mgr inż. Roksana Licow
prof. dr hab. inż. Franciszek Tomaszewski
Politechnika Poznańska

Analysis of the reasons to wear and damage the rails depending on technical – operating conditions of the track

Analiza przyczyn zużywania się (uszkadzania) szyn w zależności od warunków techniczno – eksploatacyjnych toru

Diagnosis of the track superstructure is a significant element among the factors contributing to improvement of technical condition of railway infrastructure in Poland. Monitoring of the changes taking place on the running surface of the rails is very relevant taking into account the level of rail transport safety. The paper presents some factors influencing the process of degradation of the rail running surface as compared to selected defects considered and defined in the Catalogue of Rail Defects of the Polish Railway Lines. Some of the technical-operational parameters used in the analysis of the reasons for wear of railway rails are: the type of transport, traffic intensity and maximum allowable axle load. Based on the track geometry data, the places endangered by particular types of damage are specified. The results of the analysis may be used in further studies on the degradation of railway infrastructure in Poland.

Diagnostyka nawierzchni kolejowej jest istotnym elementem składowym czynników wpływających na poprawę stanu technicznego infrastruktury kolejowej w Polsce. Monitorowanie zmian zachodzących na powierzchni tocznej szyn jest bardzo ważnym elementem w kontekście poziomu bezpieczeństwa przewozów prowadzonych transportem szynowym. W artykule przedstawiono niektóre z czynników wpływające na proces degradacji powierzchni tocznej szyn w odniesieniu do wybranych uszkodzeń zawartych i zdefiniowanych w Katalogu Wad w Szynach Polskich Linii Kolejowych. Do analizy przyczyn zużyć szyn kolejowych przyjęto wybrane parametry techniczno – eksploatacyjne takie jak: rodzaj przewozów, obciążenie przewozami i ich maksymalne dopuszczalne naciski osi. Na podstawie danych o geometrii toru wyszczególniono miejsca zagrożeń na występowanie poszczególnych rodzajów uszkodzeń. Uzyskane wyniki analizy mogą posłużyć w dalszych badaniach dotyczących degradacji infrastruktury kolejowej w Polsce.

1. INTRODUCTION

The development of rail transport and the increase in travel speed impose the need to conduct complex diagnostics of surface defects of the railway rails. Its significance may be revealed by the fact that until the first half of the 1990s the surface defects were not considered to be the most common in Europe. Since 2012 the running surface defects led to almost 340 railway rails fractures in Poland. In 2013 there were 488 fractures. Another factor militating in favour of diagnostics of the rail running surfaces is better safety of the rail transport. In critical cases, the running surface defects can lead to cracks or fractures of the rails that, in turn result, in train derailment [2].

In order to determine the causes of wear of railway rails, occurrence of particular damage types on the network of the Polish Railway Lines was analyzed. Attention is paid to three damage types that occur only on running surface of the rail head. The damages

1. WSTĘP

Rozwój transportu szynowego i związane z tym zwiększanie prędkości przejazdowych stwarza konieczność prowadzenia kompleksowej diagnostyki wad powierzchniowych szyn kolejowych. Znaczenie jej może określić fakt, że w Europie do pierwszej połowy lat 90 – tych ubiegłego wieku wad powierzchniowych nie zaliczano do wad najczęściej występujących. Od 2012 roku wady powierzchni tocznej stały się powodem prawie 340 złamań szyn kolejowych w Polsce. W 2013 roku odnotowano 488 złamań. Dodatkowym faktem istoty diagnostyki powierzchni tocznych szyn kolejowych jest zwiększanie bezpieczeństwa w transporcie kolejowym. W krytycznych przypadkach wady powierzchni tocznej mogą doprowadzić do pęknięć lub złamań szyn co w konsekwencji prowadzi do wykolejenia pociągów [2].

classified in the Catalog of Rail Damages of PRL were quantitatively defined, taking into account their occurrence on selected railway lines. Five railway lines differing in their technical and operating parameters, location and train traffic, were adopted for purposes of the analysis. The number of damages arising on each of the lines was verified in terms of mileage and damage locations. This allowed to determine the places that pose significant safety risk.

2. DAMAGES TO THE RAIL RUNNING SURFACE OCCURRING IN THE POLISH RAILWAY LINES NETWORK

The rails of the railway network of Poland are subject to continuous degradation resulting, among others, from load transmission, atmospheric conditions, line location in the terrain and wheel/rail interaction. The article focuses on three defects specified in the Catalog of Rail Damages of Polish Railway Lines. These include the head checking (defect 2223), squat (defect 227) and rail burn (defect 225).

2.1. Head checking

The first of the considered damages is head checking (defect 2223), occurring beyond the ends of the rails on the rail head (Fig. 1). Head checking belongs to *Rolling Contact Fatigue* (RCF) defects. It usually arises in the places of strong dynamic interaction. For example, it may occur in curves of too small inclination, where the plane of the forces caused by successive wheels is inclined to the track plane at an angle of less than 90°. In such a case, the corner zone of the rail head is damaged. The damage occurs at the material fatigue site on the running surface, having a form of small slits arranged in parallel to each other at various intervals. In the first degradation stage the microcracks arise on the inside of the rail head, that are usually parallel to one another. The micro-gaps are about 10 - 15 mm long and inclined at an angle of several degrees to longitudinal rail axis, in the direction opposite to that of the rail vehicles motion.

