

Henryk BAŁUCH¹, Maria BAŁUCH²

GEOMETRYCZNO-KONSTRUKCYJNA KOINCYDENCJA WAD NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ

Streszczenie. Jednym z zadań inżynierii kolejowej jest zmniejszanie pogarszania się toru, mającego istotny wpływ na spokojność jazdy i bezpieczeństwo ruchu. W celu określenia potrzeb w utrzymaniu nawierzchni kolejowej należy zdefiniować kombinację nierówności toru, powodujących zakłócenia jazdy z wadami jego konstrukcji, głównie z degradacją podkładów. Kombinacja taka nazwana koincydencją geometryczno-konstrukcyjną toru jest przedmiotem tej pracy.

GEOMETRIC – STRUCTURE COINCIDENCES OF PERMANENT WAY DEFECTS

Summary. One of the tasks of railway engineering is to reduce track deterioration because it has important consequences on the riding quality and safety operations. In order to determine maintenance needs, there is necessary to defining the combinations of track irregularities that lead to poor performance of vehicle, with track structure defects, mainly with sleeper degradation. The combination, defined as geometric – structure coincidences of permanent way defects is presented in the paper.

1. WSTĘP

Wyniki prowadzonych ostatnio w kilku krajach badań nawierzchni i współdziałania pojazdów z torem skupiły uwagę na zjawiskach koincydencji nierówności toru. W Polsce problematyce tej poświęca się uwagę od dłuższego już czasu, co doprowadziło nie tylko do sformułowania zasad oceny koincydencji, lecz również do budowy odpowiednich narzędzi komputerowego wspomaganie tej oceny. Pogarszający się jednak z każdym rokiem stan konstrukcji nawierzchni na wielu liniach kolejowych skłania do rozszerzenia pojęcia koincydencji, tj. wyjścia poza rozpatrywanie nakładania się na siebie maksymalnych nierówności sześciu wielkości geometrycznych o występujące w tych samych miejscach wady konstrukcyjne, w pierwszym rzędzie zaś łatwo zauważalne niebezpieczne zużycie podkładów kolejowych.

¹ Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa

² Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa

2. WYNIKI OSTATNIO PROWADZONYCH BADAŃ ZAGRANICZNYCH

Nawierzchnia kolejowa jest ciągle przedmiotem szeroko zakrojonych badań, które w obecnym czasie są prowadzone głównie pod kątem zmniejszenia kosztów jej utrzymania. Badania takie, prowadzone m.in. przez połączone grupy ekspertów francuskich i niemieckich, podporządkowane są zasadzie, że wyjaśnienie wielu zjawisk zachodzących w torze nie jest możliwe bez uwzględnienia współdziałania konstrukcji nawierzchni z pojazdami szynowymi [10]. Badania te obejmują m.in. rozwój uszkodzeń szyn (zjawiska propagacji pęknięć), zagadnienia związane ze szlifowaniem szyn i własnościami mechanicznymi stali. Jednym z ciekawszych wyników tych badań jest stwierdzenie, że w szynach wykonanych ze stali bainitycznej o twardości 320 HB nie rozwijają się nadpęknięcia powierzchniowe (*head checking*).

Bardzo dużo uwagi poświęca się eksperymentalnym badaniom współdziałania ciężkich wagonów z torem na kolejach amerykańskich [11], na których roczne koszty wykolejeń powodowanych złym stanem nawierzchni przekraczają 60 mln USD, tj. są trzykrotnie większe niż wydatki na diagnostykę i usuwanie nierówności toru. Z badań tych wynika, że na ponad 50 % odcinkach toru, na których stwierdzono duże nadwyżki dynamiczne, nie zostały przekroczone odchyłki dopuszczalne pojedynczych wielkości geometrycznych. I odwrotnie – na wielu odcinkach z przekroczonymi odchyłkami dopuszczalnymi pojedynczych wielkości nadwyżki dynamiczne nie były duże. Na jednym z odcinków toru, na którym nie stwierdzono przekroczeń odchyłek dopuszczalnych ani jednej wielkości geometrycznej w ciągu trzech miesięcy, wykoleiły się dwie cysterny przy prędkości 61 km/h. Występujące na tym odcinku odchyłki od wartości nominalnej dotyczyły szerokości toru, różnic wysokości toków szynowych, nierówności pionowych i poziomych. Analiza łącznego wpływu tych odchyłek, z których żadna nie osiągnęła wartości granicznych, wykazała jednak, że już przy prędkości 58 km/h stosunek sił poziomych do pionowych Y/Q osiąga wartość 1,5, co całkowicie wyjaśnia powód tych wykolejeń.

