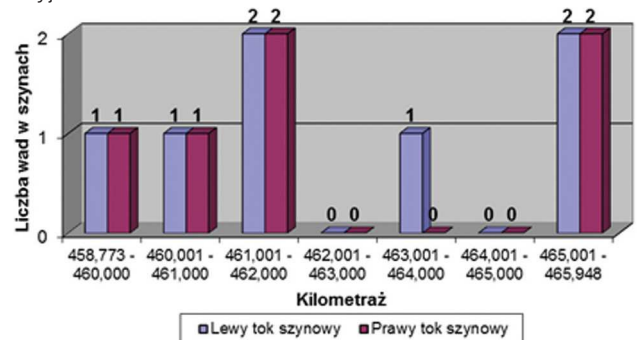
Henryk Bąkowski
 Politechnika Śląska, Wydział Transportu
 Katedra Eksploatacji Pojazdów Samochodowych
 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8
 e-mail: henryk.bakowski@polsl.pl

- typ szyn – w torze nr 2 na całej długości analizowanego szlaku wbudowano szyny S60;
- gatunek stali szynowej – R260 (szyny surowe);
- rodzaj toru – bezстыkowy;
- typ podkładów – w torze nr 2 w km 458,850–462,300 (48,1% długości analizowanego szlaku) wbudowano podkłady INBK-7; podkłady dębowe – 51,9% długości analizowanego szlaku;
- stan pozostałych elementów konstrukcyjnych nawierzchni – stan podsypki tłuczniowej, podkładów i przytwierdzeń – czynnik na etapie analiz;
- rodzaj ruchu kolejowego – mieszany z przewagą ruchu towarowego; procentowa analiza struktury ruchu możliwa po uzyskaniu danych dotyczących liczby poruszających się pociągów pasażerskich i towarowych;
- prędkości maksymalne pociągów – pociągi pasażerskie i autobusy szynowe – 120 km/h; pociągi towarowe – 100 km/h;
- maksymalne naciski osi – 221 kN/oś (klasa nacisku D3); analiza rzeczywistych nacisków osi możliwa po uzyskaniu danych gromadzonych przez urządzenia detekcji stanów awaryjnych taboru (DSAT), wyposażone w funkcję OK (NO);
- maksymalne naciski liniowe – 71 kN/m (klasa nacisku D3); analiza rzeczywistych nacisków liniowych możliwa po uzyskaniu danych gromadzonych przez urządzenia DSAT, wyposażone w funkcję OK (NL);
- sumaryczne obciążenie przeniesione przez szyny – do 2010 r. – ok. 500 Tg; do 2011 r. – ok. 515 Tg; do 2012 r. – ok. 525 Tg;
- deformacje powierzchni tocznych kół taboru kolejowego (płaskie miejsca) – analiza możliwa po uzyskaniu danych gromadzonych przez urządzenia DSAT wyposażone w funkcję PM (PD);
- położenie linii w planie – pięć łuków, w tym łuk koszowy, składający się z czterech łuków pojedynczych i trzy łuki wyrównawcze, o łącznej długości 1453,75 m (20,3% długości analizowanego szlaku); pięć krzywych przejściowych o łącznej długości 660 m (9,2% długości analizowanego szlaku); proste – 70,5% długości analizowanego szlaku;
- położenie linii w profilu – wzniesienie o zmiennym pochyleniu od 2,1‰ do 5,6‰; wzniesienia o pochyleniach większych od 4,0‰ o łącznej długości 5568 m (77,6% długości analizowanego szlaku); wzniesienia o pochyleniach do 4,0‰ – 22,4% długości analizowanego szlaku;
- strefy częstych rozruchów i hamowań taboru – cztery podstawowe strefy:
 - nr 1 – częstych rozruchów taboru przed semaforem wjazdowym na stację Morzeszczyn (patrząc w kierunku niewłaściwym), położona na wzniesieniach o pochyleniu 4,43‰ i 3,6‰;
 - nr 2 – częstych hamowań taboru przed przystankiem osobowym Majewo (km 463,404), położona na wzniesieniach o pochyleniu 5,6‰ i 2,1‰;
 - nr 3 – częstych rozruchów taboru za przystankiem osobowym Majewo, położona na wzniesieniach o pochyleniu 2,1‰ i 2,9‰;
 - nr 4 – częstych rozruchów i hamowań taboru przed semaforem wjazdowym na stację Smętowo, położona na wzniesieniach o pochyleniu 5,2‰ i 4,4‰, każda o długości 500 m (łącznie 27,9% długości analizowanego szlaku); poza strefami częstych rozruchów i hamowań taboru – 72,1% długości analizowanego szlaku; ewentualnie

- pięć dodatkowych stref hamowań i rozruchów taboru przed semaforami samoczynnej blokady liniowej;
- stan geometrii toru – nierówności toków szynowych w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz różnica wysokości toków szynowych – czynnik na etapie analiz.