Analysis of structure of the rail samples with the head checking defect showed that these defects occur in the places of significant plastic deformation. They initiate formation of scales in vicinity of already existing rail indentations (pitting). The scales, in turn, become the nuclei of the defect. Moreover, it may be noticed that the cracks develop regardless of non-metallic inclusions in the structure of the rail steel, nevertheless, the defects develop in their surroundings. The process of formation and development of the head checking defects depends directly on large deformations i.e. on the flow of the rail top layer and on pitting already existing on its surface.

The head checking defects may be avoided by preventing the material flow in the corner of the top layer of the rail as a result of reduction of the axle load. Another option is to take steps to improve the

W celu określenia przyczyn zużywania się szyn kolejowych przeprowadzono analizę występowania poszczególnych uszkodzeń na sieci Polskich Linii Kolejowych. Skupiono uwagę na trzech uszkodzeniach, które występują wyłącznie na powierzchni tocznej główki szyny. Sklasyfikowane w Katalogu Wad w Szynach PLK uszkodzenia określono w formie ilościowej pod względem występowania na wybranych liniach kolejowych. Do analizy przyjęto pięć linii kolejowych różniących się od siebie parametrami techniczno – eksploatacyjnymi, położeniem oraz natężeniem ruchu pociągów. Liczba występujących uszkodzeń na każdej z linii została zweryfikowana pod względem kilometrażu i miejsc występowania uszkodzeń. Pozwoliło to na wyszczególnienie tych miejsc, które stanowią istotne zagrożenie bezpieczeństwa.

2. USZKODZENIA POWIERZCHNI TOCZNYCH SZYN WYSTĘPUJĄCE NA SIECI POLSKICH LINII KOLEJOWYCH

Na sieci linii kolejowych w Polsce, szyny ulegają ciągłej degradacji wynikającej między innymi z przenoszonego obciążenia, warunków atmosferycznych, położenia linii w terenie czy współpracy koła z szyną. W artykule skupiono uwagę na trzech uszkodzeniach zawartych w Katalogu Wad w Szynach Polskich Linii Kolejowych. Do tych uszkodzeń należą: head checking (wada 2223), squat (wada 227) i wybuksowania (wada 225).

2.1. Head checking

Pierwszym z analizowanych uszkodzeń jest head checking (wada 2223), który występuje poza końcami szyn na główce szyny (rys. 1.). Head checking jest wadą z grupy wad kontaktowo – naprężeniowych (*ang. Rolling Contact Fatique - RFC*). Powstaje najczęściej w miejscach silnych oddziaływań dynamicznych. Przykładem mogą łuki o zbyt małym nachyleniu, gdzie płaszczyzna działania sił pochodzących od następujących po sobie kół nachylona jest do płaszczyzny toru pod kątem mniejszym niż 90°. W takim przypadku uszkodzeniu ulega strefa narożna główki szyny. Uszkodzenie powstaje w miejscu zmęczenia materiału na powierzchni tocznej a wyglądem przypomina niewielkie szczeliny ułożone równolegle do siebie w różnych odstępach. W pierwszej fazie degradacji powstają mikropęknięcia, zazwyczaj równolegle do siebie, po wewnętrznej stronie główki szyny. Mikroszczeliny przyjmują długość około 10 – 15 mm i nachylone są pod kątem kilkunastu stopni do wzdłużnej osi szyny w przeciwnym kierunku ruchu pojazdów szynowych.

Analizując struktury próbek z miejsc uszkodzonych wadą head checking zauważono występowanie tych wad w miejscach silnych odkształceń

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

structure of the rail material in particularly vulnerable areas. The last and most practical solution consists in grinding, when the layer of deformed material and pitting is removed. However, determining the time interval between the grinding operations according to the track load intensity would be rather difficult.

Head checking can be detected visually and by ultrasonic examination. The depth of these microdamages is in the range from less than a millimeter to a few millimeters from the head of the rail. In case of this damage the observation, grinding, or immediate replacement of the rail is recommended, depending on the degree of degradation [4].

2.2 . Squat

Another damage consists in fracture and local recess in the running surface (defect No 227, Fig. 2). It occurs beyond the rail ends, only on the running surface of the railhead. It takes a form of a dark spot, initially often without cracks of semicircular shape. The next stage of the recess development is peeling and cracking of the material on the running surface. The cracks penetrate the head and may result in total rupture of unsupervised rail. Damages of this type occur on straight sections of the track.

The reasons of squat damages are not yet fully understood. It has been found that longitudinal cracks are related to white amorphous martensite existing on the running surface of the rails [5]. These studies have shown inhibition of the squat microbugs proliferating beyond the white martensite zone into the parent material of the railhead. It has also been noted that defects in the parent layer change the direction of degradation from almost perpendicular to more horizontal. Development of squat defects is due mainly to crushing forces, symmetrical with regard to cross-sectional axis of the rail. Direction of the squat fractures development depends on the direction of the greatest shear stresses existing below the rail head surface [5].

