

Mgr inż. Julian Bałuch
Centrum Diagnostyki PLK S.A.

OCENA ZAGROŻEŃ W ŚWIETLE STATYSTYK PĘKNIĘĆ SZYN

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Wahania liczby pęknięć szyn
3. Sezonowość pęknięcia szyn
4. Wnioski

STRESZCZENIE

Zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji dróg kolejowych wymaga wczesnego dostrzeżenia istniejących zagrożeń. Jednym z nich są złamania, pęknięcia i uszkodzenia szyn. Ich zmienność w ujęciu liczbowym umożliwia ocenę stanu nawierzchni kolejowej i ułatwia wyciąganie wniosków o charakterze profilaktycznym. Artykuł przedstawia w ujęciu relatywnym zmiany w pękaniu szyn, które zachodziły w latach 2006–2011, ukazuje dominujące grupy wad oraz wpływ niskich temperatur na pęknięcie szyn. Wnioski stanowią rozszerzenie propozycji opisanych we wcześniejszym artykule dotyczącym tej problematyki.

1. WSTĘP

Oprócz wyboczeń torów, pęknięcia i złamania szyn¹ należą do tych zagrożeń w nawierzchni kolejowej, które pojawiają się nagle, chociaż pewne symptomy, wskazujące na możliwość ich wystąpienia, można zauważyć wcześniej. W kilkuletnim okresie statystyki pęknięć szyn w skali całej sieci, są jednym z ważniejszych wskaźników ilustrujących stan utrzymania dróg kolejowych.

W artykule [2] przedstawiono w ujęciu relatywnym statystyki pęknięć szyn w latach 2006–2009, podano również wyniki charakteryzujące pęknięcia szyn w kilku innych krajach. W niniejszym artykule również przedstawiono statystyki w ujęciu rela-

¹ W dalszej części artykułu w celu skrócenia tekstu będzie stosowany tylko wyraz „pęknięcia”, pod którym należy rozumieć również złamania szyn

tywnym, lecz z okresu sześciu lat. Podobnie jak poprzednio, jako podstawę porównań przyjęto 2006 rok.

Pęknięcie szyn jest ważnym składnikiem oceny zagrożeń tkwiących w nawierzchni kolejowej z dwóch powodów [1]:

- 1) przejście ze stanu pełnej zdatności eksploatacyjnej szyn do stanu niezdatności objawia się często w sposób nagły, stwarzając ryzyko wykolejeń,
- 2) szyny stanowią najdroższy składnik konstrukcji nawierzchni.

W najbliższych latach analiza zagrożeń będzie skupiać na sobie dużą uwagę ze względu na stosunkowo wysoki stopień degradacji dróg kolejowych w Polsce i związane ryzyko wykolejeń. Pęknięcia szyn były przyczyną kilku głośnych wypadków [7, 9, 11].

Według najnowszych statystyk [6], w ciągu roku na kolejach europejskich wydarza się 500 wykolejeń pociągów towarowych, z czego 33% obciąża stan infrastruktury. Wśród przyczyn infrastrukturalnych 10% zajmują pęknięcia szyn, skąd wynika, że powodują one 17 wykolejeń w ciągu roku. Straty wynikające z jednego wykolejenia pociągu towarowego wynoszą według tego samego źródła od 390 000 do 1 402 000 euro, przy średniej 1 010 000 euro.

Konieczność utrzymania akceptowalnego poziomu ryzyka eksploatacji dróg kolejowych stawia w scharakteryzowanych warunkach dwa podstawowe zadania:

