

CZAS PRACY SZYN PEKNIĘTYCH¹

Henryk Bałuch

prof. dr hab. inż., Instytut Kolejnictwa, ul. Chłopskiego
50, 04-275 Warszawa

Julian Bałuch

mgr inż., Centrum Diagnostyki Nawierzchni, ul. Tune-
lowa 2, 01-221 Warszawa

***Streszczenie.** Trwałość szyn należy do jednych z najważniejszych cech nawierzchni kolejowej. Stanowią one najdroższy składnik drogi kolejowej i w największym stopniu decydują o bezpieczeństwie jazdy. W ciągu ostatnich 9 lat na liniach PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. zmalała liczba pęknięć szyn. Ich liczba jest jednak nadal duża i przekracza znacznie liczbę pęknięć na innych kolejach. Poprawę w tym zakresie można osiągnąć poprzez usprawnienie bieżącego utrzymania na wierzchni,*

Słowa kluczowe: tor kolejowy szyny, pęknięcia szyn

1. Wstęp

Statystyki dotyczące nawierzchni kolejowej, a więc trwałości jej składników, prowadzonych napraw, kształtowania się wskaźników opisujących stan utrzymania i prędkości pociągów mogą w istotny sposób wpłynąć na poziom zarządzania eksploatacją. Najdroższą częścią nawierzchni są szyny. Ich stan wpływa też w największym stopniu na bezpieczeństwo jazdy. Wymiany szyn są wykonywane z kilku powodów:

- a) wskutek pęknięć, złamań i innych uszkodzeń², w tym uszkodzeń powodowanych przez źle utrzymany tabor (płaskie miejsca na kołach, wybuksowania),
- b) z powodu ogólnego dużego stopnia degradacji nawierzchni lub tylko niektórych jej części, zwłaszcza podkładów, przy niepełnym jeszcze stopniu wykorzystania trwałości szyn,
- c) w przypadku modernizacji linii kolejowych, tj. w przypadku, gdy chodzi o poprawę parametrów eksploatacyjnych przy zdatości wymienianych szyn do parametrów niższych.

Dostępne statystyki złamań szyn pozwalają śledzić ich przebieg w czasie, a więc pośrednio kształtowanie się zagrożeń i poziom utrzymania nawierzchni. Rodzaj

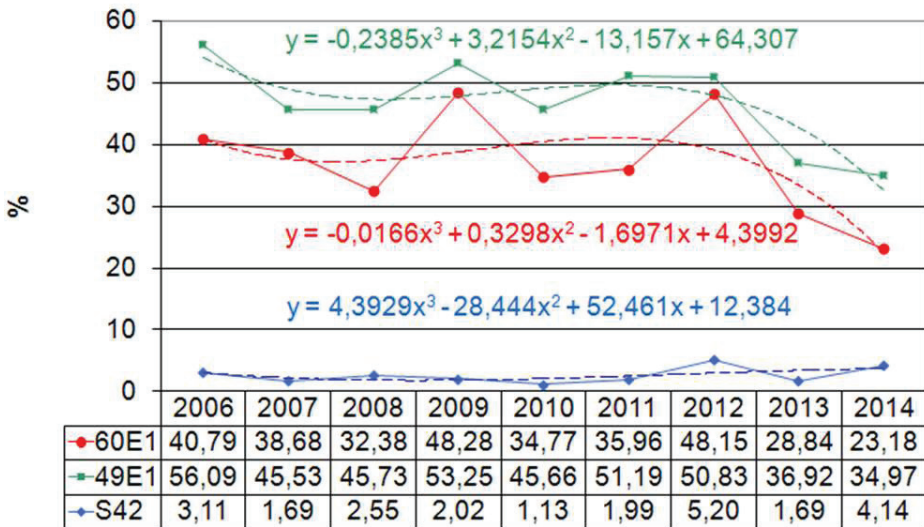
1 Wkład autorów w publikację: Bałuch H. 50%, Bałuch J. 50%

2 Wg katalogu [2] szyną pękniętą jest szyna, która w dowolnym miejscu ma co najmniej jedną nieciągłość, rozwój której może prowadzić do stosunkowo szybkiego jej złamania. Szyna złamana zaś charakteryzuje się rozdzieleniem na dwie lub więcej części, bądź tym, że oddzieliła się od niej część materiału powodując ubytek o długości większej niż 50 mm i głębokości większej niż 10 mm na powierzchni toczonej. Oba te przypadki w dalszej części artykułu będą nazywane złamaniami szyn. Szyna uszkodzona to szyna, która nie jest pęknięta, ani złamana, ale ma inne wady.

wad dostarcza informacji o wrażliwości szyn na niektóre uszkodzenia, rzuca światło na wpływ taboru i wyostrza uwagę przy śledzeniu rozwoju niektórych uszkodzeń.