Based on the analyzes carried out with a view to find out the causes of squat defects, it was found that running surface of the rail head has inequalities and micro-inequalities that greatly contribute to development of the squat damages. Any device used for production of the rails has a certain class of error. Moreover, the rail as a final product is distinguished by certain deviations determined by the manufacturer. Uneven surface of the rail head favors the formation and development of squat damages [9].

The squat damage may be detected visually and by ultrasonic tests. In case of this damage the visual monitoring, grinding, or immediate replacement of the rail is recommended [5].

plastycznych. Powodują one wraz z istniejącymi na powierzchni szyn wgłębień (pittingu), tworzenie się łusek, które stają się zarodkami wady. Dodatkowo, zauważono, że rozwój pęknięcia nie zależy od wtrąceń niemetalicznych w strukturze stali szynowej jednak przebiega w ich otoczeniu. Proces tworzenia i rozwój wad typu head checking bezpośrednio zależą od silnych odkształceń tzn. płynięcia warstwy wierzchniej szyny i istnieniem na jej powierzchni pittingu.

W celu przeciwdziałania występowaniu wad typu head checking istnieje możliwość niedopuszczenia do płynięcia materiału w narożu warstwy wierzchniej szyny poprzez zmniejszanie obciążenia na oś. Kolejnym wariantem zapobiegania jest podjęcie działań w kierunku dopracowania struktury materiału szyny w miejscach szczególnie narażonych. Ostatnim i najbardziej realnym rozwiązaniem jest szlifowanie, które usunie warstwę odkształconego materiału jak i pitting. Jednak określenie czasu do kolejnego szlifowania w uzależnieniu od intensywności obciążenia toru byłoby dość trudnym zadaniem do przewidzenia i opracowania.

Fig. 1 – A head checking defect
Source: own elaboration

Rys.1 - Wada head checking
Źródło: opracowanie własne

Uszkodzenie head checking można wykryć wizualnie oraz poprzez badania ultradźwiękowe. Głębokość tych mikrouszkodzeń mieści się w zakresie od części mm do kilku mm od powierzchni główki szyny. W przypadku tego uszkodzenia zaleca się: obserwację, szlifowanie, wymianę lub natychmiastową wymianę szyny w zależności od stopnia degradacji [4].

2.2. Squat

Kolejnym uszkodzeniem jest pęknięcie i miejscowe zagłębienie powierzchni tocznej – squat (wada 227) (rys. 2.). Występuje poza końcami szyn jedynie na powierzchni tocznej główki szyny i objawia się jako ciemny punkt często jeszcze niezawierający pęknięć o półkolistym kształcie. Kolejnym etapem po wgłębieniu jest łuszczenie i pękanie materiału na powierzchni tocznej. Pękanie następuje w głąb główki i może doprowadzić do całkowitego pęknięcia nieobserwowanej szyny. Wady tego typu występują na prostych odcinkach toru.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

2.3. Rail burns

The defects No 2252 and 2251 specified in the Catalog of Rail Damages of PRL are classified as rail burns, arising beyond the rail ends in the middle of the rail head (Fig. 3).

Rys. 2 - Wada SQUAT
Źródło: opracowanie własne

Fig. 3. The rail burn defect
Source: own elaboration

Rys. 3 - Wada wybuksowanie
Źródło: opracowanie własne

The rail burn is entirely due to the wear of the rails. It is most often observed on sections of the track, where the trains brake rapidly and, in consequence, the wheels slide on the surface of the rail running surface. Such phenomena occur when the train speed is low whereas circumferential speed of the train wheels grows to high value. At the initial stage of this defect the microcracks occur. In consequence, apart from rail burning, the conditions for formation of single squat defects appear. The rail burning is symmetric on both rails and may be detected by visual field tests. In order to remedy the problem the visual monitoring, grinding, or immediate replacement of the rail is recommended [6].

3. CHARACTERISTICS OF THE ANALYZED RAILWAY LINES

The analysis of particular rail defects was carried out on five railway lines different in conditions, positions and technical-operating parameters. The selected railway lines are presented considering the areas of operation of particular Polish Railway Lines Plants (Fig. 4).

The first considered line is the railway line No. 9,

Przyczyny powstawania wad typu squat nie są jeszcze do końca poznane. Określono, że pęknięcia wzdłużne powiązane są z występowaniem białej warstwy bezpostaciowego martenzytu na powierzchni tocznej szyn [5]. Badania te wykazały, że w większości, zaobserwowano zahamowanie rozwoju mikropęknięć wad typu squat przekraczających strefę białej warstwy martenzytu do materiału rodzimego główki szyny. Zauważono również, że wady w warstwie rodzimej zmieniają kierunek degradacji z niemal prostopadłego na bardziej poziome. W rozwoju wady typu squat dominują siły zgniatające, symetryczne w stosunku do osi poprzecznego przekroju szyny. Kierunek rozwoju pęknięć typu squat zależy od kierunku działania największych naprężeń ścinających panujących pod powierzchnią główki szyny [5].

