

OCENA DEGRADACJI NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ I JEJ SPODZIEWANEJ INTESYWNOCI¹

Henryk Bałuch

prof. dr hab. inż. Instytut Kolejnictwa, e-mail: hbaluch@ikolej.pl

Maria Bałuch

dr hab. inż. Instytut Kolejnictwa, e-mail: mba-luch@ikolej.pl

Iwona Nowosińska

mgr inż. Instytut Kolejnictwa, e-mail: inowosin-ska@ikolej.pl

***Streszczenie.** Ocena degradacji nawierzchni kolejowej może mieć różny stopień szczegółowości zależny od jej celu. Artykuł przedstawia nową metodę oceny degradacji na długości 1 km toru. Opiera się ona na syntetycznym wskaźniku stanu toru, wieku podkładów drewnianych lub betonowych i wykorzystaniu stopnia trwałości szyn. Ocena ta ma charakter punktowy. W zależności od liczby punktów tor dzieli się na cztery klasy. Ocena ta może być pomocna przy określaniu kolejności robót i wykonywaniu pewnych zadań diagnostycznych.*

***Słowa kluczowe:** degradacja nawierzchni, syntetyczny wskaźnik stanu toru, wiek podkładów*

1. Wstęp

Systemy oceny stanu nawierzchni zależą od wykonywanych pomiarów i obserwacji oraz celów, jakim mają służyć. Niezależnie od stopnia szczegółowości oceny jest ona zwykle wykorzystywana również do planowania robót, często też wzbogaca ewidencję drogi kolejowej. Przykładem takiej oceny jest system TIPS stosowany na drogach szynowych Nowego Jorku [5].

Pełna ocena nawierzchni powinna obejmować cechy geometryczne oraz konstrukcyjne. Jest ona z reguły wyrażana w skali liczbowej. Liczba cech stanowiących podstawę oceny zależy od jej przeznaczenia. Badając przyczyny wykolejenia bierze się pod uwagę nawet kilkadziesiąt parametrów. Obrazując ogólnie stan nawierzchni na dłuższych odcinkach, liczbę jej atrybutów można ograniczyć do kilku.

¹ Wkład procentowy poszczególnych autorów: Bałuch H. 35%, Bałuch M. 40%, Nowosińska I. 25%

2. Ogólna ocena degradacji nawierzchni

Podstawą oceny stanu nawierzchni na liniach kolejowych PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. jest ocena oparta na pomiarach wykonywanych drezyną pomiarową EM-120. Jest to ocena geometryczna, ale na jej podstawie, w stopniu zależnym od doświadczenia, można sobie uzmysłowić, jaki jest stan konstrukcji na odcinku, na którym wykonano pomiary.

Uogólnieniem tej oceny w skali jednego kilometra jest syntetyczny wskaźnik stanu toru J , obliczany na podstawie odchyłeń standardowych czterech wielkości geometrycznych [4]:

$$J = \frac{S_z + S_y + S_w + 0,5S_e}{3,5}, \quad (1)$$

gdzie: S_z , S_y , S_w , S_e - odchylenia standardowe odpowiednio nierówności pionowych, poziomych, wichrowatości i szerokości toru.

3. Możliwe rozszerzenie oceny degradacji nawierzchni

Informację o stopniu degradacji nawierzchni kolejowej w skali jednego kilometra można znacznie wzbogacić uzupełniając ją wiekiem podkładów oraz stopniem wykorzystania trwałości szyn. Obie liczby są dostępne i wyznaczane corocznie, na podstawie programu SOKON (System Oceny Konstrukcji Nawierzchni) [2].

Wiek podkładów w [lat], zwłaszcza z drewna miękkiego, w dużym stopniu charakteryzuje ich stan. Ważności stanu podkładów dowodzą statystyki wykolejeń. Na kolejach europejskich wydarza się 500 wykolejeń pociągów towarowych rocznie, przy średniej stracie ok. 1 miliona euro na jedno wykolejenie [6,7]. Około 33% tych wykolejeń następuje z przyczyn drogowych (wg statystyk USA przyczyny drogowe stanowią ponad 30% wypadków [1]). Na pierwszym miejscu wśród przyczyn drogowych, z udziałem 25%, znajduje się nadmierna szerokość toru. Wada ta jest powodowana głównie złym stanem podkładów.

W ujęciu syntetycznym, miarą obiektywną jest również wskaźnik wykorzystania zdatności szyn C obliczany w programie SOKON (z uwzględnieniem wielu parametrów m.in. promieni łuków).