Analiza wpływu wytypowanych czynników na powstawanie wybranych wad w szynach [4, 5] Wady 2221 *shelling* powierzchni tocznej

Ostatnie badania wad w szynach, wykonane w lipcu 2012 r., wykazały występowanie w torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyn 13 wad 2221 *shelling* powierzchni tocznej (10,3% wszystkich wad). Na rysunku 1 przedstawiono ich rozmieszczenie na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych. W tabeli 2 podano uszczegółowione warunki techniczno-eksploatacyjne.



Rys. 1. Wady 2221 na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych

Tabela 2

Warunki techniczno-eksploatacyjne dla wad 2221

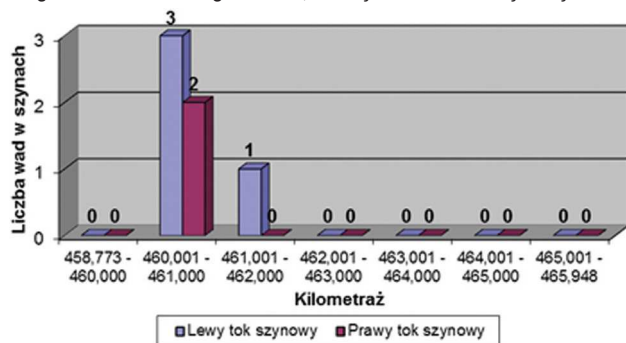
Warunki techniczno-eksploatacyjne	Udział [%]	Liczba wad w szynach	Udział [%]	
Typ podkładów	INBK-7	48,1	8	61,5
	dębowe	51,9	5	38,5
Położenie linii w planie	łuki	20,3	0	0,0
	krzywe przejściowe	9,2	1 w toku zewnętrznym, 1 w toku wewnętrznym	15,4
	proste	70,5	11	84,6
Położenie linii w profilu	– wzniesienia o pochyleniach >4‰	77,6	8	61,5
	– wzniesienia o pochyleniach ≤4‰	22,4	5	38,5
Strefy częstych rozruchów i hamowań taboru	nr 1	27,9	4	53,8
	nr 2	27,9	1	53,8
	nr 3	27,9	0	53,8
	nr 4	27,9	2	53,8
	poza strefami	72,1	6	46,2

Zauważalna jest zależność między częstotliwością występowania wad 2221 *shelling* powierzchni tocznej, a lokalizacją stref częstych rozruchów i hamowań taboru.

Wady 2223 *head checking*

Wszystkie wady 2223 *head checking* (6 szt., 4,8% wszystkich wad) występują w planie na prostej, w profilu na wzniesieniach o pochyleniach większych niż 4‰, poza strefami częstych rozruchów i hamowań taboru oraz w szynach ułożonych na podkładach typu INBK-7. Jednak z uwagi na ich małą liczbę, nie może to być podstawą do formułowania jakichkolwiek zależności. Na rysun-

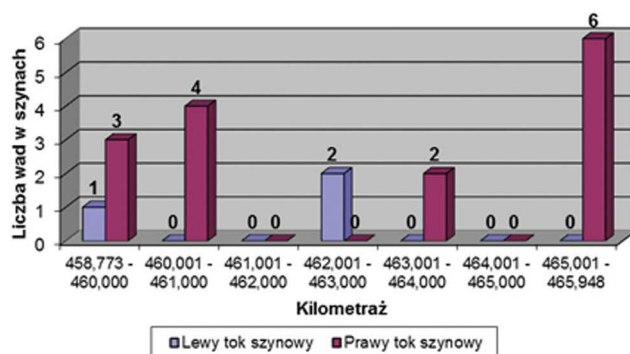
ku 2 przedstawiono rozmieszczenie wad 2223 *head checking* na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych.



Rys. 2. Wady 2223 na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych

Wady 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej

Na wady 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej należy zwrócić szczególną uwagę, ponieważ w późniejszej fazie rozwoju mogą się one przekształcić w wady 227 *squat*. W torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyń występuje 18 wad 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej (14,3% wszystkich wad). Na rysunku 3 przedstawiono ich rozmieszczenie na długości analizowanego szlaku i w obydwu tokach szynowych, a w tabelicy 3 podano uszczegółowione warunki techniczno-eksploatacyjne.