Według analiz przeprowadzonych w celu poznania przyczyn powstawania wad typu squat stwierdzono, że na powierzchni tocznej główki szyny istnieją nierówności i mikronierówności, które są istotnym czynnikiem wpływającym na powstawanie wad squat. Wszelkie urządzenia biorące udział w produkcji szyn posiadają pewną klasę błędu jak również wyrób ostateczny w postaci szyny kolejowej posiada odchyłki producenta. Nierówna powierzchnia główki szyny sprzyja miejscom szczególnie narażonym na powstawianie i rozwój wad typu squat [9].

Uszkodzenie squat można wykryć wizualnie oraz poprzez badania ultradźwiękowe. Zalecenie do tego uszkodzenia są następujące: obserwacja, szlifowanie, wymiana albo natychmiastowa wymiana szyny [5].

2.3. Wybuksowania

Wady 2252 i 2251 zawarte w Katalogu Wad w Szynach PLK są to wybuksowania powstające poza końcami szyn na środku główki szyny (rys. 3.).

Wybuksowanie jest to uszkodzenie wynikające całkowicie z eksploatacji szyn kolejowych. Najczęściej zauważalne jest na odcinkach toru, gdzie składy kolejowe dokonują gwałtownych hamowań a za ich przyczyną następuje poślizg kół na powierzchni tocznej szyny. Do takich zjawisk dochodzi gdy prędkość pociągu jest mała a prędkość obwodowa kół pociągu bardzo duża. W początkowym etapie tej wady powstają mikropęknięcia, które tworzą warunki do powstawania oprócz wybuksowań pojedynczych wad typu squat. Wybuksowanie występuje symetrycznie na obu tokach szynowych i wykrywane jest za pomocą badań poligonowych – wizualnych. Zalecenia to: obserwacja, szlifowanie, wymiana lub natychmiastowa wymiana szyny [6].

3. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANYCH LINII KOLEJOWYCH

Analizę poszczególnych uszkodzeń szyn przeprowadzono na podstawie pięciu linii kolejowych o zróżnicowanych uwarunkowaniach, położe-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

connecting the stations of Warszawa Wschodnia Osobowa - Gdańsk Główny. The line has been modernized in 2006 - 2014 with a view to increase allowable speed to 200 km/h. The line No. 9 is of national significance for the passenger transport, its length is 323.393 km. Another line is the line No. 131 - the most heavily loaded with freight traffic in Poland. The annual carrying load is about 30 Tg. Formerly known as the coal trunk-line currently it connects the towns of Chorzów Batory and Tczew. The length of the railway line No. 131 is 493.391 km.

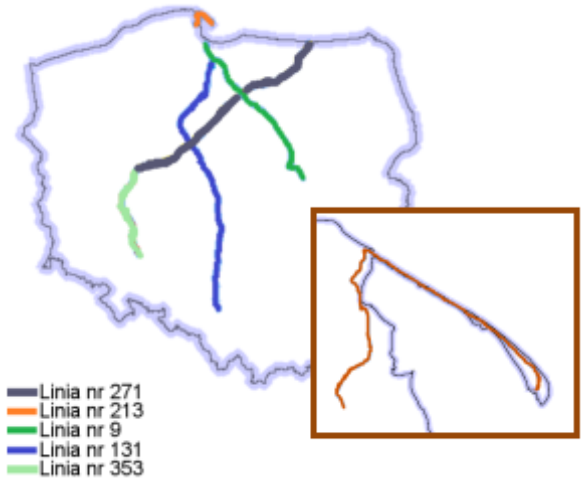

Fig. 4. The considered railway lines
Source: own elaboration based on [3]
Rys. 4 – Analizowane linie kolejowe
Źródło: opracowanie własne na podstawie [3]

The other line No. 213 crosses the Pomeranian province and connects the stations Reda and Hel. It is a regional, non-electrified line, whose revitalization lasts from 2007 to the present. The length of the railway line 213 is 62.827 km.
In turn, the railway line No. 271 is a fully electrified line of national meaning. Maximum speed of the trains amounts to 160 km/h. The line 271 connects Wrocław Główny and Poznań Główny stations, its length is 164.454 km.
The last of the considered lines is No. 353, located in the Greater Poland, Kuyavian-Pomeranian and Warmian-Masurian provinces. The line of the length 389.975 km is partially electrified, it connects the stations Poznań East – Skandawa.

4. RESULTS OF THE ANALYSIS

During quantitative analysis of the surface defects the ratio of freight to passenger trains running on the selected railway lines has been taken into account. Another factor that has been considered in the analysis of damages to running surfaces was the type of rail on which the defects arise. In addition, the average lengths of the individual defects were highlighted. Special attention was paid to the specific locations in the track geometry that are particularly exposed to these defects.

niu i parametrach techniczno – eksploatacyjnych. Wybrane linie kolejowe zostały przedstawione w obszarach działania Zakładów Polskich Linii Kolejowych (rys. 4.).

Pierwszą linią poddaną analizie jest linia kolejowa nr 9 łącząca stacje Warszawa Wschodnia Osobowa – Gdańsk Główny, która została zmodernizowana w latach 2006 – 2014 do prędkości 200 km/h. Linia nr 9 ma znaczenie krajowe w przewozach pasażerskich a długość jej wynosi 323,393 km. Kolejną linią jest linia nr 131 – najbardziej obciążona linia ruchem towarowym w Polsce. Roczne przeniesione obciążenie wynosi ok. 30 Tg. Dawniej zwana magistralą węglową obecnie łączy miasta Chorzów Batory – Tczew. Długość linii kolejowej nr 131 wynosi 493,391 km.

