

ANALIZA NIEZAWODNOŚCI W ASPEKCIE RAMS ROZJAZDÓW KOLEJOWYCH Z PODKŁADKAMI PODPODKŁADOWYMI¹

Ewelina KWIATKOWSKA

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

W niniejszym referacie przedstawiono zagadnienie normowych specyfikacji niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa (RAMS) w zastosowaniu kolejowym. Proces inwestycji kolejowych finansowanych przez Unię Europejską wymaga integracji zarządców infrastruktury kolejowej UE w zakresie między innymi bezpieczeństwa i dostępności sieci. Kluczowym zagadnieniem RAMS związanego z koleją jest zapewnienie niezawodności i bezpieczeństwa utrzymaniowego oraz jakości eksploatacyjnej i utrzymaniowej.

W pracy przedstawiono analizę możliwości zastosowania podkładek podpodkładowych w rozjazdach w celu wydłużenia niezawodności eksploatacyjnej rozjazdów poprzez redukcję zużycia rozjazdu. Przedstawiono zasadę pracy materiału podkładek podpodkładowych w zastosowanym w torze kolejowym. Podkładki podpodkładowe, jako element systemu poddawane są ocenie funkcjonalnej i jakościowej, determinującej celowość stosowania materiałów o niezmiennych parametrach technicznych podczas eksploatacji.

Słowa kluczowe: RAMS kolejowy, jakość, dynamika toru.

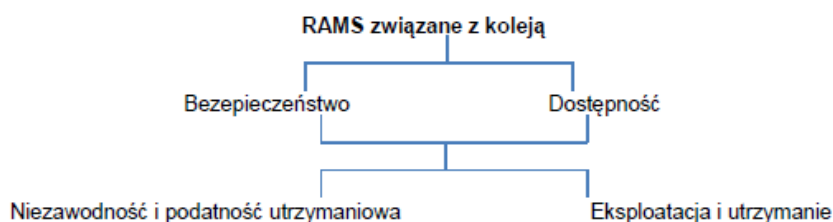
1. RAMS

Wprowadzana w polskich kolejach procedura RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Safety) obejmująca specyfikację niezawodności (R), dostępności (A), podatności utrzymaniowej (M) i bezpieczeństwa (S), przyczynia się do poprawy jakości świadczonych usług przez zarządców kolei. Techniki RAMS składają się z następujących elementów: analizy związku między RAMS związanym z koleją a jakością usług, elementy składowe RAMS, czynniki mające wpływ na RAMS i środki do ich uznania, ryzyko i nienaruszalność bezpieczeństwa.

RAMS jest cechą długoterminowego działania całego systemu kolei i osiągnięcia go za pomocą konceptów technicznych, metod, narzędzi w cyklu życia systemu. RAMS to jakościowy i ilościowy wskaźnik informujący, że cały system kolei lub składnik systemu kolei będzie funkcjonował bezpiecznie i dostępne dla zarządców i użytkowników.

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2017.25.20

Celem systemu kolejowego, w którego skład wchodzi między innymi infrastruktura, tabor, sterowanie, energetyka, jest uzyskanie określonego poziomu ruchu kolejowego w danym czasie który może odbywać się w bezpieczny sposób. RAMS opisuje zatem stopień pewności osiągnięcia bezpieczeństwa oraz wpływa na jakość systemu dostarczonego do klienta. Wzajemne powiązaniem elementów RAMS związanego z koleją przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Wzajemne powiązania elementów RAMS związanego z koleją

Dostępność zgodnie z RAMS to: niezawodność w zakresie wszystkich możliwych awarii, prawdopodobieństwo wystąpienia awarii oraz wpływ awarii na funkcjonowanie systemu. Przez dostępność należy rozumieć podatność utrzymaniową w czasie realizacji zaplanowanej konserwacji, czas na wykrycie i identyfikację oraz zlokalizowanie awarii oraz czas na naprawę systemu i jego utrzymanie.