Szeroko zakrojone badania współdziałania nawierzchni z wagonami, zwłaszcza zaś z cysternami, węglarkami, wagonami do przewozu materiałów sypkich, a więc ogólnie pojazdami szynowymi o dużej sztywności skrętnej, najbardziej wrażliwymi na nierówności toru, doprowadziły do zbudowania bazy danych umożliwiającej zastosowanie sztucznych sieci neuronowych. Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych umożliwia określenie wpływu stanu geometrycznego toru na zachowanie się pojazdów szynowych, przy czym pozwala ocenić pośrednio również wpływ cech alternatywnych, takich jak np. smarowanie szyn. Przez pojęcie złego zachowania się wagonu rozumie się dwa kryteria, tj. stosunek sił poziomych do pionowych wywieranych przez koło na szynę $Y/Q > 1$, i nacisk koła mniejszy niż 10 % nacisku statycznego. Uwzględnia się także maksymalne siły pionowe i poziome, które decydują o występujących naprężeniach w szynach, oraz wartości przyspieszeń jako miarę spokojności jazdy.

Stan toru, od którego uzależnia się rodzaj napraw, w opracowanym systemie ocen nierówności toru pod skrótem PBTG³, jest charakteryzowany różnicą wysokości toków szynowych, nierównościami pionowymi i poziomymi oraz szerokością. Brane są przy tym pod uwagę wartości maksymalne, liczba występujących po sobie nierówności oraz położenie rozpatrywanego odcinka toru (łuk, krzywa przejściowa, prosta). Uwzględnia się również powiązanie tych parametrów. Dotychczasowy brak tego powiązania w ocenie stanu torów w USA sprawia, że tylko niewielka część odcinków toru zaliczanych do wadliwych, wg dotychczasowych kryteriów Federalnej Administracji Kolejowej, kwalifikowana jest jako wadliwa wg ocen PBTG.

³ PBTG – *Performance-based track geometry*.

Prowadzone badania są silnie związane z potrzebami praktyki. I tak, instalowana w torach aparatura służąca do badań nacisków osi daje podstawę do kierowania do napraw wagonów, w których w stanie ładownym stwierdzono naciski przekraczające 408 kN.

O skutkach braku powiązania różnych nierówności w ocenie stanu toru mogą też świadczyć jazdy doświadczalne na linii Moskwa-Petersburg z prędkością 160 km/h, które wykazały, że przyspieszenia na zestawach kołowych wagonu pasażerskiego osiągnęły 64 g (nadwyżka dynamiczna w stosunku do nacisku statycznego przekroczyła 300 kN) na odcinku toru z oceną bardzo dobrą, podczas gdy na odcinkach z oceną niedostateczną oddziaływania dynamiczne były mniejsze [13].

Z przedstawionej charakterystyki badań wynika wniosek, że w ostatnich latach zaczyna się dostrzegać w innych krajach konieczność zmiany podejścia do ocen stanu toru poprzez łączne rozpatrywanie wszystkich postaci występujących w nim nierówności. Odchodzi się przy tym od badań na modelach, które wymagają wprowadzenia danych, jakich nie dostarczają wagony pomiarowe. Z tego powodu zaniechano w USA badania na modelu dynamicznym pojazdu pod nazwą Nucars, stwierdzając, że wprowadzenie pewnych wartości nominalnych prowadzi do nierealistycznych wyników. Próbuje się natomiast nowe narzędzie, tj. sztuczne sieci neuronowe, dostrzegając w nich możliwość wyciągnięcia z danych eksperymentalnych wniosków o zachowaniu się pojazdu.

3. STAN ZAGADNIENIA W POLSCE

Występowanie koincydencji nierówności toru uwzględniono w Polsce już na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia przy budowie systemów doradczych DONG i UNIP. W zależności od nakładania się maksymalnych nierówności toru zmniejszano w nich automatycznie odchyłki graniczne pojedynczych wielkości geometrycznych [3]. Analiza koincydencji stała się również pierwszym zadaniem w diagnostyce obrazowo-porównawczej, której zasady przedstawiono w artykule [5]. W pracy [7] omówiono wyniki badań wpływu koincydencji nierówności toru na wartość stosunku sił Y/Q , wykazując m.in., że w miejscach nakładania się na siebie nierówności poziomych i różnic wysokości toków szynowych (różnic przechyłki) występują zwiększone impulsy tego stosunku. Miary koincydencji nierówności w postaci wartości i stopnia oraz odpowiedni moduł jej obliczeń i prezentacji opracowano w ramach badań nad Systemem Określania Hierarchii Robót Nawierzchniowych SOHRON [6].