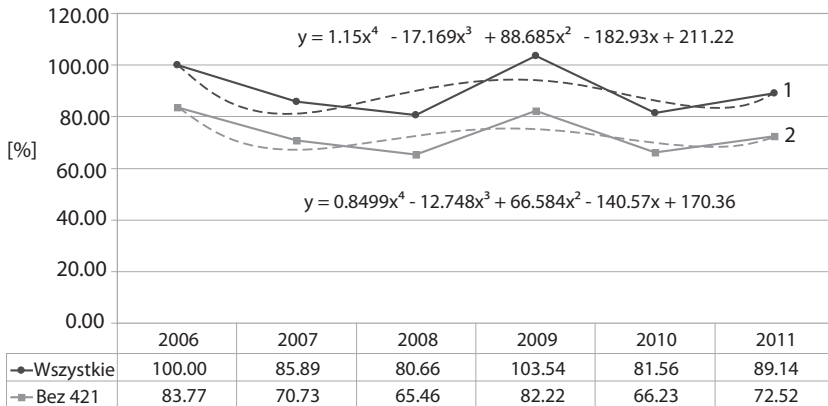
- 1) zwiększenie trwałości szyn już eksploatowanych,
- 2) zmniejszenie liczby pęknięć.

Niniejszy artykuł, ukazujący wahania pęknięć szyn w ostatnich latach, może ułatwić ocenę zadań prowadzących do zmniejszenia tego zagrożenia. Dobrym przykładem są tu koleje angielskie. W 2000 roku, w którym wydarzyła się głośna katastrofa pod Hadfield, liczba pęknięć szyn dochodziła w Anglii do 1000 w ciągu roku. Po wymianie 600 km najgorszych torów oraz konsekwentnym wprowadzeniu zasady „mierzyć, przewidywać, zapobiegać”, po sześciu latach zmalała do około 200 [11].

2. WAHANIA LICZBY PĘKNIĘĆ SZYN

Zmiany liczby pęknięć szyn w rozpatrywanym okresie nie wykazują stałego trendu, na podstawie którego można by określić prognozę wieloletnią. W latach 2007 i 2008 zarysował się spadek liczby pęknięć. W 2009 roku osiągnęła ona wartość szczytową, aby zmaleć dość wyraźnie w 2010 roku i wreszcie zwiększyła się nieco w 2011 roku. Modele zmian pęknięć, opisane wielomianami trzeciego lub czwartego stopnia (rys. 1), nie wykazują stałej tendencji. Można jednak zauważyć, że w całym rozpatrywanym okresie, w porównaniu z 2006 rokiem przyjętym jako wyjściowy, pęknięcia zmniejszyły się o około 10%. Dane z pierwszego półrocza 2012 roku (por. rys. 4 i 5), nasuwają jednak obawę, że liczba pęknięć w tym roku będzie większa niż w latach poprzednich².

² Kończąc artykuł, autor dysponował tylko wynikami z pierwszego półrocza 2012 roku.



Rys. 1. Statystyki pęknięć szyn w latach 2006–2011: 1) wszystkie rodzaje pęknięć, 2) bez pęknięć poprzecznych w spoinach termitowych

Na rysunku 1 podano wszystkie rodzaje pęknięć (linia 1) i pęknięcia z wyłączeniem pęknięć poprzecznych na spoinach termitowych, tj. wady 421 według katalogu [3] (linia 2). Rozróżnienie tych dwóch grup pęknięć stosowano już od wielu lat. Z analiz wynika, że pęknięcia w spoinach termitowych dominowały wśród wszystkich pozostałych [8]. Zmiana technologii termitowego spawania szyn powoduje pewne relatywne zmniejszenie tych pęknięć. Z wyjątkiem 2009 roku, w którym różnica między pęknięciami obu tych grup wynosiła 21,32%, w pozostałych latach, nie licząc I kwartału 2012 roku, wahała się w granicach 15÷16%.

W polskim piśmiennictwie technicznym nie podaje się bezwzględnych liczb pęknięć szyn. Liczby te można jednak spotkać w artykułach mających obecnie wartość historyczną. W latach trzydziestych ubiegłego stulecia, na sieci PKP o długości około 20 000 km, pękało rocznie około 3000 szyn. W owym czasie prowadzono już w Polsce i w innych krajach szeroko zakrojone badania nad zmniejszeniem pęknięć szyn [4].