Bezpieczeństwo RAMS to możliwe zagrożenia w systemie we wszystkich trybach obsługi i utrzymania oraz powagi ich konsekwencji. Czynniki wpływające na RAMS to warunki systemowe, eksploatacyjne i konserwacyjne [5].

Do warunków systemowych niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa należą cechy techniczne elementu systemu kolei [1]. Niezawodność nawierzchni kolejowej to prawdopodobieństwo spełnienia przez nią stawianych jej warunków, przy zachowaniu jej trwałości w czasie lub przy obciążeniu projektowanym. Niezawodność to również prawdopodobieństwo, że wartości wielkości określających jej istotne właściwości nie przekroczą dopuszczalnych granic, w określonych warunkach konstrukcyjno-utrzymaniowych.

Zgodnie z [3] trwałość podstawowych elementów konstrukcji nawierzchni kolejowej określanych w funkcji przenoszonego obciążenia całkowitego wynoszą:

- dla szyny 60E1:
 - na prostej to 500 Tg,
 - na łuku o promieniu 300 metrów nie przekracza 130 Tg,
- dla podkładów strunobetonowych:
 - na prostej 500 Tg,
- dla podsypki – 250 Tg.

Intensywność zużycia szyn w łukach o promieniu 300 m odpowiadających promieniom łuków najczęściej stosowanych w rozjazdach nie przekracza 130 Tg zmniejszając niezawodność konstrukcji rozjazdu.

1.1. Trwałość rozjazdu

Uszkodzenia nawierzchni kolejowej na długości rozjazdu są bardziej złożone niż uszkodzenia na odcinkach toru poza nim i przebiegają znacznie szybciej. Przyspieszona degradacja szyn w rozjeździe spowodowana jest większymi oddziaływaniami dynamicznymi pojazdów szynowych w miejscach nieciągłości toków. W części zwrotnicowej najbardziej niebezpieczne uszkodzenia to: nieprzyleganie iglicy do opornicy, wykruszenia na powierzchni tocznej iglicy i opornicy. W części krzyżownicy wadami i uszkodzeniami rozjazdu powodujące konieczność wprowadzenia ograniczonej eksploatacji są: zgniecenie dzioba krzyżownicy, pęknięcie krzyżownicy, spływ w żłobkach szyn skrzydełkowych. Podrozjazdnice strunobetonowe w części krzyżownicowej poddawane są nierównomiernemu obciążeniu dynamicznemu co powoduje pęknięcia poprzeczne.

Wyniki badań wykazują, że zwiększenie zużycia szyn w rozjeździe spowodowane jest między innymi zmianą sztywności konstrukcji nawierzchni torowe między torem, a rozjazdem [2]. Rozjazd jest niesymetryczny, składa się z elementów ruchomych zmniejszających sztywność konstrukcji, a zagęszczenie podsypki pod podrozjazdnicami nie zapewnia ciągłego podparcia. Rozjazd przenosi niesymetryczne obciążenie dynamiczne szczególnie w części krzyżownicowej, powodując nierównomierne zwiększenie deformacji pionowych i poziomych.

Redukcję efektu progowego spowodowanego zmianą sztywności nawierzchni toru i nawierzchni rozjazdu w ich połączeniu wywołującego wzrost siły dynamicznej w części zwrotnicowej można uzyskać przez wprowadzenie warstwy tłumiącej przed rozjazdem i na jego długości. Jednym z rozwiązań redukujących efekt progowy na dojeździe do i na długości rozjazdu są elastyczne podkładki podpodkładowe stosowane pod podkładami i podrozjazdnicami.