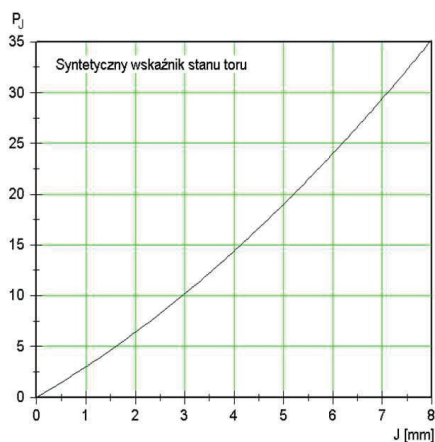
Wymienione wielkości posłużyły do opracowania systemu syntetycznej oceny stopnia degradacji nawierzchni kolejowej w ujęciu kilometrowym. Ocena ta wyrażana liczbowo w punktach od 0 (idealny stan nowej nawierzchni) do 150 (bardzo wysoki stopień degradacji) może się okazać przydatna w rankingowym szacowaniu potrzeb naprawczych i w ewentualnej klasyfikacji zadań diagnostycznych.

Uwzględnione w tej ocenie wielkości mają różną wagę. Najwięcej punktów, tj. 35, odnosi się do oceny geometrycznej, tj. do syntetycznego wskaźnika stanu toru J (rys. 1). Na drugim miejscu jest wiek podkładów (rys. 3 i 4) i na trzecim – wykorzystanie trwałości szyn (rys. 2).

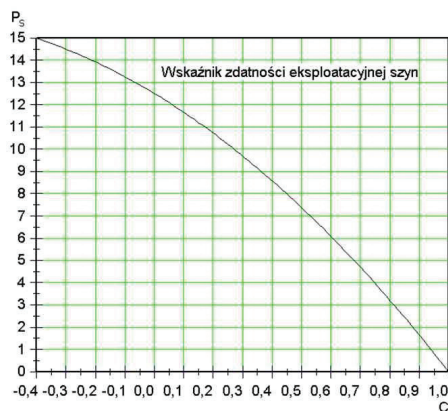
Liczba punktów odnoszących się do podkładów drewnianych jest obliczana z uwzględnieniem wpływu łuków na trwałość tych podkładów drewnianych, przy wykorzystaniu zależności podanej w monografii [3] i przedstawionej na rysunku 5. Uwzględnienie tego wpływu uzyskuje się poprzez pomnożenie liczby punktów wynikających z wieku podkładów (rys. 3), w przypadku promieni mniejszych niż 1200 m, przez odwrotność λ_p (rys. 5).

Na rysunku 6, przedstawiającym schemat blokowy obliczeń degradacji i jej intensywności, równania dotyczące wpływu łuków na trwałość podkładów drewnianych są zawarte w blokach 2 i 3. W schemacie tym podane są wszystkie równania empiryczne, których wykresy przedstawiono na rysunkach 1 ÷ 5.

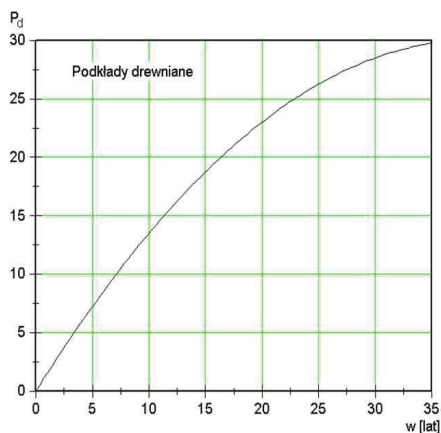
Wpływu łuków nie uwzględnia się natomiast w odniesieniu do podkładów betonowych, ponieważ są one układane w łukach o promieniach 300 m i większych, a ich stan przy tych promieniach nie odbiega zasadniczo od stanu na odcinkach prostych.



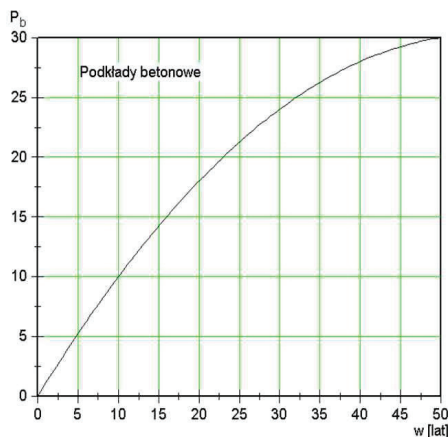
Rys. 1. Ocena syntetycznego wskaźnika stanu toru