Rys. 3. Wady 224 na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych

Tabela 3

Warunki techniczno-eksploatacyjne dla wad 224

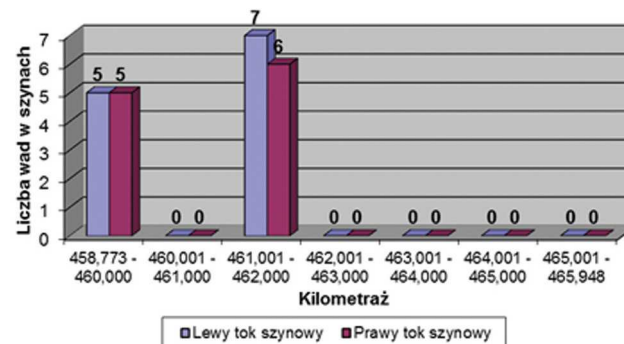
Warunki techniczno-eksploatacyjne	Udział [%]	Liczba wad w szynach	Udział [%]
Typ podkładów			
INBK-7	48,1	9	50,0
dębowe	51,9	9	50,0
Położenie linii w planie			
łuki	20,3	1 w toku zewnętrznym	5,6
krzywe przejściowe	9,2	0	0,0
proste	70,5	17	94,4
Położenie linii w profilu			
- wzniesienia o pochyleniach >4‰	77,6	10	55,6
- wzniesienia o pochyleniach ≤4‰	22,4	8	44,4
Strefy częstych rozruchów i hamowań taboru			
nr 1	27,9	5	55,6
nr 2	27,9	1	55,6
nr 3	27,9	1	55,6
nr 4	27,9	3	55,6
poza strefami	72,1	8	44,4

Zauważalna jest zależność między częstotliwością występowania wad 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej, a lo-

kalizacją wzniesień o pochyleniach do 4‰ oraz stref częstych rozruchów i hamowań taboru.

Wady 2251 pojedyncze wybuxowanie

Wszystkie wady 2251 pojedyncze wybuxowanie, które występują w planie na prostej, zarejestrowano w strefie częstych rozruchów i hamowań taboru nr 4, a wszystkie te, które występują poza nią, zarejestrowano na łukach i krzywych przejściowych (łącznie 23 szt., 18,3% wszystkich wad) Na rysunku 4 przedstawiono ich rozmieszczenie na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych, a w tabeli 4 podano uszczegółowione warunki techniczno-eksploatacyjne.



Rys. 4. Wady 2251 na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych

Tabela 4

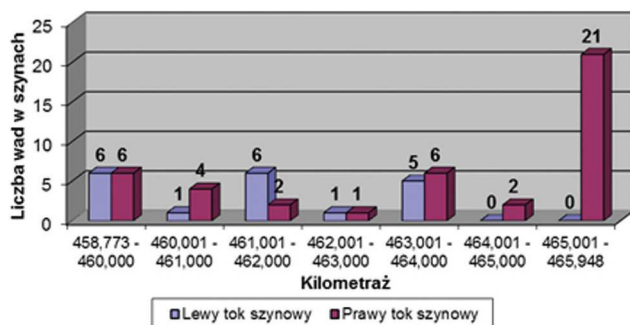
Warunki techniczno-eksploatacyjne dla wad 2251

Warunki techniczno-eksploatacyjne	Udział [%]	Liczba wad w szynach	Udział [%]
Typ podkładów			
INBK-7	48,1	17	73,9
dębowe	51,9	6	26,1
Położenie linii w planie			
łuki	20,3	3 w toku zewnętrznym, 4 w toku wewnętrznym	30,4
krzywe	9,2	3 w toku zewnętrznym, 3 w toku wewnętrznym	26,1
proste	70,5	10	4,0
Położenie linii w profilu			
- wzniesienia o pochyleniach >4‰	77,6	23	100,0
- wzniesienia o pochyleniach ≤4‰	22,4	0	0,0
Strefy częstych rozruchów i hamowań taboru			
nr 1	27,9	0	43,5
nr 2	27,9	0	43,5
nr 3	27,9	0	43,5
nr 4	27,9	10	43,5
poza strefami	72,1	13	56,5

Wszystkie wady 2251 pojedyncze wybuxowanie zarejestrowano na wzniesieniach o pochyleniach większych niż 4,0‰. Wbrew przewidywaniom zależność między częstotliwością ich występowania, a lokalizacją stref częstych rozruchów i hamowań taboru, jest mniejsza niż w przypadku pozostałych wad.