W badaniach tych założono, że ocena koincydencji zostanie oparta na względnych miarach opisujących stan toru, tj. będzie odnosić się do założonej prędkości pociągów.

Miarą koincydencji nierówności toru $q^{(k)}$ stopnia k na elementarnym odcinku toru o długości λ jest suma wskaźników $Spm_1, Spm_2, \dots, Spm_i$ tych wielkości geometrycznych $1, 2, \dots, i$, które na tym odcinku przekroczyły odchyłki dopuszczalne, tj. $\alpha_1^g, \alpha_1^d, \alpha_2^g, \alpha_2^d, \dots, \alpha_i^g, \alpha_i^d$

$$q^{(k)} = \sum_{i=1}^k Spm_i, \quad (3.1)$$

gdzie:

- i - oznaczenie wielkości, w której została przekroczona górna (g) lub dolna (d) odchyłka dopuszczalna,
- k - liczba wielkości, w których zostały przekroczone odchyłki dopuszczalne (stopień koincydencji).

Odcinki elementarne, zwane dalej mikrosegmentami przyjmuje się w zasadzie jako nie większe od bazy sztywnej pojazdu szynowego, tj. nie większe niż 20 m.

Zamiast posługiwania się liczbową notacją stopnia koincydencji można podawać indeksy konkretnych wielkości, które ją tworzą, a więc np. zamiast indeksu 3 w pewnych przypadkach

bardziej komunikatywny może być indeks ewz , co oznacza, że na danym mikrosegmentie koincydencję trzeciego stopnia tworzą odpowiednio szerokość toru (e), wichrowatość (w) i nierówności pionowe (z).

Wartość $q^{(2)} = 3,21$ oznacza, że na danym mikrosegmentie dwie wielkości przekraczają odchyłki dopuszczalne, przy czym suma dwóch wskaźników Spm na tym odcinku wynosi 3,21. W przypadku gdy na określonym mikrosegmentie nie jest przekroczona odchyłka dopuszczalna wielkości i , przyjmuje się z założenia $Spm_i = 0$, a zatem, gdy nie jest na nim przekroczona żadna odchyłka dopuszczalna, miara koincydencji $q = 0$.

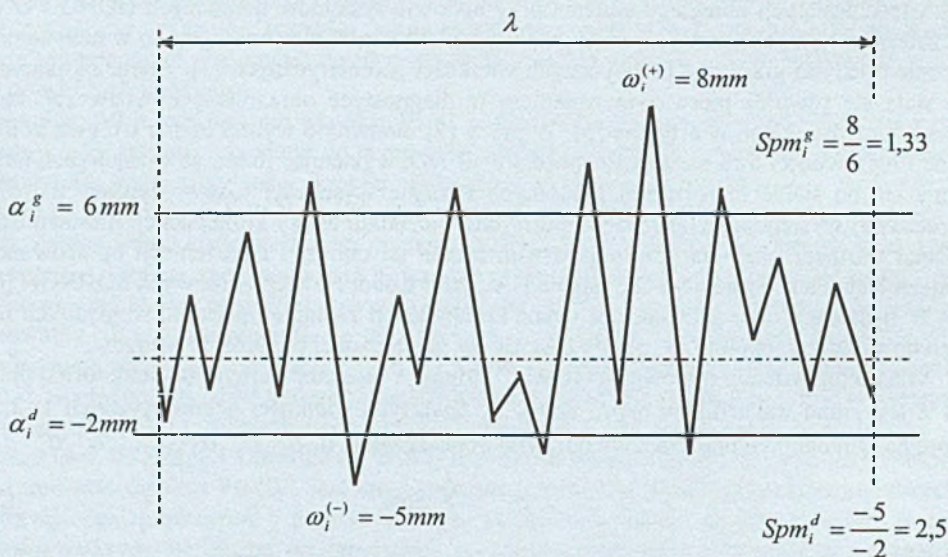
Wskaźnik Spm_i wielkości i jest największym stosunkiem pomierzonej wartości $\omega_i^{(+)}$ przekraczającej górną odchyłkę dopuszczalną α_i^g do tejże odchyłki