2. Szeregi czasowe złamań szyn

Szeregiem czasowym jest ciąg obserwacji pewnego zjawiska w kolejnych jednostkach czasu. W konkretnym przypadku zjawiskiem tym są złamania szyn z lat 2006 ÷ 2014, przy czym rok 2006 jest traktowany jako rok bazowy, tzn. wszystkie złamania w tym roku, podobnie, jak w artykule [1], przyjęto jako 100%. Tendencja rozwojowa (trend) złamań szyn typu UIC 60³ i S49 jest ujemna i charakteryzuje się dużymi amplitudami wahań sezonowych rocznych od modeli opisanych wielomianami stopnia 3 (rys. 1). Widoczne duże amplitudy, szczególnie w latach 2006 ÷ 2012 utrudniają predykcję zjawiska w okresie kilkuletnim.



Rys. 1. Wszystkie rodzaje złamań szyn według ich typów: 1) 60E1, 2) 49E1, 3) S42
Opracowanie: J. Bałuch

Na znaczny spadek złamań w latach 2013 ÷ 2014 pewien wpływ miały zmiany wprowadzone w sprawozdawczości. Nie ulega jednak wątpliwości, że w porównaniu z rokiem 2006 liczba złamań wyraźnie zmalała, zarówno w szynach typu UIC 60, jak i w S49.

Wyjątek stanowią szyny S42, ale odsetek ich pęknięć w ocenie całości zjawiska złamań szyn nie ma istotnego znaczenia również z tego powodu, że znajdują się one w torach, na których skutki ewentualnych wykolejeń są znacznie mniejsze niż w torach, w których ułożone są szyny UIC60 i S49.

Zauważalny spadek złamań szyn nie oznacza, że osiągnięto w tym zakresie stanu, który można uznać za zadowalający. Uzasadnieniem tego stwierdzenia może

3 Oznaczenie UIC 60 jest tu stosowane z tego powodu, że większość szyn złamanych pochodzi z okresu, gdy nie używano jeszcze symbolu 60E1.

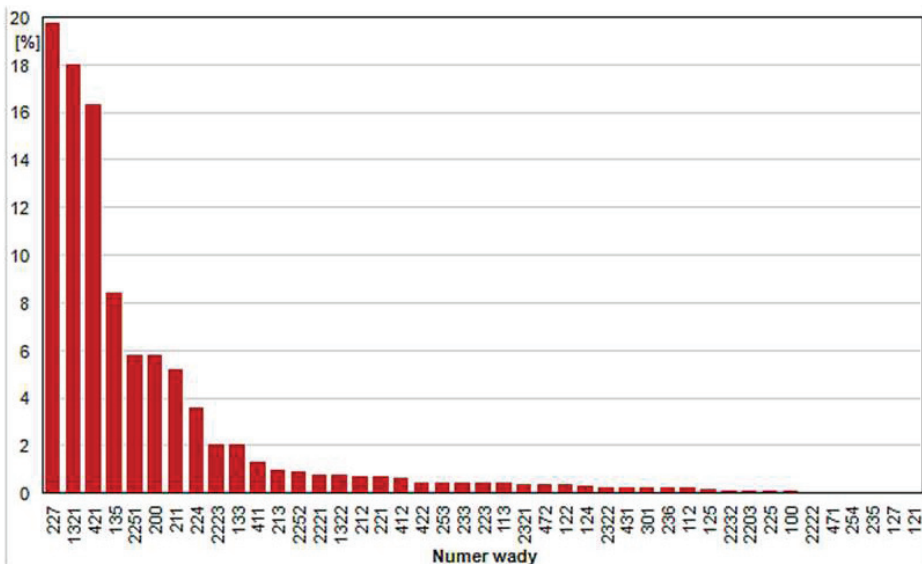
być porównanie liczby złamań szyn w ciągu roku na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z liczbami na trzech innych kolejach podanymi w artykule [4]. I tak, są one około 9 razy częstsze niż na kolejach brytyjskich, 2,4 niż na kolejach niemieckich i stanowią 40% złamań w USA, tj. na sieci o długości 226097 km.