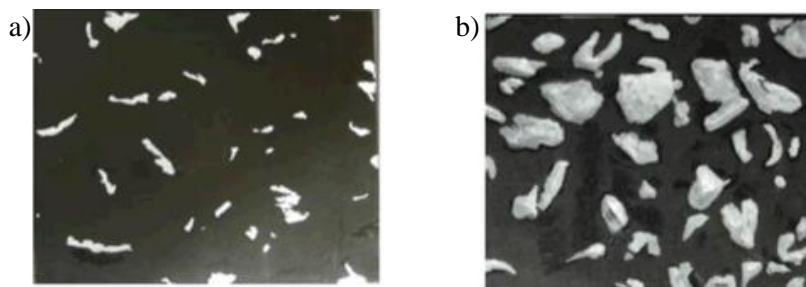
2. ROZJAZD Z PODKŁADKAMI PODPODKŁADOWYMI

Podkładki podpodkładowe (PPP) stosowane są na sieci kolei pod zarządem PKP PLK S.A. w celu redukcji drgań odtorowych i wydłużenia trwałości rozjazdów od 2014 r. Zasada pracy podkładek podpodkładowych jest następująca: ziarna podsypki tłuczniowej zagłębiają się w sprężystą warstwę wibroizolacyjną, tworząc układ mas sprężystych redukujących vibracje i zwiększających powierzchnie kontaktu podrozjazdnicy z podsypką powodują zwiększenie oporu na przesuw poprzeczny.

W wyniku zastosowania podkładek podpodkładowych następuje zmniejszenie oddziaływań dynamicznych w strefie krzyżownicowej w podrozjazdnicach w wyniku zwiększenia powierzchni kontaktu podrozjazdnicy z podsypką. Zwiększenie powierzchni kontaktu podrozjazdnicy z podsypką następuje w wyniku zagłębienia

się ziaren podsypki w sprężystą warstwę PPP. Powierzchnia kontaktu podrozdnic z podsypką tłuczniołą wynosi około 5%, przy zastosowaniu PPP powierzchnia kontaktu podrozdnic z podsypką tłuczniołą wynosi około 20% [3].

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań powierzchni kontaktu podkładu z podsypką tłuczniołą [3]. Analiza polegała na pomiarze powierzchni kontaktu podkładu z podsypką tłuczniołą bez podkładki podpodkładowej oraz z podkładką podpodkładową o grubości 8 mm. Określenie powierzchni kontaktu przeprowadzono dla podkładu bez i z PPP z pomalowaną spodnią powierzchnią na czarno oraz podsypki tłuczniołej z pomalowaną na biało górną powierzchnią. Podkład z i bez PPP został ułożony na pomalowanej powierzchni podsypki tłuczniołej i poddany obciążeniu 112 [kN] (rys. 3). Po zdjęciu obciążenia przeprowadzono pomiar powierzchni odcisków ziaren tłucznia w odniesieniu do powierzchni podkładu [6].



Rys. 2. Powierzchnia kontaktu podrozdnic z tłuczniołą, a) podrozdnic bez podkładki podpodkładowej (kontakt wynosi około 5%), b) podrozdnic z podkładką podpodkładową kontakt (wynosi około 20%)

W wyniku zastosowania podkładek podpodkładowych pod podrozdnicami następuje zwiększenie oporu na przesuw poprzeczny. Zwiększenie oporu na przesuw poprzeczny w rozjeździe jest szczególnie ważne w części krzyżownicowej rozjazdu, przy ruchu pojazdów po torze zwrotnym. Na rysunku 4 przedstawiono stanowisko badawcze do pomiaru oporu toru na przesuw poprzeczny. Eksperyment przeprowadzono przy zastosowaniu podkładów strunobetonowych z podkładkami podpodkładowymi i bez PPP [6].

Badanie przedstawione na rysunku 4 przeprowadzono na dwóch typach podkładów. Pierwszy typ to podkłady strunobetonowe bez wibroizolacji (bez PPP). Drugi typ to podkłady z izolacją antywibracyjną typu G04 V05 (z PPP). Badanie porównawcze dwóch typów podkładów miało na celu określenie wielkości średniej siły wymuszającej przesuw toru o 2 mm wywołanych siłą poziomą wynoszącą 97 kN z częstotliwością 4 Hz, siła docisku podkładu do podsypki wynosiła 8 kN. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 1 [6].