$$Spm_i = \frac{\omega_i^{(+)}}{\alpha_i^g}, \quad (3.2)$$

lub w przypadku przekroczenia dolnej odchyłki dopuszczalnej

$$Spm_i = \frac{\omega_i^{(-)}}{\alpha_i^d} \quad (3.3)$$

W przypadku gdy na określonym mikrosegmentie są przekroczone dolne i górne odchyłki dopuszczalne, oblicza się dwa wskaźniki Spm i do dalszych analiz przyjmuje się większy. Przykład taki przedstawia rysunek 3.1. W konkretnym przypadku wskaźnik Spm jest równy 2,5, mimo że największa bezwzględna wartość ω_i wynosi 8.



Rys. 3.1. Schemat obliczeń wskaźnika Spm

Fig. 3.1. Diagram for calculations of the Spm index

Odchyłki dopuszczalne sześciu wielkości geometrycznych tworzą koniunkcję (zbiór logiczny)

$$\alpha_1 \wedge \alpha_2 \wedge \alpha_3 \wedge \alpha_4 \wedge \alpha_5 \wedge \alpha_6,$$

czyli z założenia mogą wystąpić łącznie na każdym mikrosegmentie toru. Zbiór ten można potraktować jako wymuszenie działające na pojazd szynowy, którego odpowiedzią będą siły

Q i Y . Empirycznie można wykazać, że siły te w przypadku przekroczenia tylko jednej odchyłki dopuszczalnej są najczęściej mniejsze niż przy koincydencji stopnia $k > 1$. Nasuwa to wniosek, że przy pojedynczych przekroczeniach odchyłek dopuszczalnych można dopuścić pewną graniczną wartość Spm_{ig} , co jest równoznaczne z nierównością $\alpha_i^{(1)} > \alpha_i$, gdzie $\alpha_i^{(1)}$ - odchyłka wielkości i przy pierwszym stopniu koincydencji.

Zastosowanie mają również kolejne nierówności $\alpha_i^{(1)} > \alpha_i^{(2)}$, $\alpha_i^{(2)} > \alpha_i^{(3)}$... Zależności te można ująć krócej, wprowadzając pojęcie dopuszczalnej wartości wskaźnika Spm wielkości i przy koincydencji stopnia k , tj. $Spm_{id}^{(k)}$, uzależniając ją od dopuszczalnej wielkości granicznej Spm_{ig}

$$Spm_{id}^{(k)} = \mu_k Spm_{ig}, \quad (3.4)$$

gdzie μ_k - współczynnik redukcji.

Zestawienie przekroczeń poszczególnych wielkości geometrycznych w niejednakowy sposób wpływa na zachowanie się pojazdu szynowego. W celu uwzględnienia tego zróżnicowania należy wprowadzić pojęcie stref oddziaływań i związaną z nimi macierz współczynników oddziaływań ρ_{ij} dla wszystkich możliwych par wielkości ij . Przy określonej kombinacji przekroczeń odchyłek dopuszczalnych mnoży się wskaźnik $Spm_{id}^{(k)}$ obliczony wg wzoru (3.4) przez minimalny wskaźnik oddziaływań par tworzących koincydencję ρ_{min} . Ostatecznie więc graniczna wartość wskaźnika Spm z uwzględnieniem stopnia koincydencji i wzajemnego oddziaływania, tj. $Spm_{ig}^{(k)}$, wyraża się wzorem