Następną jest linia nr 213, przebiega w województwie pomorskim i łączy stacje Redę i Hel. Jest linią znaczenia regionalnego, niezelektryfikowaną, której rewitalizacja trwa od 2007 roku do chwili obecnej. Długość linii kolejowej nr 213 wynosi 62,827 km.

Linia kolejowa nr 271 jest w pełni zelektryfikowana linią o znaczeniu krajowym na której prędkość maksymalna pociągów wynosi 160 km/h. Linia 271 łączy stacje Wrocław Główny i Poznań Główny a długość jej wynosi 164,454 km.

Ostatnią z analizowanych linii jest 353, która położona jest w trzech województwach: wielkopolskim, kujawsko – pomorskim i warmińsko – mazurskim. Częściowo zelektryfikowana, łącząca stacje Poznań Wschód – Skandawa. Linia o długości 389,975 km.

4. WYNIKI ANALIZY

W analizie ilościowej wad powierzchniowych został uwzględniony stosunek rodzajów pociągów towarowych i pasażerskich występujących na wybranych liniach kolejowych. Kolejnym czynnikiem, który został poddany analizie w kontekście uszkodzeń powierzchni tocznych był typ szyny na której te uszkodzenia występują. Dodatkowo wyszczególniono średnie długości poszczególnych uszkodzeń oraz zwrócono uwagę na szczególne miejsca w geometrii toru narażone na występowanie omawianych wad.

4.1. Średnia liczba wad występujących na toku szynowym

Średnią liczbę wad występujących na toku szynowym wyznaczono z zależności:

$$SW_k = \frac{\sum w_k}{L_c \cdot n_t} \tag{1}$$

gdzie:
SW_k – średnia liczba wad określonej kategorii

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

4.1. Average number of the defects occurring at the rail section

The average number of the defects occurring at the rail section is determined from the relationship:

where:

SW_k – average number of the defects of a specific category;

w_k – the defect of a specific category;

L_c – length of the railway line;

n_t – number of the rail sections.

Average numbers of occurrence of particular defects at the 10km long rail section is presented in Fig. 5.

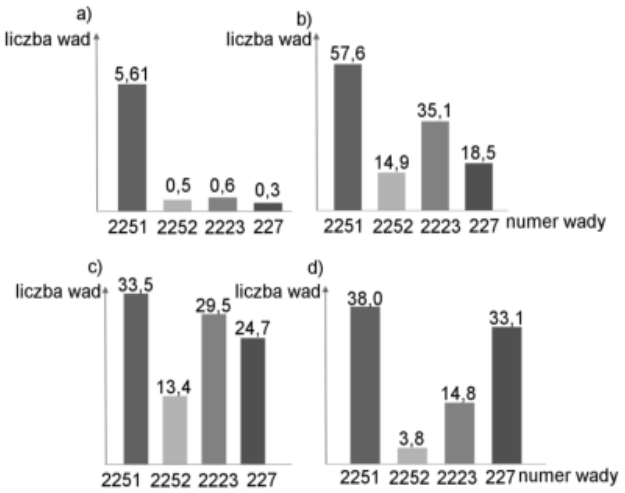

Fig. 5. Average numbers the defects occurring at the 10km long rail section of the selected railway line

a) – line No. 9
b) – line No. 131
c) – line No. 271
d) – line No. 353

a) – linia nr 9
b) – linia nr 131
c) – linia nr 271
d) – linia nr 353

Rys. 5 - Średnia liczba wad występująca na 10 km toku szynowego wybranej linii kolejowej

The most common defects arising on the considered lines of Polish Railway Lines are rail burns. On the most trafficked lines, their frequency reaches even up to five burns per 1 km. The most common are single rail burns, occurring also on new upgraded lines such as the line No. 9 Warszawa Wschodnia Osobowa - Gdańsk Główny. Among the most frequent defects there are also the squats. Unfortunately, based on the analysis of the lines it is difficult to determine the relationship between the squat defect frequency and the line load or infrastructure condition [8].

4.2. Average number of the defects depending on the rail type

An additional criterion in the analysis was the rail type. Table 1 shows the lengths of the rail sections (of 49E1, S49, 60E1 and UIC60 types) on selected railway lines. Figure 6 presents the average numbers of the defects occurring on particular types of the rails. The line No. 213 Reda-Hel was omitted as only one rail type i.e. 49E1 is used there.

w_k – wada określonej kategorii

L_c – długość linii kolejowej

n_t – liczba toków szynowych

Na rysunku 5 przedstawiono średnią wartość występowania poszczególnych uszkodzeń na 10 km toku szynowego.