W całym rozpatrywanym okresie liczba złamań szyn typu S49 jest większa niż szyn typu UIC 60 i w ostatnich dwóch latach różnica ta wzrosła. Jedną z przyczyn tej różnicy, którą można dostrzec porównując dalsze rysunki, jest dłuższy wiek szyn S49. Ogólny trend zmniejszania się złamań szyn wyrażony sumarycznym procentem 62,29 w roku 2014 w porównaniu ze 100% w roku 2006 można tłumaczyć trzema przyczynami:

- 1) stosunkowo dużą liczbą złamań w całym okresie, a więc wyeliminowaniem wielu szyn o najgorszym stanie,
- 2) zwiększeniem ciągłych wymian szyn w ostatnich latach,
- 3) pewną poprawą utrzymania nawierzchni, czego dowodem jest zmniejszenie długości torów, na których są ograniczenia prędkości pociągów⁴.

3. Rodzaje wad

W katalogu [2] znajdują się charakterystyki i numery około 50 rodzajów złamań szyn. Wady, które spowodowały złamania szyn w roku 2014 przedstawia rys. 2, z którego wynika, że 10 wad, z których udział każdej przekracza 2% stanowi ponad 90% całej populacji. Nazwy tych wad są podane w tabeli 1.



Rys. 2. Procentowy udział w populacji i numery wad złamań szyn w roku 2014

Opracowanie: J. Baluch

⁴ Wskaźnik ten nie w pełni obrazuje poprawę utrzymania, znane są bowiem przypadki wprowadzania do rozkładów jazdy prędkości obniżonych, przez co znikają ze statystyk ograniczenia prędkości przy rzeczywistych prędkościach bez zmian.

Tabela 1. Dziesięć najczęstszych wad złamań szyn w roku 2014

Nr katalogowy	Wada
227	Pęknięcie i zagłębienie powierzchni tocznej (squat)
1321	Pęknięcie poziome na przejściu szyjki w główkę
421	Pęknięcia poprzeczne w spoinach termitowych
135	Pęknięcia promieniowe od otworów na śruby łubkowe
2251	Pojedyncze wybuksowania
200	Złamania poprzeczne bez widocznej przyczyny
211	Pęknięcia poprzeczne postępujące (zmęczeniowe)
224	Miejscowe wgniecenia powierzchni tocznej
2223	Rysy (head checks)

Pierwsze miejsce w roku 2014 zajęły pęknięcia rozwijające się od wad typu squat, czyli wad podkowiastych (rys. 3). Wady te powstają wskutek długotrwałej kumulacji odkształceń plastycznych w wierzchniej warstwie główki szyny. Rozwijają się one początkowo pod małym kątem, a po osiągnięciu głębokości 3–5 mm propagują w głąb szyny (rys. 4). Ich początkiem mogą być niekiedy miejscowe zagłębienia powierzchni tocznej w strefie spoin lub niewielkie wybuksowania, tj. wada oznaczona numerem 2251. Wady podkowiaste obserwowano również najczęściej na odcinkach doświadczalnych [5].

Częste są pęknięcia poziome na przejściu szyjki w główkę (wada 1321) przekraczające stale 10% (rys. 5). Ich przyczyną mogą być duże naprężenia własne [3]. Pęknięcia poprzeczne w spoinach termitowych były najczęstszą wadą w latach 2006 ÷ 2010 i w roku 2012. W ostatnich dwóch latach zajmują one trzecią pozycję, co można uznać jako skutek stosowanej już od dłuższego czasu ulepszonej technologii spawania.