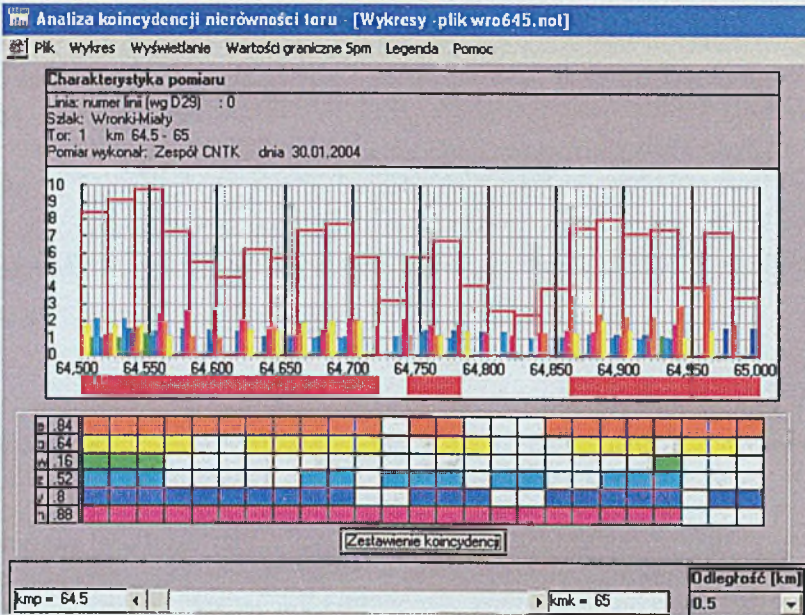
$$Spm_{ig}^{(k)} = \mu_k \kappa_{min} Spm_{ig} \quad (3.5)$$

Współczynnik oddziaływań przyjmuje wartość przypisaną do najwyższej strefy, do jakiej należą dwie pary spośród wszystkich par wielkości tworzących koincydencję. Przy dwóch wielkościach istnieje jedna para, przy trzech dwie pary i ogólnie przy k wielkościach, (tj. przy stopniu koincydencji k) - $(k-1)\frac{k}{2}$ par. Tak więc przy szóstym stopniu koincydencji będzie 15 par wielkości.

Podstawowy ekran koincydencji (rys. 3.2) składa się z dwóch części. W górnej znajdują się wartości koincydencji w postaci czerwonych słupków, wewnątrz których mieszczą się mniejsze słupki przedstawiające wartość wskaźników Spm poszczególnych wielkości geometrycznych. Z rysunku tego wynika, że największa wartość koincydencji równa 9,8 wystąpiła w km 64,540 ÷ 64,560, natomiast w mikrosegmencie 64,820 ÷ 64,840 była najmniejsza i wynosiła 2,5.

Na wykresie dolnym są pokazane wielkości, które składają się na koincydencję w każdym mikrosegmencie. Pola białe oznaczają, że dana wielkość na określonym mikrosegmencie mieści się w granicach odchyłek dopuszczalnych, każde natomiast pole barwne oznacza wielkość, która te odchyłki przekroczyła. Liczba pól barwnych jest zatem stopniem koincydencji. Z lewej strony dolnego wykresu umieszczone są symbole poszczególnych wielkości geometrycznych. Obok nich widnieje stosunek pól, w których dana wielkość przekroczyła odchyłki dopuszczalne, do liczby wszystkich pól widocznych na ekranie. W konkretnym przypadku największa wartość tego stosunku wynosząca 0,88 odnosi się do różnic wysokości toków szynowych (h), najmniejsza zaś 0,16 do wichrowatości (w).

Rysunek 3.3. przedstawia ekran zawierający umowne wartości graniczne Spm_{ig} oraz strefy wzajemnego oddziaływania, jakie przyjęto przy hipotetycznym określaniu hierarchii napraw na linii kolejowej o prędkości 100 km/h.



Rys. 3.2. Ekran koincydencji w systemie SOHRON
 Fig. 3.2. Screen of the coincidences in SOHRON system

Plik Pomoc

Wartości graniczne S_{pm} i współczynniki oddziaływań

Wielkość	Umowne wartości graniczne S _{pm}	Strefa i współczynniki oddziaływań						
		str	e	g	w	z	y	h
Szerokość e	2.0	str	-	1	1	1	2	1
		wsp		.97	.97	.97	.94	.97
Gładź g	2.2	str	-	-	1	1	2	1
		wsp			.97	.97	.94	.97
Wichrowalność w	1.7	str				2	3	2
		wsp				.94	.9	.94
Nierówności pionowe z	2.2	str					2	2
		wsp					.94	.94
Nierówności poziome y	2.1	str						1
		wsp						.9
Przechyłka h	2.5	str						
		wsp						