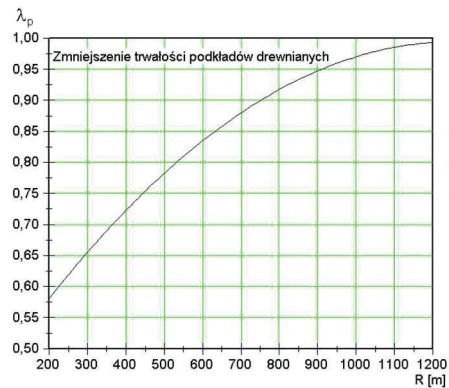
Rys. 2. Ocena trwałości szyn



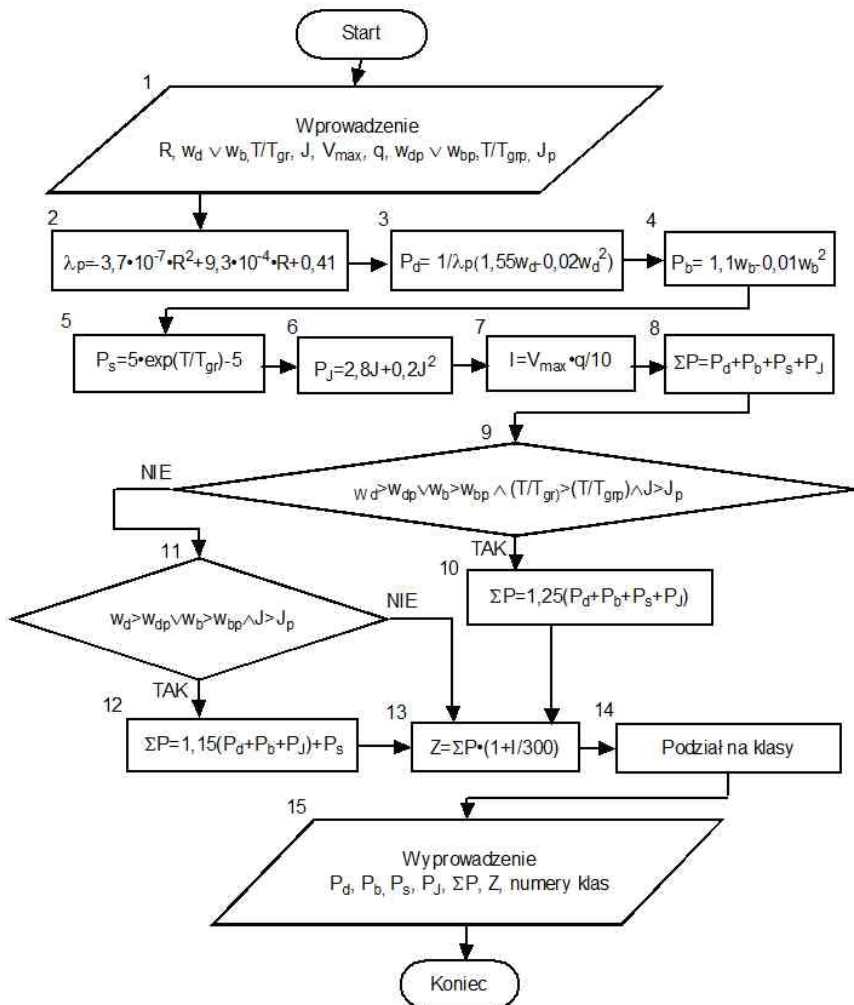
Rys. 3. Ocena podkładów drewnianych



Rys. 4. Ocena podkładów betonowych



Rys. 5. Zmniejszenie trwałości podkładów drewnianych w funkcji promieni łuków



Rys. 6. Schemat blokowy obliczeń degradacji i jej intensywności

Dla każdej analizowanej w ocenie wielkości są ustalone wartości progowe, tj. takie, których przekroczenie oznacza zwykle zaawansowaną degradację.

Suma punktów wieku podkładów drewnianych w_d lub betonowych w_b , wskaźnika wykorzystania zdatności szyn C i syntetycznego wskaźnika stanu toru J wynosi 80. Suma ta może przekraczać podaną wartość w przypadku starych podkładów drewnianych w łukach o małych promieniach, a także w przypadku koincydencji, tj. jednoczesnego przekroczenia trzech wartości progowych (blok 10), lub jednoczesnego przekroczenia dwóch wartości progowych, tj. wieku podkładów w_d lub w_b i wskaźnika J (blok 12).

Scharakteryzowana metoda oceny degradacji jest wzbogacona syntetyczną charakterystyką obciążenia linii. Nową wielkością charakteryzującą to obciążenie i nazwaną intensywnością obciążenia I jest iloczyn prędkości maksymalnej V_{max} i natężenia przewozów q (blok 7).