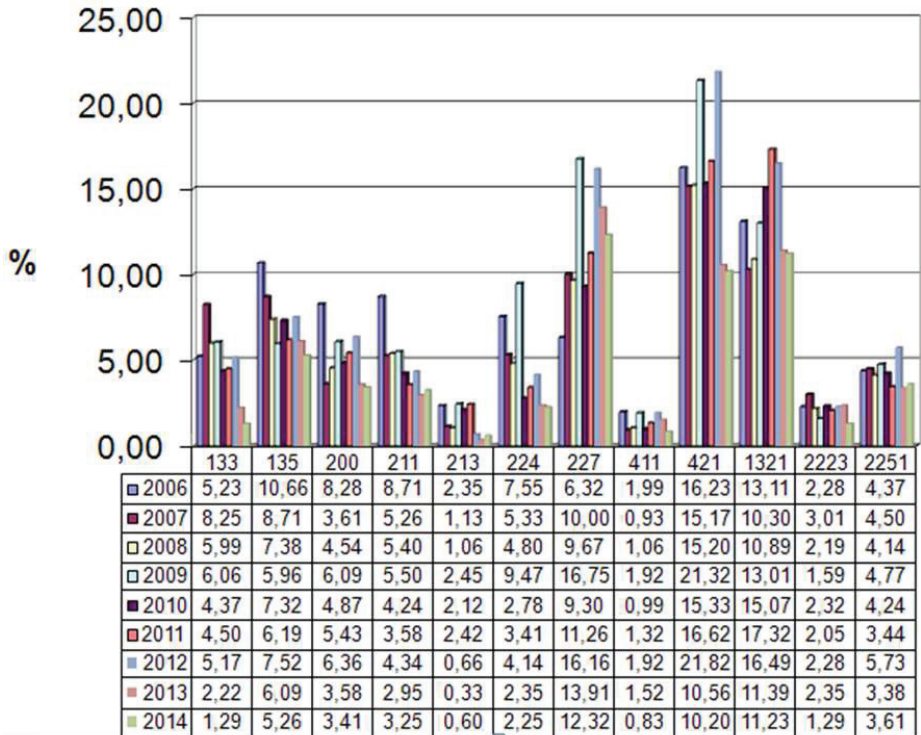


Rys. 3. Wada podkowiasta na szynie UIC 60 obrabianej cieplnie po 25 latach eksploatacji i obciążeniu 84 Tg, podkłady PS83, ruch towarowy, $V = 60 \text{ km/h}$

Fot. M. Lecyńk



Rys. 4. Pęknięcie szyny UIC 60 rozwijające się od wady podkowiastej
Fot. R. Gęsiński



Rys. 5. Dynamika zmian udziału populacji najczęstszych wad w latach 2006 ÷ 2014; rok 2006 przyjęty jako 100%

Opracowanie: J. Bałuch

Z przebiegu zmian najczęstszych wad (rys. 5) wynika, że stale maleją pęknięcia rozwijające się od otworów na śruby łubkowe (wada 135), co wynika z coraz korzystniejszego stosunku długości torów bezстыkowych do długości torów klasycznych.

Pięć miejsc zajmowane w roku 2014 przez wymiany szyn wskutek wybuksowań (wada 2251) świadczy o złym stanie urządzeń przeciwpoślizgowych lokomotyw. Zniszczenia szyn z tego powodu są często powodowane przez ciężkie pociągi towarowe zatrzymywane na wzniesieniach. Wybuksowania osiągają nieraz głębokość kilkunastu mm, co wymaga wymiany lub wycięcia odcinka takiej szyny, która nie uległa jeszcze złamaniu (rys. 6).



Rys. 6. Wybuksowanie szyn o głębokości 18 mm

Fot. D. Sikorski

Na zbliżonym poziomie utrzymują się w ostatnich latach pęknięcia podłużne pionowe na końcach szyn (wada 133) i w ich środkowej części (wada 213), złamania poprzeczne bez widocznej przyczyny (wada 200) i miejscowe wgniecenia powierzchni tocznej (wada 224).

Zastanawiająco małe, utrzymujące się na poziomie 2%, są pęknięcia spowodowane rysami, które stanowią duży problem na innych kolejach. Nie można wykluczyć, że w tym przypadku może zawodzić trafność klasyfikowania.

4. Wiek złamanych szyn

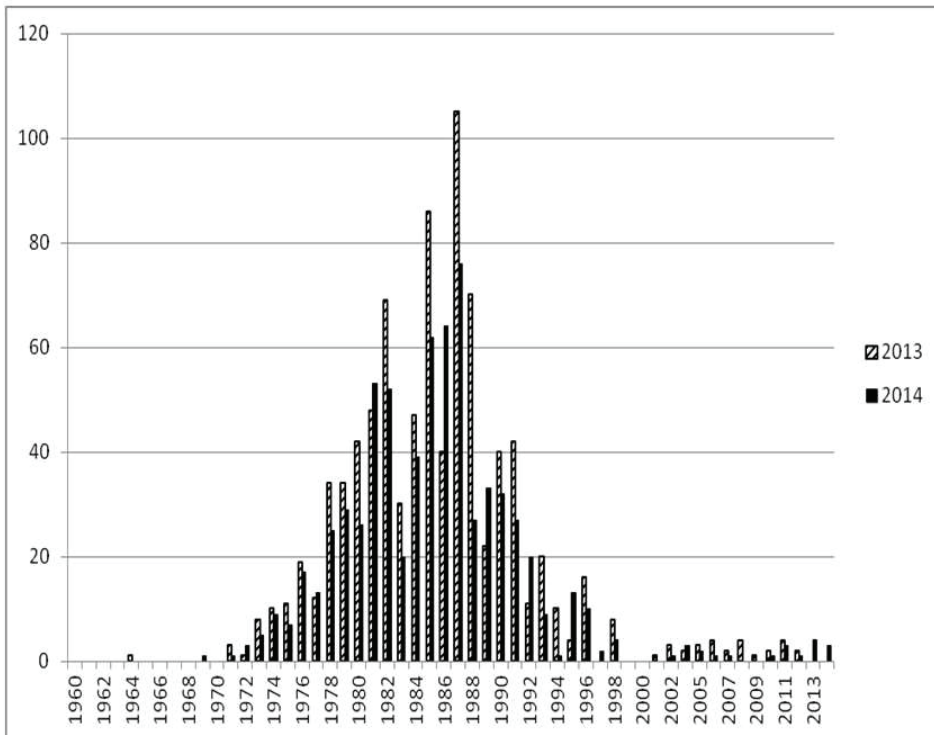
Do interesujących wniosków można dojść, analizując rozkłady wieku złamanych szyn. Rozkład złamanych szyn UIC 60 (rys. 7) ma charakter zbliżony do

normalnego. Z tab. 2 wynika, że w ciągu roku wiek ten uległ niewielkiemu zwiększeniu.

Tabela 2. Wiek wymienionych szyn w latach 2013 i 2014

Typ szyn	Rok złamania	Wiek	Odchylenie standardowe
S60	2013	27,5	6,95
	2014	28,6	6,60
S49	2013	33,6	9,06
	2014	36,0	10,60

Na podstawie tych liczb można przyjąć w przybliżeniu, że średni wiek złamanych szyn UIC 60 wynosi 28 lat. Trwałość szyn UIC 60 w przeciętnych warunkach eksploatacji można szacować na 600 Tg. Nie jest to dużo, zważywszy, że w USA przy o wiele większych naciskach osi szyny typu R132, będące odpowiednikiem szyn UIC 60 przenoszą nawet ponad 1000 Tg. Podobną trwałość osiągają szyny typu R65 w Rosji.



Rys. 7. Lata produkcji szyn UIC 60 złamanych w roku 2013 i 2014; na osi rzędnych liczba złamań
Opracowanie: J. Bałuch

Gdyby przyjąć, że w ciągu 28 lat nastąpiło wykorzystanie trwałości szyn UIC 60 to natężenie przewozów na liniach, na których one leżały musiałyby wynosić około

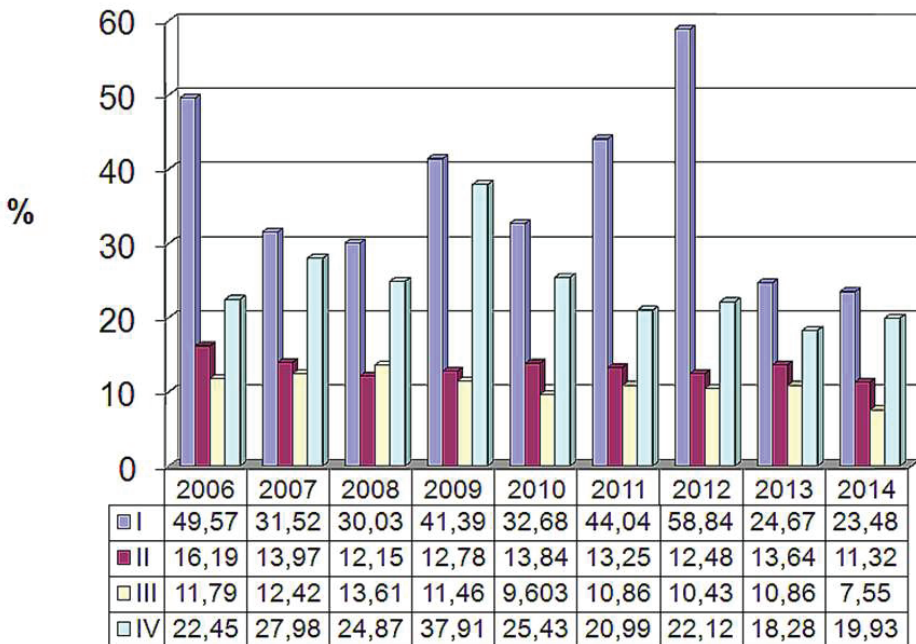
21,4 Tg/rok. W latach 80. ubiegłego wieku natężenia przewozów były znacznie większe niż w latach późniejszych, niewiele jest jednak odcinków linii, na których średnia wartość natężenia przewozów w rozpatrywanym okresie byłaby rzędu 21 Tg/rok. Podobne obliczenia w odniesieniu do szyn typu S49, które mogą przenieść nawet do 300 Tg wykazują, że natężenie przewozów musiałoby wynieść na liniach, na których one leżały, ponad 8 Tg/rok. Takich wartości natężeń jeszcze powszechnie nie ma. Z rozważań tych wynika więc, że duża część pękających obecnie szyn nie osiąga przewidywanej trwałości. Zdaniem autorów są trzy zasadnicze powody tego stanu:

- 1) wady kontaktowe zmęczeniowe i inne uszkodzenia na powierzchni tocznej,
- 2) zły stan podtorza i podsypki,
- 3) zły stan podkładów i przytwierdzeń szyn.

W dużej mierze wspólną przyczyną tych trzech rodzajów uszkodzeń jest niewystarczające bieżące utrzymanie nawierzchni, podczas którego ich znaczną część można by usunąć.

5. Wnioski

Ze statystyk złamań szyn można wyciągać wnioski o przyczynach występujących wahań. I tak wzrost złamań w latach 2009 i 2012 (rys. 1 i rys. 5) był spowodowany wyraźnym zwiększeniem ich liczby w miesiącach zimowych, tj. w I i IV kwartale (rys. 8).



Rys. 8. Złamania szyn S60 i S40 w poszczególnych kwartalach lat 2006-2014

Nasilenie złamań szyn występuje w niskich temperaturach, które jednak nie są przyczyną złamań, lecz stanowią tylko warunki sprzyjające. Znane zjawisko wzrostu podatności stali szynowej na pękanie w niskich temperaturach samo przez się nie może doprowadzić do złamania. Statystyki złamań szyn w poszczególnych kwartałach świadczą jednak, że wpływ temperatury ma duże znaczenie. W latach 2006 ÷ 2011 złamania w kwartałach I i II stanowiły od 54% wszystkich złamań w roku 2008, do 72% w 2006 roku. Najwięcej złamań w I kwartale, tj. ponad 46%, odnotowano jednak w roku 2012, w którym temperatury otoczenia w lutym spadały do -30°C . W tym samym roku złamania w II kwartale utrzymały się na poziomie zbliżonym do liczby złamań z lat poprzednich, tj. w granicach 12 ÷ 13%.

Zwiększona liczba złamań szyn w I kwartale 2012 roku staje się jeszcze bardziej wyrazista, wiedząc, że w miesiącu tym temperatury osiągnęły wartość minimalną.

Bibliografia

- [1] Bałuch H., Bałuch J., Prognozowanie pęknięć szyn. Problemy Kolejnictwa 2005, z. 151.
- [2] Katalog wad w szynach. Wydanie IV. 712 R, UIC, 2002.
- [3] Roney M., Controlling deep-seated shells on CPR. „Railway Track and Structures”, 2006, No. 6.
- [4] Viriozov V.P., Ob osnovnyh napravlenyah razvitya sistemmonitoringa putevogo khozyavstva do 2025 g. Put i Putevoe Khozaystvo 2015, nr 4.
- [5] Zariczny J., Grulkowski S., Obserwacje jako podstawowe narzędzie w diagnostyce szyn kolejowych. Infrastruktura Transportu 2014, nr 6.