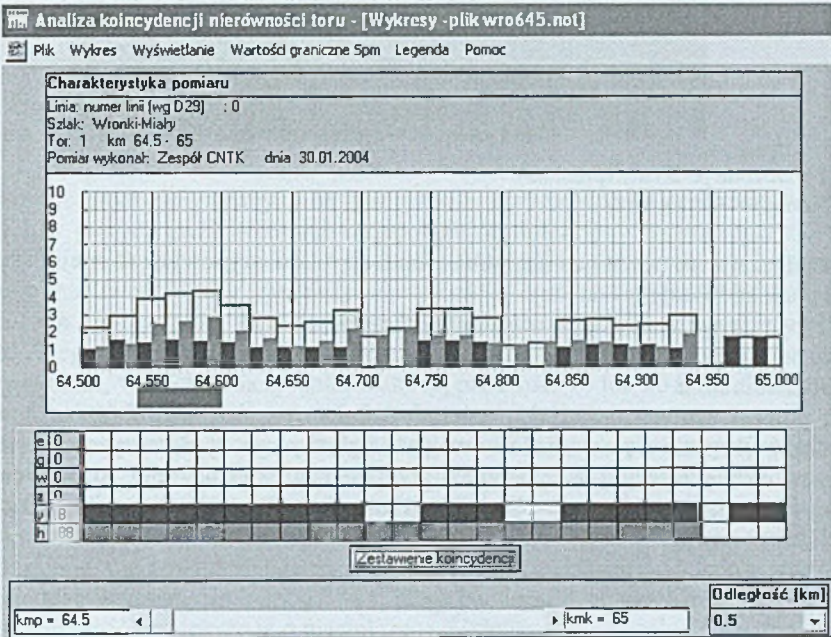
Współczynniki redukcji						
k	1	2	3	4	5	6
μ	1	0.95	0.85	0.75	0.60	0.6

Zmiana

Rys. 3.3. Tablica współczynników
 Fig. 3.3. Table of coefficients

Do strefy największego oddziaływania należą więc tylko dwie pary: wy i yh , do strefy oddziaływania przeciętnego zaliczono sześć par wielkości: ey , gy , wz , wh , zy i yh . Wszystkie pozostałe pary należą do strefy małego oddziaływania. Przy piątym stopniu koincydencji musi więc wystąpić co najmniej strefa 2., przy szóstym zaś będzie to zawsze strefa 3. Strefom tym przyporządkowano następujące współczynniki: $\kappa_1 = 0,97$, $\kappa_2 = 0,94$ i $\kappa_3 = 0,90$. Na rysunku 3.2 pod mikrosegmentami, na których zredukowana wartość dowolnego wskaźnika S_{pm} przekroczyła umowne wartości graniczne, widnieje czerwony pasek.

Analizę koincydencji można stosować też w przypadku wyjaśniania przyczyn występowania dużych sił poprzecznych Y oraz impulsów sił Y/Q . W tym przypadku dużo informacji można uzyskać ograniczając koincydencję do nierówności poziomych i przechyłki. Przypadek taki przedstawia rysunek 3.4. W lewej części tego odcinka wartości koincydencji są dość duże, przy czym jest to spowodowane w większym stopniu różnicą wysokości toków szynowych.



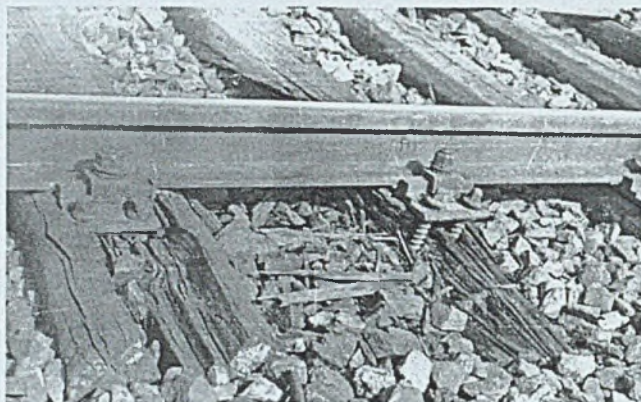
Rys. 3.4. Wykres koincydencji nierówności poziomych i różnic wysokości toków szynowych
 Fig. 3.4. Diagram of the coincidences of cross level and alignment

4. POWIĄZANIE KOINCYDENCJI GEOMETRYCZNEJ Z WADAMI KONSTRUKCJI

Można wykazać na podstawie przeprowadzonych eksperymentów, że koincydencja nierówności poziomych i różnic wysokości toków szynowych (przechyłki) wpływa na zwiększenie sił poziomych Y [7]. Prawidłowość tę potwierdzają również badania japońskie [9]. Zwiększone wartości sił poziomych mogą mieć groźne skutki na odcinkach toru o dużym stopniu degradacji podkładów.