Rys. 3. Stanowisko badawcze powierzchni kontaktu podrozdnic z ziarnami tłucznia



Rys. 4. Stanowisko badawcze oporu porzecznego podrozdnic z PPP w korycie podsypkowym

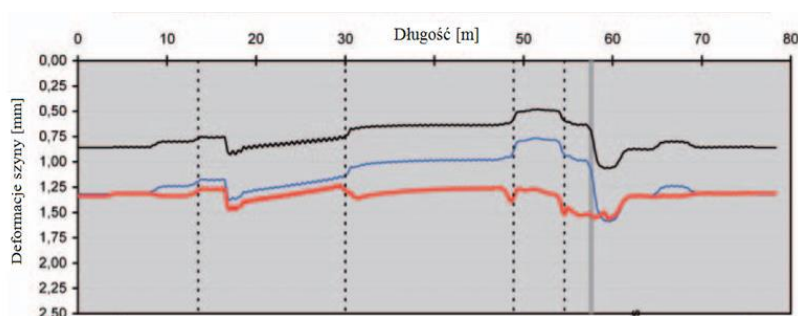
Tab. 1. Wyniki badań oporu na przesuw poprzeczy podkładu z PPP i bez PPP

Typ podkładów	Wskaźnik przesuwu podkładu o 2 mm, wartość średnia [kN]
Betonowy bez PPP	6,4
Betonowy z PPP	8,3

Zwiększenie powierzchni kontaktu podrozdnicy z podsypką w wyniku zagłębienia się ziaren z sprężystą warstwą podkładki podpodkładowej powoduje zwiększenie oporu na przesuw porzeczny.

Zastosowanie PPP w rozjeździe redukuje efekt progowy zmiany sztywności toru, deformację pionową i poziomą w rozjeździe wywołane ruchem eksploatacyjnym, utrzymując pełną zdolność eksploatacyjną rozjazdu wynikającą ze wzrostu trwałości konstrukcji.

Podczas eksploatacji rozjazdu następuje nierównomierne zużywanie się części rozjazdu, powodujące konieczność prowadzenia prac utrzymaniowych ograniczających zdolność eksploatacyjną. Wielkość obciążeń dynamicznych w strefie krzyżownicowej jest największa i wynika z utraty kontaktu koła z szyną podczas przejazdu przez dziób krzyżownicy i niesymetrycznego obciążenia podrozdnic. Nierównomierne zużywanie się rozjazdu można zmniejszyć poprzez stosowanie PPP w rozjazdach o różnej sztywności statycznej i dynamicznej. Na rysunku 5 przedstawiono wyniki symulacji numerycznych obrazujących zwiększenie deformacji pionowych na długości rozjazdu bez PPP kolor czarny, z PPP o jednej sztywności kolor niebieski oraz rozjazd z PPP o różnej sztywności statycznej i dynamicznej materiału PPP na długości rozjazdu [6].



Rys. 5. Wyniki badań deformacji pionowych na długości rozjazdu. Linia czarna rozjazd bez PPP, linia niebieska rozjazd z jednym typem PPP, linia czerwona rozjazd z PPP o różnej sztywności

Wyniki badań przedstawione na rysunku 5 wykazały, że zastosowanie PPP o różnej sztywności ogranicza wzrost deformacji pionowych w części krzyżownicowej rozjazdu. Redukcja zwiększenia deformacji pionowych w krzyżownicy powoduje zmniejszenie oddziaływania dynamicznego w krzyżownicy. Zmniejszenie deformacji pionowych w rozjeździe poprawia jakość eksploatacją poprzez wydłużenie trwałości rozjazdu.