Połączenie wyniku obliczeń degradacji w postaci sumy punktów z trzech wielkości (ΣP) z intensywnością obciążenia I można traktować jako intensywność rozwoju degradacji Z . Im większe są bowiem obie wielkości, tym szybszy stanie się rozwój degradacji. Intensywność ta jest wyrażana iloczynem w postaci podanej w bloku 13.

Dysponując liczbową oceną intensywności degradacji można podjąć próbę klasyfikacji poszczególnych odcinków linii kolejowych opartej na łatwo dostępnych danych, którymi dysponują wszystkie zakłady linii kolejowych. Obliczenia będące podstawą tej klasyfikacji są łatwe i bardzo szybkie. Jednostkowym odcinkiem toru będzie w tym przypadku 1 km. Granice klas będzie określała suma uzyskanych punktów ΣP .

Przykład obliczeń: na ocenianym odcinku toru o długości 1 km najmniejszy promień łuku wynosi 500 m. Leżące na tym odcinku podkłady drewniane mają 14 lat, a wskaźnik wykorzystania zdatności szyn C jest równy 0,35. Stan geometryczny tego odcinka toru charakteryzuje wskaźnik $J = 3,6$ mm. Tor jest eksploatowany z maksymalną prędkością 120 km/h przy natężeniu przewozów 12 Tg/rok.

Liczba punktów odnoszących się do wieku podkładów drewnianych P_d , z uwzględnieniem wpływu łuku na stan tych podkładów, wynosi 23,6 (blok 3). Obliczana wg równania przedstawionego w bloku 5 liczba punktów P_s , związana ze zdatnością szyn, wynosi 9,1, a liczba punktów wynikająca z geometrycznego stanu toru $P_j = 12,7$ (blok 6). Suma punktów ΣP w tym przypadku wynosi więc 45,4 i – po ustaleniu odpowiednich wartości granicznych – będzie podstawą zaliczenia tego toru do konkretnej klasy.

Obliczona wg równania przedstawionego w bloku 7 intensywność obciążenia I jest równa 144, a intensywność rozwoju degradacji Z (blok 13) – 67,2.

4. Podsumowanie

Przedstawiona metoda jest wystarczająco dokładna do oceny toru w skali 1 km, a zatem w ujęciu, w którym korzysta się jedynie z kilku najważniejszych atrybutów. Dokładność ta zależy od dokładności określenia wprowadzanych zmiennych.

Przy zaawansowanym wieku nawierzchni błąd oceny czasu pracy pokładów i obliczeń wykorzystania trwałości szyn może dochodzić do $5 \div 8\%$. Zaletą takich metod jest łatwość uzyskania danych, natomiast wadą – pominięcie wielu szczegółów geometrycznych i konstrukcyjnych. Istotne może być w konkretnym przypadku pytanie, czy na podstawie takich metod można ocenić zagrożenie, jakie stwarza nawierzchnia o określonej liczbie punktów.

Odpowiedź będzie zależała od tego, komu to pytanie zostanie zadane. Torowicz powinien odpowiedzieć, że zna nieporównanie lepsze sposoby wykrywania zagrożeń na poszczególnych krótkich, kilkumetrowych odcinkach toru. Dyrektor zakładu linii kolejowych, mając punktację wszystkich torów w granicach tego oddziału, będzie mógł łatwiej wyrobić sobie pogląd, które odcinki będą wymagały napraw, by uniknąć ograniczeń prędkości pociągów. Metoda ta może stać się również pomocnym narzędziem w ustalaniu zmiennej częstotliwości obchodów i objazdów linii kolejowych.

Literatura

- [1] Babenko P., Visual inspection of railroads tracks. University of Central Florida, Orlando, 2009.
- [2] Bałuch H., Metoda oceny zdatności eksploatacyjnej konstrukcji nawierzchni kolejowej SOKON. Podstawy opracowania oraz instrukcja użytkownika. Praca CNTK nr 3072/11, Warszawa 2001.
- [3] Bałuch H., Bałuch M., Zwiększanie trwałości rozjazdów metodami eksploatacyjnymi. CNTK, Warszawa 2009.
- [4] Bałuch M., Interpretacja pomiarów i obserwacji nawierzchni kolejowej. Monografie 79. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, 2005.
- [5] Cabrera A.: Ocenka sostoyanya puti seti zheleznykh dorog Nyu Yorka. Zheleznye Dorogi Mira 1999, Nr 12.
- [6] Ebreo L., Zero tolerance for derailments. International Railway Journal 2010, No. 5, Track inspection. Legal Information Institute 49 CFR, 213-233.
- [7] Moore L., Andersen T., Assessment of freight train derailment risk reduction measures. Report for European Rail Agency No.BA000777/07 Rev.2, Detg Norske Veritas LTD, Cheshire, 21 July 2011