Na wielu odcinkach linii kolejowych w Polsce wiek podkładów sosnowych przekroczył znacznie granicę ich trwałości eksploatacyjnej, tj. przeciętnie 18 lat. Na zmurszałych podkła-

dach, zużytych zwykle również mechanicznie, przestają spełniać swe zadania także przytwierdzenia szyn (rys. 4.1). Stan taki prowadzi do wniosku, że koincydencję geometryczno-konstrukcyjną nawierzchni kolejowej należy rozumieć jako kombinację nierówności toru z występowaniem skupisk zużytych podkładów, zwanych popularnie gniazdami.



Rys. 4.1. Zniszczone podkłady (próchno)

Fig. 4.1. Damaged sleepers (rot)

Niebezpieczeństwo powstania nagłych deformacji toków szynowych w miejscach skupisk zużytych podkładów zależy od:

- 1) liczby zużytych podkładów w jednym gnieździe,
- 2) występujących nierówności torów w tym miejscu,
- 3) promienia łuku.

Przez pojęcie nagłych deformacji należy rozumieć rozejście się toków szynowych, tj. gwałtowne zwiększenie się szerokości toru, duże ugięcia szyn w płaszczyźnie pionowej lub nawet przewrócenie się szyny z wyrwaniem przytwierdzeń z podkładów. Koincydencję geometryczno-konstrukcyjną C na określonym mikrosegmencie toru można więc wyrazić wzorem

$$C = \left(\sum_{i=1}^k S_{pm_i} \right) \alpha \rho$$

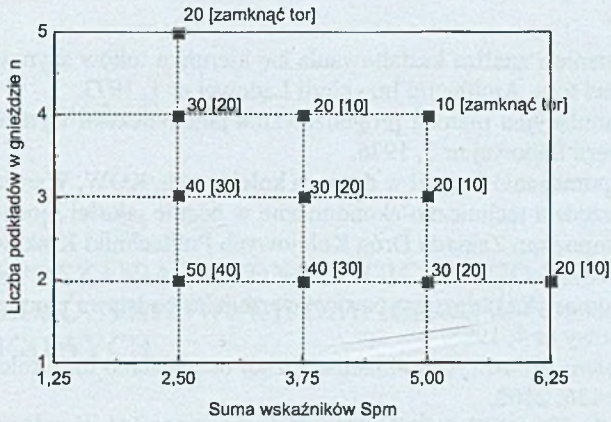
gdzie:

α - współczynnik zależny od liczby zużytych podkładów w gnieździe,

ρ - współczynnik zależny od promienia łuku.

Chcąc nadać koincydencji geometryczno-konstrukcyjnej znaczenie nie tylko pojęciowe, lecz i użytkowe, należałoby określić jej związek z dopuszczalną prędkością pociągów. Znalezienie funkcji ciągłej określającej taką zależność oraz ustalenie konkretnych wartości współczynników α i ρ wymagałoby długotrwałych badań, prowadzonych w różnych warunkach konstrukcyjno-eksploatacyjnych. Biorąc pod uwagę eksploatacyjną rzeczywistość, tj. bardzo zły i ciągle pogarszający się stan nawierzchni na wielu odcinkach linii kolejowych, należałoby wprowadzić pewne zasady heurystyczne, stanowiące pomoc przy określaniu dopuszczalnej prędkości pociągów w przypadku występowania gniazd całkowicie zużytych podkładów drewnianych.

Propozycję takich zasad w postaci prędkości zależnych od liczby n podkładów w gnieździe i koincydencji nierówności toru q , tj. sumy wskaźników S_{pm} , przedstawia rysunek 4.2. Liczby lub teksty podane w nawiasach dotyczą torów bezстыkowych oraz wszystkich torów w łukach o promieniach poniżej 600 m, a więc tych przypadków, w których stateczność toru jest bardziej wrażliwa na występujące nieprawidłowości.



Rys. 4.2. Prędkość pociągów w torze z zużytymi podkładami [km/h]

Fig. 4.2. Speed of train in the track with damaged sleepers [km/h]

Propozycje prędkości podanych na tym rysunku opracowano na podstawie badań przedstawionych w pracach [1,2], własnych obserwacji eksploatacyjnych oraz reguł zawartych w artykule [12]. Prędkości te powinny być traktowane jedynie jako wskazówki pomocnicze, ponieważ o możliwości jazdy z ograniczoną prędkością, oprócz stanu podkładów z przytwierdzeniami szyn i nierówności toru, decydują jeszcze inne cechy, głównie zaś stan podsypki i podtorza. Z tego też powodu trzeba się liczyć niekiedy z koniecznością zamknięcia toru w tych przypadkach, w których na rysunku widnieją prędkości 10 lub 20 km/h. Podobna rozmyślność warunków obowiązuje również na kolejach rosyjskich [12].