Wady 227 squat

Najliczniej występują wady 227 *squat* – 61 szt. (48,4% wszystkich wad). Wraz z pozostałymi wadami kontaktowo-zmęczeniowymi (2221 *shelling* powierzchni tocznej i 2223 *head checking*) stanowią łącznie 63,5% wszystkich wad. Na rysunku 5 przedstawiono ich rozmieszczenie na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych, a w tabeli 5 podano uszczegółowione warunki techniczno-eksploatacyjne.



Rys. 5. Wady 227 na długości analizowanego szlaku, w obydwu tokach szynowych

Tabela 5

Warunki techniczno-eksploatacyjne dla wad 227

Warunki techniczno-eksploatacyjne		Udział [%]	Liczba wad w szynach	Udział [%]
Typ podkładów	INBK-7	48,1	27	44,3
	dębowe	51,9	34	55,7
Położenie linii w planie	łuki	20,3	7 w toku zewnętrznym, 5 w toku wewnętrznym	19,7
	krzywe	9,2	0	0,0
	proste	70,5	49	80,3
Położenie linii w profilu	– wzniesienia o pochyleniach >4‰	77,6	31	50,8
	– wzniesienia o pochyleniach ≤4‰	22,4	30	49,2
Strefy częstych rozruchów i hamowań taboru	nr 1	27,9	21	63,9
	nr 2	27,9	8	63,9
	nr 3	27,9	3	63,9
	nr 4	27,9	7	63,9
	poza strefami	72,1	22	36,1

Zauważalna jest zależność między częstotliwością występowania wad 227 *squat* a lokalizacją wzniesień o pochyleniach do 4,0‰ oraz stref częstych rozruchów i hamowań taboru.

Wnioski

W przypadku wszystkich analizowanych wad zauważalna jest zależność między częstotliwością ich występowania a lokalizacją stref częstych rozruchów i hamowań taboru.

Dodatkowo w przypadku wad 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej i 227 *squat* zauważalna jest zależność między częstotliwością ich występowania a lokalizacją wzniesień o pochyleniach do 4,0‰.

Wszystkie wady 2251 pojedyncze wybuksowanie występują na wzniesieniach o pochyleniach większych niż 4,0‰.

Dodatkowo wszystkie wady 2251 pojedyncze wybuksowanie, które występują w planie na prostej, zarejestrowano w strefie częstych rozruchów i hamowań taboru przed semaforem wjazdowym na stację Smętowo, a wszystkie te, które występują poza nią, zarejestrowano na łukach i krzywych przejściowych.

Literatura

- [1] Bałuch H., Kędra Z.: *System monitorowania pęknięć szyn (MOPS)*. Pierwsze Seminarium Diagnostyki Nawierzchni Kolejowej. Gdańsk 1999.
- [2] Bałuch H., Bałuch J.: *Prognozowanie pęknięć szyn*. Problemy Kolejnictwa 2010, z. 151.
- [3] Bałuch J.: *Ocena zagrożeń w świetle statystyk pęknięć szyn*. Problemy Kolejnictwa 2012, z. 157.
- [4] Heyder R.: *The New UIC Catalogue of Rail Defects*. Der Eisenbahningenieur 2002, No. 9.
- [5] *Katalog wad w szynach*. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Warszawa 2005.
- [6] Radomski R.: *Trwałość eksploatacyjna szyn na wybranych odcinkach toru nr 1 i 2 linii Katowice – Tczew*. Technika Transportu Szynowego 7-8/2009.
- [7] Radomski R., Zariczny J.: *Wpływ wymiany szyn na dalszy proces eksploatacji nawierzchni*. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie 2010, nr 95 (z. 154).
- [8] Zariczny J.: *Wpływ warunków techniczno-eksploatacyjnych na występowanie i rozwój wad w szynach kolejowych*. Przegląd Komunikacyjny 9-10/2011.
- [9] Zariczny J., Grulkowski S.: *Kryteria oceny trwałości (przydatności) eksploatacyjnej szyn kolejowych*. Technika Transportu Szynowego 9/2012.
- [10] Zariczny J., Grulkowski S.: *Charakterystyka wad w szynach kolejowych wykrytych na linii kolejowej nr 131 Chorzów Batory – Tczew, ze szczególnym uwzględnieniem wad 227 *squat**. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie 2012, nr 3 (99).

Badania wad w szynach kolejowych współfinansowane z „Dotacji celowej na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich”.

Jerzy Zariczny, Sławomir Grulkowski
Politechnika Gdańska