Wadą najczęściej występującą na analizowanych liniach położonych na sieci Polskich Linii Kolejowych są wybuksowania. Na liniach najbardziej obciążonych ich częstotliwość występowania dochodzi nawet do 5-ciu wybuksowań na 1 km toku. Najczęściej występujące są to wybuksowania pojedyncze, które zauważane są również na nowych, zmodernizowanych liniach takich jak linia nr 9 Warszawa Wschodnia Osobowa – Gdańsk Główny. Do wad najczęściej występujących można zaliczyć również squat. Na przeanalizowanych liniach, trudno określić zależność częstotliwości występowania wad typu squat od obciążenia linii czy stanu technicznego infrastruktury [8].

4.2. Średnia liczba wad w zależności od typu szyny

Dodatkowym kryterium poddanym analizie był typ szyny. W tabeli 1 przedstawiono długości toków szynowych (typ 49E1, S49 i 60E1, UIC60) na wybranych liniach kolejowych. Na rysunku 6 przedstawiono średnią liczbę wad na poszczególnych typach szyn. Do analizy nie przyjęto linii nr 213 Reda – Hel ponieważ występuję na niej jeden typ szyny – 49E1.

Table 1 – The lengths of rail sections depending in the rail type

Tabela 1 - Długość toków szynowych w zależności od typu szyny

Line No.	The lengths of rail sections	
	The rails 49E1, S49 [km]	The rails 60E1, UIC60 [km]
Lined No. 9	210	1083
Line No. 131	6,5	1967
Line No. 213	63	0
Line No. 353	297	1263

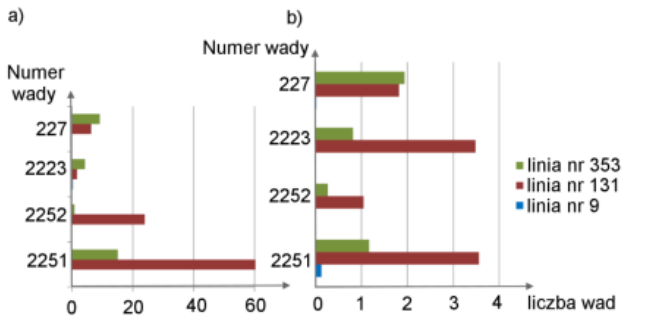

Fig. 6. Average number of the defects (227, 2223, 2252, 2251) per 1 kilometer of the rail a) 49E1, S49; b) 60E1, UIC60

Rys. 6 – Średnia liczba wad (227, 2223, 2252 i 2251) na długości 1 km szyny: a) 49E1, S49; b) 60E1, UIC60

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

It was found, based on the analysis of the defects depending on the rail type, that the most defects of rail burning type occur at the 49E1 rail on the line No. 131 – more than 60 defects are observed on 1 kilometer rail section. Such a large number of the rail burns as compared to other defects occurring on the line No. 131 is due to poor technical condition of the infrastructure and the age of the rails. These rails are located at 6 km long section on the premises of the Polish Railway Lines Plant in Tarnowskie Góry. This is the only section along the entire line No. 131 that has not been revitalized.

In case of the 60E1-type rails the problem of rail burning is no longer evident. Average number of the defects on the 131-line amounts to 3.5 defects per 1 km of the 60E1 rail.

After two years of operation of the modernized line No. 9 many rail burns have been observed during the diagnostics of the entire line. On new rails (60E1) average number of the defects amounts about to 0.25 defect per 1 km. On average one rail burn falls per 1 km of double track line No. 9 on 60E1 rails [8].

4.3. Traffic volume

An additional analyzed factor pertained to the number of trains circulating on the considered railway lines. Table 2 shows a compilation of the passenger and freight trains serving as a basis for determining the traffic volume existing on the analyzed lines.

Table 2 – Daily numbers of the trains circulating on selected railway lines

Tabela 2 – Dobowa liczba pociągów na wybranych liniach kolejowych

Line No.	Passenger trains [number]	Freight trains [number]
9	20 – 50	2 – 10
131	20 – 50	above 40
271	50 – 80	10 – 20
353	20 – 50	20 – 30
213	10 – 20	1 – 2

Source: own elaboration based on [7]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

The railway line carrying the heaviest traffic in Poland, about 30 Tg/year, is the line No. 131. On the other hand, the least traffic, equal about to 4 Tg/year, occurs on the line No. 213. The table shows the numbers of the trains on selected railway lines, divided into passenger and freight trains. Taking into account the freight traffic, it is the most intense on the line No. 131. The largest number of passenger trains occurs on the line No. 271 [8].

4.4. Average length of the defects

The defects vary in size and shape. In case of the head checking defects it is difficult to determine the shape of the gap arising inside of the rail head. Nevertheless,

Na podstawie analizy występujących wad w zależności od typu szyny, stwierdzono, że najwięcej wad typu wybuksowanie występuje na szynach typu 49E1 linii 131 – ponad 60 wad na odcinku 1 kilometra. Tak duża liczba wybuksowań na tle innych wad występujących na linii 131, spowodowana jest złym stanem technicznym infrastruktury oraz wiekiem szyn. Szyny te stanowią 6-cio kilometrowy odcinek położony na terenie Zakładu Polskich Linii Kolejowych w Tarnowskich Górach. Jest to jedyny odcinek na całej długości linii 131, który nie został jeszcze poddany rewitalizacji.