W porównaniu z niektórymi danymi zagranicznymi [6] można stwierdzić, że pęknięcia szyn w Polsce są dość liczne. W niektórych danych statystycznych spotyka się jednak zastanawiająco małe liczby – np. w artykule [5] podano wzór określający wskaźnik efektywności kontroli szyn

$$e_k = \frac{n}{n+z} \cdot 100\%, \quad (1)$$

gdzie:

n – liczba szyn ujawnionych w toku kontroli, jako uszkodzone,

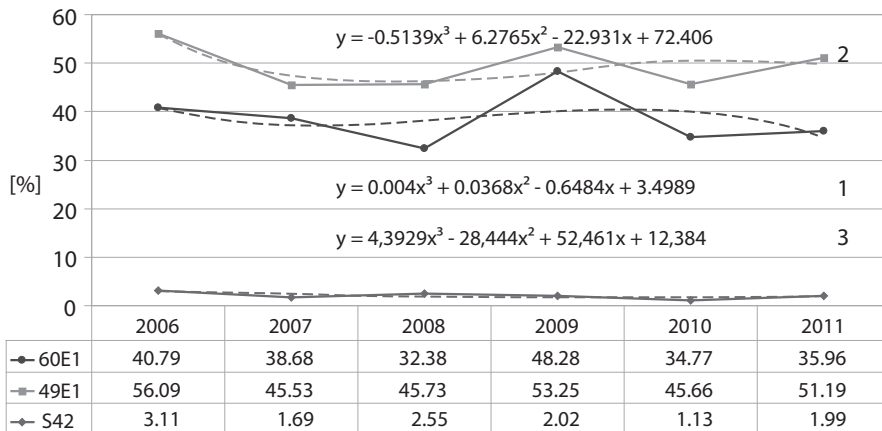
z – liczba szyn pękniętych.

W 2011 roku według cytowanego artykułu $n = 26645$, $z = 41$, w związku z tym

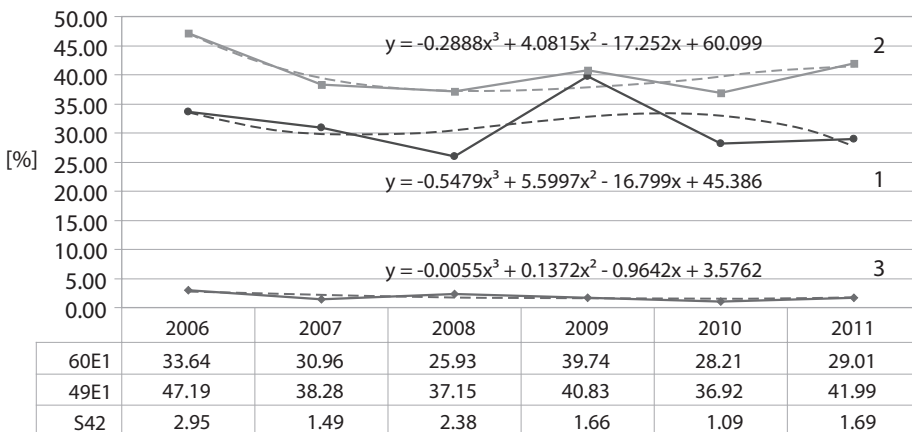
$$e_k = \frac{26645}{26645 + 41} \cdot 100 = 99,85 \%$$

Podana liczba 41 pęknięć, na tak dużej sieci kolejowej, jak sieć Rosji, wydaje się nieprawdopodobnie mała.

Spośród dwóch podstawowych typów szyn stosowanych w Polsce, częściej pękają szyny typu 49E1 (rys. 2). Różnica ta w roku 2011 przekroczyła 15%, natomiast większe wahania pęknięć występowały w szynach typu 60E1, z tym że przyrost liczby tych pęknięć w ostatnim roku wyniósł tylko 1,19% w porównaniu z szynami 49E1, gdy pęknięcia wzrosły o 5,53%. Różnice te wydają się naturalne, bowiem układa się więcej szyn ciężkich niż szyn średnich, a zatem średni czas eksploatacji szyn typu 60E1 jest mniejszy niż szyn 49E1. Na tle pęknięć szyn tych dwóch typów, pęknięcia szyn typu S42 są w znaczeniu statystycznym pomijalnie małe. Podobne wnioski można wysunąć na podstawie rysunku 3, przedstawiającego pęknięcia z wyłączeniem pęknięć na spoinach termitowych.