Proponowane zasady wymagają dodatkowego uściślenia, i tak w przypadku, gdy między dwoma sąsiednimi gniazdami niezdatnych podkładów nie ma co najmniej dwóch podkładów zdatnych, to te dwa gniazda trzeba traktować jak jedno, z sumą wszystkich znajdujących się w nich podkładach. Drugie uściślenie dotyczy wskaźników *Spm*, z których żaden, rozpatrywany oddzielnie, nie powinien przekraczać w miejscach zużytych podkładów wartości 1,25. Pominięcie tego warunku, np. przy $q^{(e)} = 5$, mogłoby sugerować możliwość eksploatacji toru mającego szerokość powiększoną o pięciokrotną odchyłkę dopuszczalną (przy braku przekroczeń granic pozostałych wielkości), co oczywiście mogłoby doprowadzić do wykolejenia.

5. UWAGI KOŃCOWE

Rozpatrywane tu zagadnienie dotyczy specyficznego stanu eksploatacji nawierzchni kolejowej, który na właściwie utrzymanych liniach w ogóle nie powinien występować. Nie znając niezwykle trudnych warunków podejmowania decyzji o naprawach dróg kolejowych przy rażących brakach zasobów, można by zadać pytanie, komu są potrzebne podobne rozważania, które na pewnych kolejach wzbudziłyby zapewne niemałe zdumienie. Zderzenie z realiami eksploatacyjnymi dróg kolejowych w Polsce wskazuje jednak, że w wielu jednostkach odpowiedzialnych za bezpieczeństwo ruchu kolejowego rozstrzygnięcia, z jaką prędkością można jeszcze przejechać, stają się niestety codziennością. Wylania się więc pytanie – jaka powinna być rola pracowników badawczych wobec tych coraz bardziej nabrzmiewających problemów. Referat ten jest częścią odpowiedzi na to nurtujące pytanie.

Literatura

1. Bałuch H.: Badanie i analiza kształtowania się kierunku toków szynowych w przypadku zmian szerokości toru. *Archiwum Inżynierii Lądowej* nr 1, 1973.
2. Bałuch H.: Symulacyjna metoda prognozowania pojedynczych wymian podkładów. *Archiwum Inżynierii Lądowej* nr 3, 1976.
3. Bałuch H.: Wspomaganie decyzji w drogach kolejowych. KOW, Warszawa 1993.
4. Bałuch H.: Narzędzia techniczno-ekonomiczne w ocenie jakości modernizacji dróg kolejowych. VI Sympozjum Zakładu Dróg Kolejowych Politechniki Krakowskiej. Zakopane – Kościelisko 1998.
5. Bałuch H.: Diagnostyka obrazowo-porównawcza jako podstawa planowania napraw toru. *Przegląd Kolejowy* nr 4, 1998.
6. Bałuch H.: System geometryczno-kinematycznej oceny stanu toru kolejowego. *Problemy Kolejnictwa* nr 136, 2002.
7. Bałuch M.: Wpływ koincydencji nierówności toru na wartość stosunku sił Y/Q. *Problemy Kolejnictwa* nr 129, 1999.
8. Dingqing L., Meddah A., Hass K.: Performance-based track geometry inspection: what it is and how it works. *Railway Track and Structures* No. 9, 2004.
9. Furukawa A., Yoshimura A.: Identification of rolling stock lateral dynamic characteristics and their track irregularity maintenance applications. *Quarterly Reports RTRI* 2005, No.1
10. Girardi L. and oth.: IDR2-Novum promises lower rail maintenance costs. *Railway Gazette International* No. 7, 2005.
11. Hawthorne K., Dingqing L., Stabler L.: Optimising wagon and track maintenance. *International Railway Journal* No. 9, 2005.
12. Skorost' dviženija po puti s defektnymi špalami. *Put' i Putevoe Hoziajstvo* nr 1, 1993.
13. Šajdullin Š. N.: O dopuskach soderžanija puti na skorostnyh učastkach. *Put' i Putevoe Hoziajstvo* nr 3, 2004.