Na szynach typu 60E1, problem wybuksowań nie jest już tak zauważalny. Średnia liczba wad typu wybuksowanie dla linii 131 wynosi 3,5 wady na 1 km toku szyny 60E1.

Po dwóch latach eksploatacji zmodernizowanej linii nr 9, podczas diagnostyki nawierzchni zarejestrowano na całej linii liczne wybuksowania. Na nowych szynach (60E1) średnia liczba wad wynosi około 0,25 wady na 1 km toku szynowego. Średnio na 1 km linii dwutorowej nr 9 występuje jedno wybuksowanie na szynach 60E1 [8].

4.3. Natężenie ruchu

Dodatkowym czynnikiem, który został poddany analizie była liczba pociągów poruszających się po omawianych liniach kolejowych. W tabeli 2 przedstawiono zestawienie pociągów pasażerskich i towarowych za pomocą którego określono natężenie ruchu na analizowanych liniach.

Najbardziej obciążoną linią kolejową w Polsce jest linia nr 131 – około 30 Tg/ rok, natomiast najmniej obciążoną jest linia nr 213 – około 4 Tg/ rok. W tabeli przedstawiono zestawienie liczby pociągów na wybranych liniach kolejowych z podziałem na pociągi pasażerskie i towarowe. Pod względem przejazdów towarowych najbardziej natężoną ruchem jest linia 131, natomiast największa liczba przejazdów pociągów pasażerskich występuje na linii nr 271 [8].

4.4. Średnia długość wad

Wady przybierają różne wielkości i kształty. W wadach typu head chcecking trudno określić kształtem szczeliny występujące po wewnętrznej stronie główki szyny jednak dążono do określenia średniej długości tych wad na podstawie udostępnionych danych. Na linii 131 zarejestrowano najdłuższe wady typu head checking, które wynosiły nawet do 30 m długości.

Kolejną analizowaną wadą były wybuksowania – pojedyncze i wielokrotne. Średnia długość tych wad na analizowanych liniach wyniosła 1,73 m – pojedyncze wybuksowania i 4,82 m – wielokrotne wybuksowania.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

the efforts were made to determine the average length of these defects based on the available data. On the line No. 131 the longest head checking defects have been observed, reaching even up to 30 m.

Single and multiple rail burns were among another considered defects. The average length of these defects appearing on the analyzed lines was 1.73 m for single defects and 4.82 m for multiple ones.

The SQUAT defect sizes were usually similar to the others. The average length of this defect was 0.78 m [8].

4.5. Locations of the defects occurrence

In the course of the analysis the places particularly susceptible to develop the defects have been indicated. Based on the data, the locations of the head checking defects were determined. Their significant number occurred before the curves and at the straight inserts. The head checking was also observed on small radius curves. Selected sections of the line No. 9 may serve as an example of it, where these defects were the most numerous [8].

Occurrence of another defect, namely the rail burn, is not so obvious. The largest number of rail burns was observed on straight track sections, in particular, near the operating points such as railway stations, freight and passenger traffic points, and rail and road crossings. On the lines revitalized in recent years and on heavily worn lines, the rail burns occur irrespective of track geometry. A relationship may be noticed between the rail burn occurrence on modernized lines, where the track geometry has changed, and the lines used for 30 years. On the modernized lines, the track geometry is designed with consideration of semaphore locations in straight sections. Due to many brakings in front of home signals, the number of defects in these points increases. Furthermore, the rail burns occur symmetrically on both rails, however, on new lines the defects differ in length, while on the lines already operated the defect lengths are usually equal.

5. SUMMARY

Defects of the rail running surface are amongst the most severe problems of railway track superstructure diagnostics. An additional problem consists in the fact that the phenomena and causes of these defects are not fully recognized. Their occurrence significantly affects the safety of rail traffic control, taking into account possible rail cracks. Therefore, extensive diagnostics improves the safety level.

On the analyzed lines, the average frequency of the defects varied from a few to several ones per 1 km of the rail length. Single rail burns were the most common. They also appeared on new lines, modernized in recent years as well as on the worn and

Uszkodzenia typu SQUAT miało najczęściej zbliżoną wielkość do pozostałych. Średnia długość tego uszkodzenia wyniosła 0,78 m [8].

4.5. Miejsca występowania wad

W przeprowadzonej analizie wyszczególniono miejsca podatne na powstawanie poszczególnych wad. Na podstawie danych, określono miejsca położenia wad typu head checking, gdzie znaczna ich liczba występowała przed łukami oraz na wstawkach prostych. Head checking zarejestrowano również na łukach o małych promieniach a przykładem mogą być wybrane odcinki geometrii linii nr 9, gdzie tych wad odnotowano najwięcej [8].