Wydłużenie trwałości rozjazdu wpływa na utrzymanie pełnej zdolności eksploatacyjnej linii kolejowej uzależnionej od jakości eksploatacyjnej. O jakości eksploatacyjnej nawierzchni kolejowej decyduje: charakterystyka niezawodności i trwałości eksploatacyjnej, podatności utrzymaniowo-naprawczej oraz charakterystyka ekonomiczna eksploatacji nawierzchni.

Zastosowanie podkładek podpodkładowych zwiększa koszt wbudowania nowych rozjazdów. Konstrukcja stalowa rozjazdu nie ulega zmianie przy zastosowaniu

PPP, w związku z czym koszt jej się nie zmienia. Wzrasta natomiast koszt podrozjazdnic strunobetonowych od 70 – 130% przy zastosowaniu PPP. Cena podrozjazdnic powiększona jest o koszt materiału wibroizolacyjnego i jego montażu. Ceny materiałów wibroizolacyjnych są zróżnicowane w zależności od parametrów tłumiących PPP oraz typu tworzywa, z którego są wykonane i jego trwałości eksploatacyjnej.

O jakości eksploatacyjnej rozjazdu z PPP decyduje między innymi trwałość podkładki podpodkładowej w wyniku eksploatacji oraz niezmiennosc parametrów sztywności statycznej i dynamicznej i odporność na zmienne warunki eksploatacyjnej. RAMS kolejowy wykazuje złożoność zagadnienia bezpieczeństwa ruchu kolejowego, na którego poziom składa się niezawodności i podatność utrzymania oraz eksploatacji i warunki utrzymania. Podczas prac utrzymaniowych polegających na podbijaniu i szlifowaniu rozjazdu, parametry grubości, sztywności PPP nie powinny ulegać zmianie.

Na Politechnice Wrocławskiej w Katerze Mostów i Kolei autorka od 2016 r. prowadzi badania nad trwałością nawierzchni kolejowej na rozjazdach z podkładkami podpodkładowymi na sieci PKP PLK. Wyniki pierwszych serii badań prowadzonych od 2016 r. przez autorkę na Politechnice Wrocławskiej w Katerze Mostów i Kolei nad trwałością nawierzchni kolejowej na rozjazdach z podkładkami podpodkładowymi na sieci PKP PLK wykazują pozytywny wpływ zastosowania PPP w rozjazdach na redukcję wibracji od torowych i trwałość nawierzchni.

LITERATURA

- [1] Bałuch H.: Trwałość i niezawodności eksploatacyjna nawierzchni kolejowej WKiŁ, Warszawa 1980 r.
- [2] Bałuch H., Bałuch. M.: Układy geometryczne toru i ich deformacje. KOW, Warszawa 2010.
- [3] Kwiatkowska E.: Wpływ wibroizolacji podkładów strunobetonowych na pracę podtorza kolejowego, Praca doktorska, Raport serii PRE nr 8 /2015, Politechnika Wroclawska.
- [4] Niebieskie Księgi, Sektor kolejowy. 2015.
- [5] prEN 50126-1 The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - 1 Generic RAMS Process.

RELIABILITY ANALYSIS IN THE ASPECT OF RAMS PROCEDURE WITH REGARD TO TURNOUTS EQUIPPED WITH UNDER SLEEPERS PADS

Summary

The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety are an important issue for the integration of the railway system in the European Union. Analysis of railways shows the necessity to design railway lines in view of the safety and accessibility of railways. RAMS aims at maintaining proper rigidity and the highest quality of operation. In the present work the possibility of using under sleepers pads (USP) in turnouts is analyzed. As the literature review shows the use of USP in turnouts increases

the durability of turnouts provided the durability of the USP material is sufficient. The quality of the USP material is crucial for the purposefulness of using it in turnouts.

Keywords: rail RAMS, quality, track dynamics.

Dane autora:

Dr inż. Ewelina Kwiatkowska

Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Katedra Mostów i Kolei

e-mail: ewelina.kwiatkowska@pwr.edu.pl

telefon: +48 71 320 3683