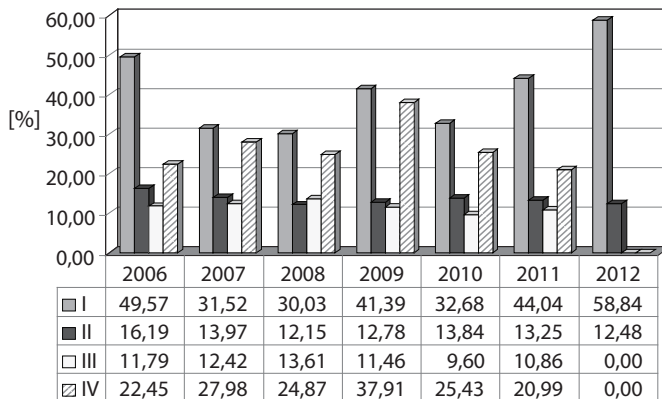
Rys. 2. Statystyki wszystkich rodzajów pęknięć szyn według ich typów: 1) 60E1, 2) 49E1, 3) S42



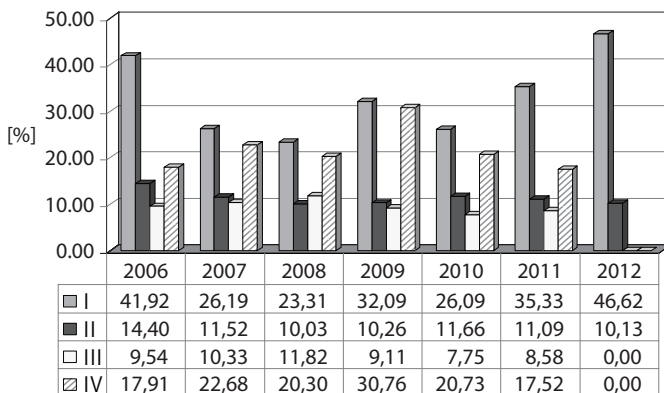
Rys. 3. Statystyki pęknięć szyn bez pęknięć w spoinach termitowych (oznaczenia jak na rysunku 2)

3. SEZONOWOŚĆ W PĘKANIU SZYN

Spotykane często zdania, że przyczyną pęknięć szyn są niskie temperatury, świadczą o braku rozróżniania przyczyn od warunków im sprzyjających. Znane zjawisko wzrostu podatności stali szynowej na pękanie w niskich temperaturach jest tylko warunkiem sprzyjającym i samo przez się nie może doprowadzić do pęknięcia. Statystyki pęknięć szyn w poszczególnych kwartałach (rys. 4, 5) świadczą, że wpływ temperatury ma duże znaczenie. Przekonuje o tym zwłaszcza rysunek 4, z którego wynika, że w latach 2006–2011 w kwartałach I i II, pęknięcia stanowiły od 54% wszystkich pęknięć w roku 2008 do 72% w 2006 roku. Największy odsetek pęknięć w I kwartale, tj. około 59%, odnotowano jednak w roku 2012, w którym temperatury otoczenia w lutym spały do -30°C . W tym samym roku pęknięcia w II kwartale utrzymały się na poziomie zbliżonym do liczby pęknięć z lat poprzednich, tj. w granicach 12–13%.



Rys. 4. Statystyki wszystkich pęknięć szyn w poszczególnych kwartałach

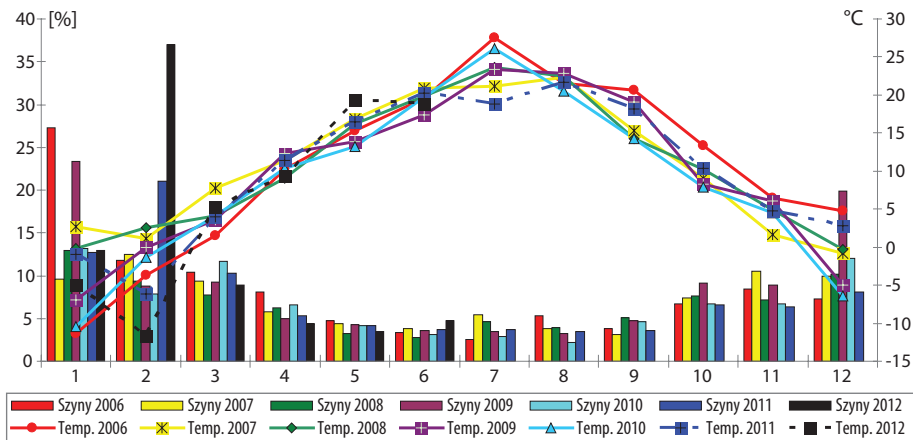


Rys. 5. Statystyki pęknięć szyn w poszczególnych kwartałach z wyłączeniem pęknięć w spoinach termitowych

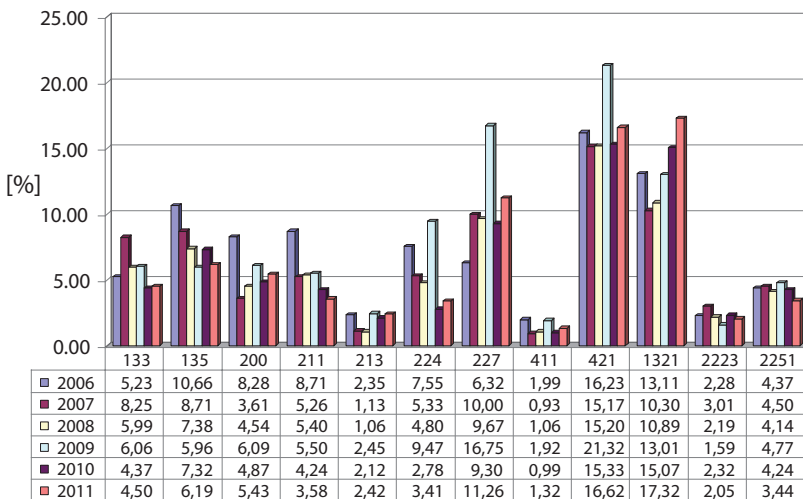
Porównując rysunki 4 i 5 dochodzi się do wniosku, że w szczególnie mroźnym I kwartale 2012 roku, większą wrażliwość na niskie temperatury wykazały spoiny termitowe. Świadczy o tym porównanie udziału liczby pęknięć termitowych w stosunku do wszystkich pęknięć, który w I kwartale 2011 roku wynosił 19,08%, a w I kwartale 2012 roku – 20,8%.

Zwiększona liczba pęknięć szyn w I kwartale 2012 roku staje się jeszcze bardziej wyrazista na tle rysunku 6, na którym najwyższy słupek przypada właśnie na luty tego roku, a wykres średnich temperatur odnotowywanych przy pęknięciach szyn również osiągnął wartość ekstremalną.

W 2011 roku trzy rodzaje pęknięć przekraczało 10% całości (rys. 7). Na pierwszym miejscu znalazły się pęknięcia poziome na przejściu szyjki w główkę, oznaczone w ka-



Rys. 6. Procent pęknięć szyn w poszczególnych miesiącach w latach 2006–2012 (słupki) i średnie temperatury odnotowane podczas wykrywania tych pęknięć (linie łamane)



Rys. 7. Częstość występowania wad szyn według numerów wad

talogu numerem 1321, które od czterech lat wykazują tendencję wzrostową. Ich przyczyną mogą być duże naprężenia własne [10].

Na drugim miejscu znalazły się pęknięcia poprzeczne w spoinach termitowych (wada 421), dominujące w poprzednich latach. Spoiny termitowe są jednak niejednokrotnie przyczyną powstawania innej wady, tj. pęknięć i miejscowych zagłębień powierzchni tocznej, znanych pod angielską nazwą *squat* (rys. 8). Są to pęknięcia oznaczone w katalogu wad numerem 227 [3].



Rys. 8. Zagłębienie na powierzchni tocznej szyny z nadpęknięciami w miejscu spoiny termitowej

Pęknięcia te, zajmujące trzecie miejsce w 2011 roku, 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. Ze względu na swój często przybierany kształt, są nazywane pęknięciami podkowiastymi (rys. 9).



Rys. 9. Wada 227 o charakterystycznym kształcie podkowy

Odnotowuje się zastanawiająco mało pęknięć szyn oznaczonych numerem 2223 (rys. 10), tj. pochodzących od rys (*head check*). Na wielu kolejach stanowią one największy odsetek i duże zagrożenie.



Rys. 10. Rysy na zaokrągleniu główki szyny (wada 2223)

5. WNIOSKI

Ze statystyk przedstawionych w artykule wynika, że zagrożenia powodowane pęknięciami szyn w ciągu ostatnich sześciu lat utrzymują się prawie na jednakowym poziomie. Stwierdzenie to wskazuje, że prowadzona modernizacja dróg kolejowych, poprawiająca zasadniczo stan nawierzchni na liniach, na których została wykonana, nie znajduje jeszcze odzwierciedlenia w ujęciu całej sieci.

Zjawisko to wydaje się naturalne, bowiem w tym samym czasie, w którym rocznie przybywa stosunkowo niewielka długość nowych torów, na znacznie większej długości sieci postępuje szybki wzrost degradacji nawierzchni.

Z tego faktu należy wyciągnąć wniosek, do jakiego już doszli autorzy prac zagranicznych, że bez zwiększenia nakładów na utrzymanie nawierzchni, zagrożenia wykojeńciami pociągów towarowych nie da się zmniejszyć [6]. Wykojeńciami tych pociągów stanowią zagrożenie nie tylko dla pracowników kolejowych i przewożonych ładunków lecz również dla pociągów pasażerskich na sąsiednich torach (wejście w skrajnie wykojejonego taboru).

Materiał statystyczny i inne spostrzeżenia ujęte w tym artykule potwierdzają zasadność wniosków zawartych w poprzedniej publikacji, poświęconej tej problematyce.

BIBLIOGRAFIA

1. Bałuch H.: *Wybrane zagadnienia trwałości i niezawodności szyn kolejowych*. III Konferencja „Spawalnictwo Dróg Szynowych oraz Materiały, Wykonawstwo, Odbiory”, Bochnia, 21–23 marca 2007.
2. Bałuch H., Bałuch J.: *Prognozowanie pęknięć szyn*. „Problemy Kolejnictwa”, 2011, zeszyt 152.
3. *Katalog wad w szynach*. Wydanie IV. 712 R, UIC, 2002.
4. Kornaczewski M.: *Przyczyny łamliwości szyn kolejowych*. „Przegląd Techniczny”, Tom LXIX, 1930, nr 45.
5. Merkulova T.V. i in.: *Analiz avariynosti v putevom khozayistve*. „Put i Putevoe Khoziyastvo”, 2012, nr 4.
6. Moore L., Andersen T.: *Assessment of freight train derailment risk reduction measures*. Report for European Railway Agency, Report No BA000777/07, Rev. 2, Detg Norske Veritas LTD, Cheshire, 21 July 2011.
7. *Przyczyny złamań szyn w torze nr 1 na szlaku Wronki – Miały w km 66,380*. Praca zbiorowa CNTK pod kier. H. Bałucha, nr 4078/11, Warszawa, 2004.
8. Radomski R.: *Analiza uszkodzeń szyn wraz z prognozowaniem ich trwałości eksploatacyjnej*. „Drogi Kolejowe”, 1990, nr 12.
9. Roney M.: *Controlling deep-seated shells on CPR*. „Railway Track and Structures”, 2006, No. 6.
10. *Track Inspector Rail Defect Reference Manual*. Federal Railroad Administration, Office of Railroad Safety, August 2011.
11. *Train derailment at Hadfield: A final report by the Independent Investigation Board*. Office of Rail Regulation, July 2006.