Występowanie kolejnej wady jaką jest wybuksowanie, nie jest już tak oczywiste. Największa liczbę wybuksowań zarejestrowano na odcinkach prostych toru w szczególności w pobliżu punktów eksploatacyjny takich jak: stacje kolejowe, punkty eksploatacyjne w ruchu towarowym i pasażerskim oraz przejazdy kolejowo – drogowe. Na liniach poddanych rewitalizacji w ostatnich latach oraz na liniach znacznie wyeksploatowanych, wybuksowania występują na każdym elemencie geometrii. Można wyodrębnić zależność pomiędzy liniami zmodernizowanymi, gdzie nastąpiła również zmiana geometrii a liniami eksploatowanymi od 30-stu lat. Na liniach poddanych modernizacji, projekty geometrii toru uwzględniają usytuowanie semaforów na odcinkach prostych. Ze względu na dokonywane hamowania składów przed semaforami wjazdowymi liczba wad w tych punktach wzrasta. Dodatkowo położenie wybuksowań występuje na obu tokach symetrycznie, jednak na nowych liniach kolejowych wady różnią się długością natomiast na liniach eksploatowanych długość ich przeważnie jest jednakowa.

5. PODSUMOWANIE

Wady powierzchni tocznej szyn są jednym z największych problemów diagnostyki nawierzchni kolejowej. Dodatkowym problemem jest fakt, że niezupełnie poznane są zjawiska i przyczyny powstawania tych uszkodzeń. Występowanie ich istotnie wpływa na bezpieczeństwo sterowania ruchem kolejowym w kontekście załamań szyn a efektem zwiększania diagnostyki jest zwiększenie poziomu bezpieczeństwa.

Na analizowanych liniach średni poziom częstotliwości występowania wad wahał się od kilku do nawet kilkunastu wad na 1 km toku szyny. Najczęściej zarejestrowane zostały pojedyncze wybuksowania. Występowały one również na liniach nowych, których modernizacja przebiegała w ostatnich latach jak i na liniach wyeksploatowanych i poddanych częściowej rewitalizacji.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

partially revitalized lines.

During the analysis the coefficients of correlation between the rail type, the line traffic volume and number of the defects were determined. In case of 60E1 and UIC60 rails the correlation coefficient amounted to -0.78, representing significant dependence. For the S49 and 49E1 rails the coefficient is -0.59. Inverse correlation indicates that the use of 60E1 and UIC60 rails in new investments shall contribute to reduction of the fault frequency as compared to the 49E1 and S49 rails. In addition, a close relationship between the line traffic intensity and the number of the defects is observed. In case of the passenger trains the correlation coefficient amounts to 0.25, taking the value of 0.79 for the freight trains. Thus, the increase in daily number of freight trains will cause significant deterioration in technical conditions of the running surface of railway rails.

The presented analysis of individual factors indicates that the problem of reliable identification of the rail defect causes is not a simple problem.

W przeprowadzonej analizie określono współczynniki korelacji pomiędzy typem szyny, panującym natężeniem na linii a liczbą występujących wad. Dla szyn typu 60E1 i UIC60 współczynnik korelacji wyniósł -0,78 – znaczna zależność, natomiast dla szyn typu S49 i 49E1 – -0,59. Korelacja odwrotna pozwala stwierdzić, że zastosowanie szyn typu 60E1 i UIC60 w nowych inwestycjach powoli na zmniejszenie częstotliwości występowania analizowanych wad w stosunku do szyn typu 49E1 i S49. Dodatkowo, występuje ścisła zależność pomiędzy natężeniem panującym na linii a liczbą występujących wad. Dla ruchu pociągów pasażerskich współczynnik korelacji wyniósł 0,25, natomiast dla pociągów towarowych 0,79. Wzrost liczby przejazdów składów towarowych na dobę, spowoduje znaczne pogorszenie warunków technicznych powierzchni tocznych szyn kolejowych.

Przedstawiona analiza poszczególnych czynników wskazuje, że problem jednoznacznego identyfikowania przyczyn występowania wad w szynach nie jest zagadnieniem prostym.

Bibliography

Bibliografia

[1] *Katalog wad w szynach. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005.*

[2] *Li, Z.: Squats on railway rails. In R Lewis & U Olofsson (Eds.), Wheel-rail interface handbook (pp. 409-436). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2009.*

[3] *Mapa Interaktywna Linii Kolejowych.*

[4] *Pacyna J., Krawczyk J.: Mechanizm powstawania uszkodzeń typu „head checking" w szynach kolejowych typu UIC60 obrobionych cieplnie. XIX Konferencja Naukowo-Techniczna Huty Katowice S.A., listopad 1999, Rogoźnik, s. 149-164.*

[5] *Pacyna J., Krawczyk J.: Mechanizm powstawania uszkodzeń typu „squat" w szynach kolejowych. XIX Konferencja Naukowo-Techniczna Huty Katowice S.A., listopad 1999, rogoźnik, s. 126-147.*

[6] *Pacyna J., Krawczyk J.: Mechanizm powstawania uszkodzeń typu „wybuksowanie" i „zużycie faliste" w szynach kolejowych. XIX Konferencja Naukowo-Techniczna Huty Katowice S.A., listopad 1999, Rogoźnik, s. 118-125.*

[7] *Rosik P., Kowalczyk k.: Rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej a przesunięcie modalne w Polsce w latach 2000 – 2010. PAN IGiP, Warszawa 2015.*

[8] *Wady na liniach 9, 131, 271, 213, 353. Dane udostępnione przez Centrum Diagnostyki Polskich Linii Kolejowych w Warszawie.*

[9] *www.innotrack.eu.*

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl