

Arkadiusz Kampczyk¹, Krzysztof Malach²

KOINCYDENCJA NIERÓWNOŚCI TORU KOLEJOWEGO³

Wprowadzenie

Kolej w Polsce stanowi jeden z ważniejszych elementów systemu transportowego. Geograficzne usytuowanie Polski sprawia, że jest łącznikiem pomiędzy wschodem a zachodem Europy. Stwarza to wielką szansę, aby wyrosła na lidera w branży transportowej. Położenie geograficzne Polski w centrum Europy ma dla gospodarki duże znaczenie, ponieważ ta lokalizacja na przecięciu „szlaków transportowych” z zachodu na wschód i z południa na północ jest istotna dla przemysłu i wymusza ciągłą pracę budownictwa komunikacyjnego, transportu oraz innych branż z nimi powiązanych. W większości państw transport kolejowy, jako jeden z elementów budownictwa komunikacyjnego, uważany jest za strategiczną gałąź gospodarki. Linie kolejowe są jednym z podstawowych elementów infrastruktury technicznej obszarów [1].

W ostatnich latach nastąpił gwałtowny wzrost dotacji między innymi ze środków Unii Europejskiej. Jednym z warunków koniecznych do wzrostu konkurencyjności kolei w przewozach pasażerskich i towarowych jest niewątpliwie poprawa stanu infrastruktury kolejowej, która przełoży się na komfort oraz bezpieczeństwo jazdy. Obecny stan jako wynik wieloletnich zaniedbań spowodował, że Polska nie wykorzystywała dotychczas szansy płynącej z jej położenia [2].

Ograniczenie ilości napraw spowodowało wprowadzanie ograniczeń prędkości na wielu liniach kolejowych. Zmiana tego negatywnego trendu miała miejsce w 2011 roku, gdy po raz pierwszy nastąpił dodatni bilans prędkości [3]. Pozytywne zmiany ze względu na liczne prace remontowe następują do dnia dzisiejszego. Jednak warto podkreślić, że aby naprawić wieloletnie zaniedbania, proces ten musi być kontynuowany lub co najmniej utrzymany na dotychczasowym poziomie.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: kampczyk@agh.edu.pl

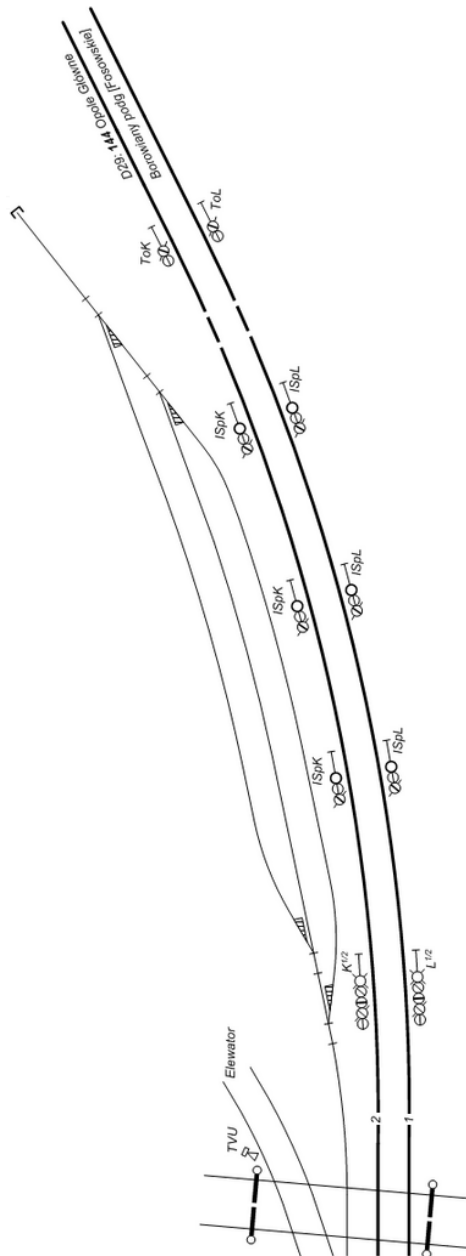
² Absolwent AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: krzysiek_malach@o2.pl

³ Artykuł niniejszy został opracowany w ramach badań statutowych nr 11.11.150.005. Wkład procentowy autorów w publikację: Arkadiusz Kampczyk 70%, Krzysztof Malach 30%.

Utrzymanie nawierzchni kolejowej jest związane z procesem diagnozowania jej stanu, konserwacją, remontami i modernizacją. W procesie tym ważną rolę odgrywa analiza i ocena geometryczna stanu toru kolejowego. Prawidłowa ocena geometrii stanu toru zarówno w trakcie eksploatacji, jak i w trakcie i po pracach remontowych wpływa na bezpieczeństwo oraz komfort jazdy. Praca Zespołów Diagnostyczno-Pomiarowych ds. nawierzchni i podtorza kolejowego wspomagana jest przez szereg „eksperymentalnych systemów komputerowych”, czyli programów dopuszczonych przez zarządcę infrastruktury do stosowania dla wspomagania procesów decyzyjnych [4]. Stan torów ulega pogorszeniu wskutek ich eksploatacji. Aby przeciwdziałać tym zmianom, prowadzone są okresowe pomiary geometrii torów. Zgodnie z [5], diagnostyka to całościowy kształt metod i środków służących do określania wartości parametrów eksploatacyjnych elementów nawierzchni wynikających z ich aktualnego stanu technicznego oraz do prognozowania zmian tego stanu z uwagi na warunki eksploatacyjne w różnych horyzontach czasowych. Aby proces diagnostyki przebiegał sprawnie, wszystkie prace (zarówno diagnostyczne, jak i geodezyjne pomiary nawierzchni kolejowej, analiza i ocena uzyskanych danych) powinny być dobrze przygotowane, zaplanowane i zinterpretowane. Parametry geometryczne toru kolejowego obejmują: szerokość (prześwit), przechyłkę, nierówności poziome, nierówności pionowe oraz obliczony gradient szerokości i wchrowatości toru. W przypadkach przekroczenia wartości dopuszczalnych odchyłek geometrycznych poszczególnych parametrów należy podjąć decyzje zapobiegające wystąpieniu nagłego niebezpieczeństwa. Decyzje te prowadzą do usuwania usterek, wykonywania napraw nawierzchni i robót mających na celu utrzymanie sprawności technicznej lub jej przywrócenie (określonej parametrami techniczno-eksploatacyjnymi) w wyniku wymiany podstawowych elementów konstrukcyjnych. Zgodnie z [4], modernizacja nawierzchni kolejowej stanowi wykonywanie robót umożliwiających zmianę warunków użytkowania linii kolejowej poprzez przystosowanie jej do wyższych parametrów techniczno-eksploatacyjnych. W pracy [6] stwierdzono, że w diagnostyce geometrii toru kolejowego jednym z bardziej skomplikowanych problemów jest wyznaczenie wartości granicznych pomierzonych nierówności toru oraz określenie wpływu ich jednoczesnego występowania na jednym mikrododcinku toru na bezpieczeństwo jazdy. W Polsce problematyce tej poświęcono również wiele uwagi, co doprowadziło ostatecznie do sformułowania zasad oceny koincydencji oraz budowy odpowiednich narzędzi wspomagających jej ocenę [6-8]. Tematyka dotycząca dopuszczalnych odchyłek geometrycznych oraz rodzajów napraw została dokładnie przedstawiona wraz z wynikami badań w pracach [9-11].

W artykule zawarto opracowane wyniki koincydencji nierówności toru nr 1 i 2 w km 14,6050 - 16,2000 linii kolejowej nr 144 Tarnowskie Góry - Opole Główne na podstawie autorskich pomiarów geometrii toru (rys. 1). Pomiary zostały wykonane metodą pomiarów bezpośrednich z użyciem samorejestrującego toromierza elektronicznego typu TEC-1435. Pozyskane dane, obrazujące istniejący stan torów w zakresie geometrii w płaszczyźnie poziomej i pionowej, posłużyły do przepro-

wadzenia analizy koincydencji nierówności torów. Nierówności toru (ang. railway track irregularities), nazywane też imperfekcjami, stanowią odkształcenia toków szynowych opisujących geometryczny stan toru. W artykule przedstawiono autorские spostrzeżenia i wnioski. Praca niniejsza została wykonana w ramach badań statutowych nr AGH 11.11.150.005.



Rys. 1. Schemat lokalizacji torów nr 1 i 2 linii kolejowej nr 144 [12]

1. Przeznaczenie analizy koincydencji nierówności toru

Naprawy torów powinny być wykonywane w pierwszym etapie na odcinkach, w których występuje i dochodzi koincydencja nierówności toru przekraczająca odchyłki dopuszczalne oraz w których występuje maksymalne przekroczenie odchyłek dopuszczalnych. Termin koincydencja pochodzi od francuskiego *coincident*, zaś od średniowiecznej łaciny *coincidere*, od *co-*, „razem, współ” i *incidere*, „upadać na” („wpadać”), od *in-* i *cadere*, „upadać” - jednoczesne wystąpienie kilku zjawisk lub zdarzeń. W przypadku geometrii toru kolejowego przez koincydencję nierówności należy rozumieć nakładanie się lub zejście się co najmniej dwóch lub więcej wielkości geometrycznych, które charakteryzują tor, przekraczając ustalone odchyłki (tolerancje). Koincydencja nierówności toru stanowi nakładanie się maksymalnych wartości nierówności.

Celem przeprowadzenia analizy koincydencji nierówności toru jest określenie i zlokalizowanie miejsc, które powinny być poddane w pierwszej kolejności remontowi, **pozwalając dokonać poprawy jakości geometrycznej toru**. W pomiarach geometrii toru, niezależnie od metody pomiarów (bezpośrednia, pośrednia), wyznaczenie przekroczenia odchyłek dopuszczalnych jest stosunkowo łatwe, jednak pracochłonne. Wyznaczenie natomiast koincydencji nierówności torów może przysporzyć trudności, ponieważ nie wszystkie aplikacje komputerowe pozwalają na wyznaczenie wskaźników charakteryzujących przekroczenia, w szczególności wskaźnika S_{pm} - wskaźnika maksymalnego przekroczenia odchyłek dopuszczalnych. Pomocnymi przy określaniu kolejności napraw na liniach kolejowych są wskaźniki:

- średniego przekroczenia pola tolerancji - S_p ,
- wykorzystania pola tolerancji - S_i ,
- maksymalnego przekroczenia odchyłek dopuszczalnych - S_{pm} .

Dużą rolę pełni wskaźnik S_{pm} , na podstawie którego tworzy się wykresy koincydencji. Interpretacja uzyskanej analizy znacząco pomaga w podjęciu decyzji o remoncie poszczególnych odcinków torów linii kolejowej, których stan może być poprawiony bez konieczności modernizacji całej linii kolejowej.

W przepisach krajowych [4, 13] określone zostały wartości graniczne podstawowych parametrów położenia toru zapewniające spokojność jazdy. Wykonywanie analiz nierówności toru bez określania związków z innymi występującymi na danym odcinku nierównościami nie ukazuje w sposób poprawny degradacji linii kolejowej [14]. Koincydencja występuje w przypadkach, gdy na określonym mikrosegmencie zaistniało przekroczenie wartości dopuszczalnych dla więcej niż jednego parametru. Zaliczając do nierówności toru odchyłki szerokości oraz gradientu, możemy przyjąć, że maksymalny stopień koincydencji $k_{max} = 6$ [15]. Koincydencja oparta jest na przekroczeniu wartości dopuszczalnych zależnych od prędkości poruszania się pociągów na danej linii kolejowej. Zatem wartość koincydencji określana jest jako suma względnego przekroczenia odchyłek

dopuszczalnych S_{pm} [15]. Wskaźnik maksymalnego przekroczenia odchyłek dopuszczalnych (S_{pm}) przedstawiony jest za pomocą wzoru:

$$S_{pm} = \frac{X_{pmax}}{X_{dop}} \quad (1)$$

gdzie:

X_{pmax} - dodatnia lub ujemna odchyłka maksymalna występująca dla danego parametru,

X_{dop} - odchyłka dopuszczalna (górną lub dolną).

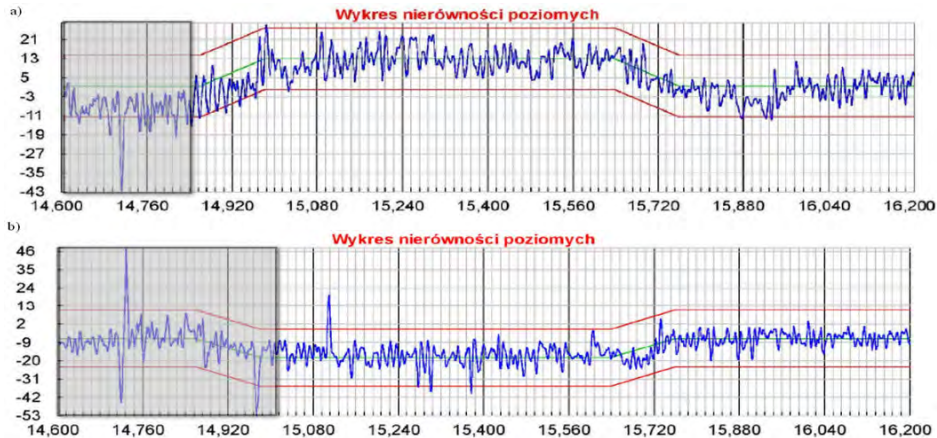
Sposób określania hierarchii napraw torów kolejowych w aplikacji SOHRON oparty jest na założeniu, że w przypadku braku możliwości wykonania pełnej modernizacji linii kolejowej naprawy w pierwszej kolejności wykonywane są na odcinkach, gdzie [16]:

- występuje największe przekroczenie wartości odchyłek dopuszczalnych,
- zaobserwowano wysokie wartości kinematyczne,
- zachodzi koincydencja nierówności toru,
- nastąpił największy wzrost nierówności toru od czasu ostatnich pomiarów.

2. Geometryczna interpretacja nakładających się wielkości charakteryzujących tor kolejowy

Odcinek pomiarowy poddany analizie i ocenie geometrycznej stanu toru stanowi część linii kolejowej nr 144 Tarnowskie Góry - Opole Główne. Tory zlokalizowane są na szlaku Tworóg - Borowiany. Analizą objęto tor nr 1 i 2 w kilometrażu 14,6050 - 16,2000. Linia kolejowa sklasyfikowana jest jako linia pierwszorzędna i przeznaczona jest do ruchu pociągów towarowych i pasażerskich. Tory poddane pomiarowi oraz analizie obejmują odcinki proste, krzywe przejściowe oraz łuki kołowe. Tor nr 1 zawiera łuki kołowe o promieniu $R_1 = 1650$ m i $R_2 = 1090$ m. W skład toru nr 2 wchodzi łuki kołowe o promieniach $R_1 = 10600$ m i $R_2 = 1090$ m. Pomiar geometry torów zostały wykonane metodą pomiarów bezpośrednich z zastosowaniem samorejestrującego toromierza elektronicznego typu TEC-1435. Analiza i ocena geometryczna stanu toru została przeprowadzona wstępnie w aplikacji komputerowej TEC1435 v.1.2.6 - dedykowanej do samorejestrującego toromierza elektronicznego TEC-1435 - celem dokonania transmisji danych oraz analizy i oceny geometrii toru w zakresie poszczególnych parametrów geometrycznych toru, następnie zaś celem opracowania analizy koincydencji nierówności toru w aplikacji eksperckiej SOHRON v.2002. Rysunek 2 na odcinkach oznaczonych szarym kolorem obrazuje przekroczenie dla toru nr 1 oraz toru nr 2 wartości odchyłek dopuszczalnych parametru nierówności poziomych, które spowodowane są występowaniem w tych miejscach m.in. przejazdu drogowego oraz rozjazdów. W miejscach tych zaobserwowano także przekroczenie wartości dopuszczalnych dla parametru gradientu szerokości oraz przechyłki. Należy zaznaczyć, że analizę

i ocenę stanu rozjazdów oraz przejazdów drogowych wykonuje się na podstawie odrębnych przepisów. Jednak w analizowanym przypadku zdecydowano, aby nie wyłączać ich z analiz celem zachowania ciągłości pomiaru.



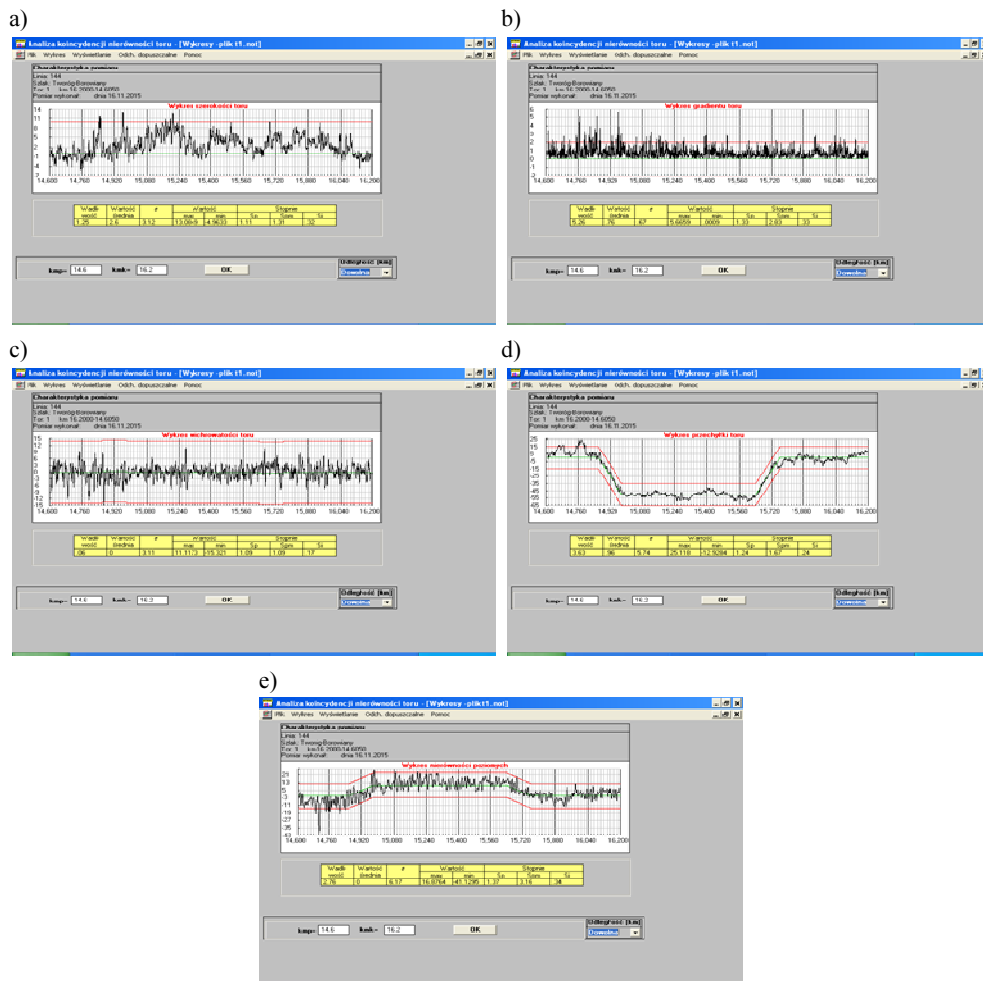
Rys. 2. Wpływ stanu technicznego przejazdu drogowego i rozjazdów na geometrię:
a) tor nr 1, b) tor nr 2 (oznaczenie kolorem szarym)

2.1. Analiza koincydencji nierówności toru nr 1

Koincydencję nierówności toru nr 1 wykonano w aplikacji SOHRON v.2002 - System Określania Hierarchii Robót Nawierzchniowych, w module „Analiza koincydencji nierówności toru”. Obliczenia wykonano z zastosowaniem zasad segmentacji, tzn. dokonywano obliczeń tylko z tego odcinka toru, który był aktualnie wyświetlany na ekranie monitora. Uzyskano graficzną interpretację poszczególnych parametrów geometrycznych: szerokość toru, gradient szerokości toru, przechyłka, wichrowatość, nierówności poziome wraz z ich charakterystykami liczbowymi (rys. 3). Odchyłki dopuszczalne dla toru nr 1 odnoszą się do prędkości eksploatawanej wynoszącej 100 km/h.

Najistotniejszym wykresem w procesie określenia miejsc, które w pierwszej kolejności powinny być poddane naprawie, jest wykres koincydencji (rys. 4). W górnej części rysunku 4 zawarte zostały dane dotyczące charakterystyki analizowanego odcinka toru. Wykres koincydencji złożony jest z dwóch zasadniczych części. Część pierwsza obejmuje słupki przedstawiające maksymalną wartość koincydencji stopnia k . Wewnątrz nich znajdują się wartości wskaźników S_{pm} poszczególnych parametrów. W przypadku gdy wartość wskaźnika nie została przekroczona, wówczas wynosi 0. Część druga wykresu koincydencji zawiera w dolnej części barwne miejsca (zestawienia koincydencji), w których przekroczono wartości dopuszczalne. Segmenty, w których nie zaobserwowano przekroczenia odchyłek dopuszczalnych, są puste. Liczba pól barwnych na danym mikrosegmencie oznacza stopień koincydencji. W części lewej dolnego wykresu określono

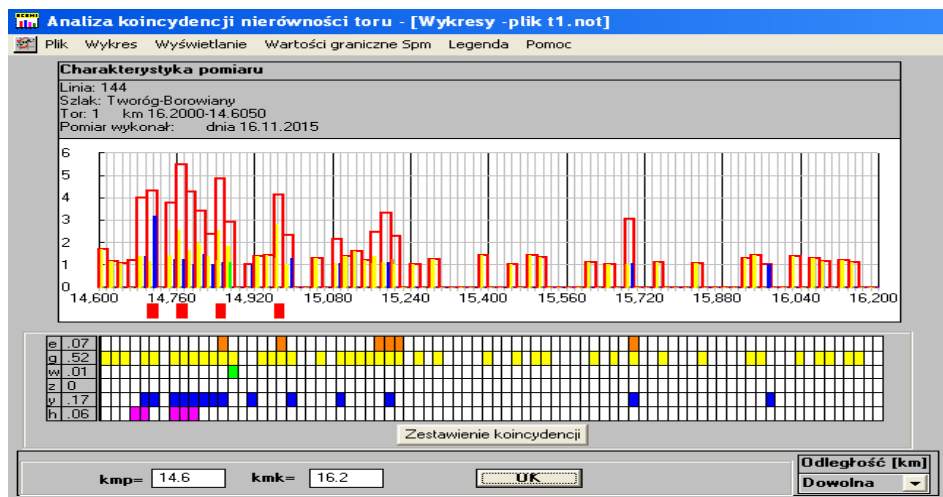
symbolami poszczególne parametry (e, g, w, z, y, h), natomiast w ich sąsiedztwie podany jest stosunek segmentów z przekroczonymi odchyłkami dopuszczalnymi do liczby wszystkich segmentów na analizowanym odcinku.



Rys. 3. Wykresy parametrów geometrii toru nr 1: a) szerokości toru, b) gradientu szerokości, c) wychyłkości, d) przechyłki, e) nierówności poziomych

Segmenty znajdujące się w najgorszym stanie, które wymagają poprawy jakości geometrycznej stanu toru kolejowego, a tym samym poprawy bezpieczeństwa i komfortu jazdy, występują w centralnej części w postaci wysokich słupków (rys. 4). Miejsca te w torze nr 1 pokrywają się z miejscami występowania urządzeń techniczno-eksploatacyjnych, m.in. takich jak rozjazdy oraz przejazdy drogowe. Analiza koincydencji nierówności toru nr 1 wykazała w przypadku 7 segmentów, charakteryzujących się długością 20 m, wystąpieniem koincydencji 3 stopnia.

Największa liczba segmentów odnosi się do miejsc, w których przekroczono odchyłki dopuszczalne tylko dla jednego parametru geometrycznego. Najczęściej przekroczonym parametrem jest gradient szerokości, który w programie SOHRON obliczany jest jako wartość bezwzględna.



Oznaczenia: e - szerokość toru, g - gradient szerokości toru, w - wchrowatość, z - nierówności pionowe, y - nierówności poziome, h - przechyłka, ■ - suma Spm

Rys. 4. Wykres analizy koincydencji nierówności toru nr 1 ($V = 100$ km/h)

Tabela 1 zawiera zestawienie koincydencji dla toru nr 1. Występuje 35 odcinków o łącznej długości 700 metrów, na których nie zaobserwowano przekroczenia wartości dopuszczalnych. Są one w najlepszym stanie i nie wymagają naprawy.

TABELA 1

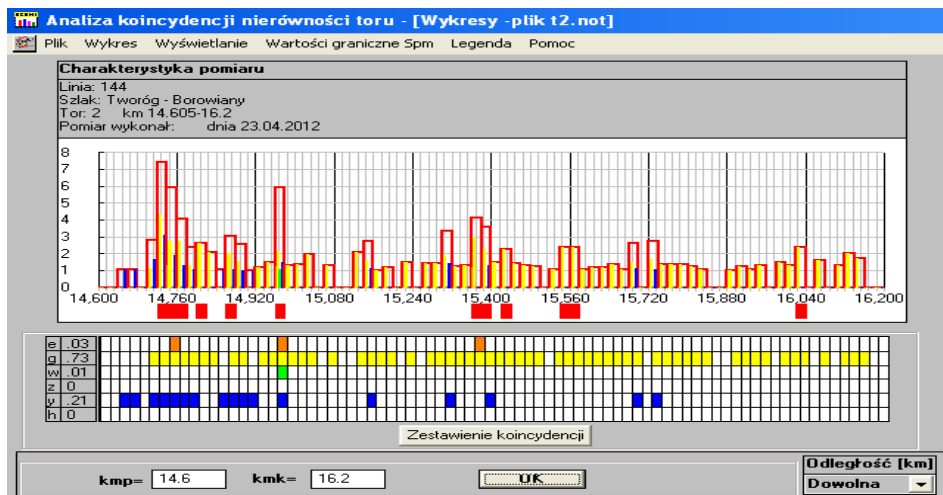
Zestawienie koincydencji - tor nr 1 ($V = 100$ km/h)

| Stopień koincydencji | Liczba segmentów, na których występuje koincydencja stopnia k | Częstość koincydencji stopnia k | Maksymalna wartość koincydencji stopnia k | Maksymalny wskaźnik Spm koincydencji stopnia k |
|----------------------|---|---------------------------------|---|--|
| 0 | 35 | 0.44 | | |
| 1 | 29 | 0.36 | 1.71 | 1.71 |
| 2 | 9 | 0.11 | 4.30 | 3.16 |
| 3 | 7 | 0.09 | 5.48 | 2.55 |
| 4 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ | 80 | 1.00 | | |

2.2. Analiza koincydencji nierówności toru nr 2

Koincydencję nierówności toru nr 2 opracowano również w aplikacji SOHRON v.2002. Do analizy geometrycznej przyjęto odchyłki dopuszczalne dla prędkości eksploatowanej 80 km/h. Wyniki graficznej interpretacji przeprowadzonej analizy koincydencji zawiera rysunek 5. Stan geometryczny toru nr 2 jest gorszy niż toru nr 1. Na większej ilości segmentów występują wysokie słupki oznaczające występowanie zagrożenia. W jednym mikrosegmentcie analiza wykazała występowanie przekroczenia odchyłek dopuszczalnych aż dla 4 parametrów geometrycznych, tj.: szerokości toru, gradientu szerokości, wchrowatości oraz nierówności poziomych. Wyniki zaburzają pomiary wykonane na długości rozjazdów i przejazdów drogowych, można zaobserwować potrzebę przeprowadzenia natychmiastowej naprawy nawet na odcinkach, które znajdują się od nich w znacznej odległości.

W tabeli 2 zaprezentowano zestawienie koincydencji wykonanej dla toru nr 2. Przy prędkości 80 km/h najczęściej występuje koincydencja stopnia 1 na łącznej długości ok. kilometra. Na jednym segmencie ma miejsce koincydencja stopnia 4 z przekroczonymi wartościami dopuszczalnymi dla parametrów: szerokości toru, gradientu szerokości, przechyłki, wchrowatości oraz nierówności poziomych.



Oznaczenia: e - szerokość toru, g - gradient szerokości toru, w - wchrowatość, z - nierówności pionowe, y - nierówności poziome, h - przechyłka, ■ - suma Spm

Rys. 5. Wykres analizy koincydencji nierówności toru nr 2 ($V = 80$ km/h)

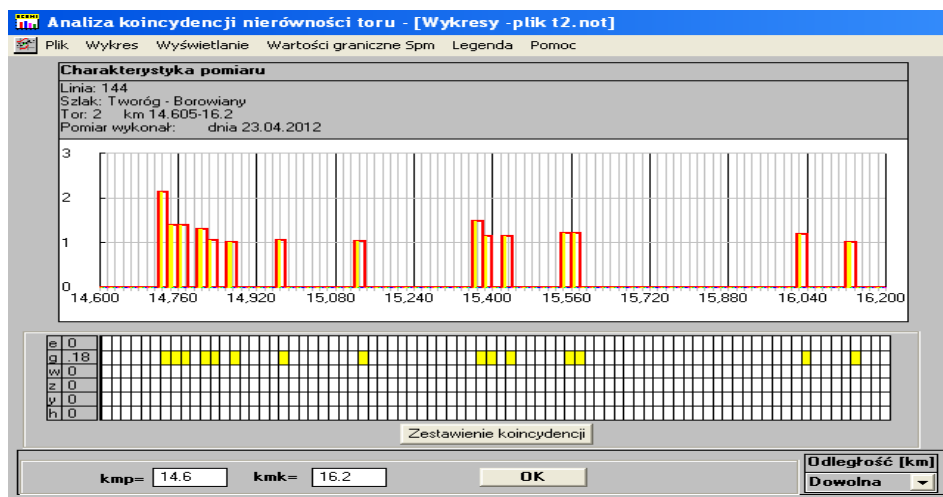
Przyjęta prędkość 80 km/h w analizowanym odcinku toru nr 2 jest nieprawidłowa z uwagi na zły stan geometrii toru, jednocześnie powodując zagrożenie bezpieczeństwa ruchu. W celu sprawdzenia ewentualnej możliwości wjazdu pociągów roboczo-remontowych obliczenia wykonano dodatkowo dla prędkości 20 km/h. Wyniki graficznej interpretacji zawiera rysunek 6. Wyłącznie dla potrzeb pracy

pociągów roboczo-remontowych można dokonać otwarcia toru nr 2 z prędkością 20 km/h (w tym zalecana jazda poprzez obserwację). W miejscach występowania dużych odchyłek parametru szerokości toru w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ruch pociągów roboczo-remontowych należy prowadzić z prędkością 10 km/h. Tabela 3 zawiera zestawienie koincydencji dla prędkości 20 km/h. Zaobserwowano przekroczenie wartości dopuszczalnych wyłącznie dla parametru gradientu szerokości (15 segmentów).

TABELA 2

Zestawienie koincydencji - tor nr 2 ($V = 80$ km/h)

| Stopień koincydencji | Liczba segmentów, na których występuje koincydencja stopnia k | Częstość koincydencji stopnia k | Maksymalna wartość koincydencji stopnia k | Maksymalny wskaźnik Spm koincydencji stopnia k |
|----------------------|---|---------------------------------|---|--|
| 0 | 17 | 0.21 | | |
| 1 | 49 | 0.61 | 2.61 | 2.61 |
| 2 | 12 | 0.15 | 7.40 | 4.29 |
| 3 | 1 | 0.01 | 5.91 | 2.76 |
| 4 | 1 | 0.01 | 5.93 | 2.13 |
| 5 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ | 80 | 0.99 | | |



Oznaczenia: e - szerokość toru, g - gradient szerokości toru, w - wichrowatość, z - nierówności pionowe, y - nierówności poziome, h - przechyłka, ■ - suma Spm

Rys. 6. Wykres analizy koincydencji nierówności toru nr 2 ($V = 20$ km/h)

TABELA 3

Zestawienie koincydencji - tor nr 2 ($V = 20$ km/h)

| Stopień koincydencji | Liczba segmentów, na których występuje koincydencja stopnia k | Częstość koincydencji stopnia k | Maksymalna wartość koincydencji stopnia k | Maksymalny wskaźnik Spm koincydencji stopnia k |
|----------------------|---|---------------------------------|---|--|
| 0 | 65 | 0.81 | | |
| 1 | 15 | 0.19 | 2.14 | 2.14 |
| 2 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ | 80 | 1.00 | | |

Podsumowanie i wnioski

Dopuszczalne wartości odchyłek geometrycznych poszczególnych parametrów toru wynikają z przyjętej do analiz prędkości pociągów. Dla toru nr 1 prędkość wynosiła 100 km/h, natomiast dla toru nr 2 wstępnie $V = 80$ km/h, ostatecznie $V = 20$ km/h (w tym zalecana jazda poprzez obserwację). Segmenty, na których należałoby wykonać naprawy w torze nr 1, pokrywają się z miejscami występowania rozjazdów i przejazdów drogowych, które wprowadzają zaburzenia w pomiarach geometrii torów. Natomiast analiza koincydencji nierówności toru w przypadku toru nr 2 wskazuje na zły jego stan, który w przypadku stosowania prędkości 80 km/h stwarzałby zagrożenie i niebezpieczeństwo. W przypadku prowadzenia napraw toru nr 2 możliwy jest wjazd pociągów roboczo-remontowych z $V = 20$ km/h, a nawet w miejscach występowania dużych odchyłek parametru szerokości toru w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ruchu pociągów roboczo-remontowych należy prowadzić z prędkością 10 km/h.

W celu poprawy jakości toru w pierwszej kolejności należałoby wykonywać naprawy na odcinkach występowania koincydencji nierówności toru. Koincydencja nierówności toru umożliwia na podstawie przetworzonych danych i informacji o stanie geometrii torów, zebranych z zastosowaniem metod bezpośrednich lub pośrednich, wskazanie w pierwszej kolejności miejsca w torze do naprawy, pozwalając dokonać poprawy jakości geometrycznej stanu toru, tym samym stanowiąc składowy element jakości geometrycznej toru kolejowego. Wyniki pomiarów i analiz są lokalizowane zgodnie z przyjętym modelem, odpowiadającym aktualnej geometrycznej strukturze toru. Analiza koincydencji nierówności toru stanowi proces, w którym dokonujemy tworzenia i opracowania poprzez przekształcenie danych geometrycznych w efektywniejszą i bardziej funkcjonalną interpretację

posiadanych danych. Zaprezentowane wyniki badań wpisują się w tematykę współczesnych badań w diagnostyce budownictwa komunikacyjnego oraz geodezji inżynieryjno-przemysłowej z ukierunkowaniem na geodezję kolejową.

Literatura

- [1] Kampczyk A., Globalisierung im Aspekt des europäischen Bahntransportes. Globalization in the light of the European rail transport, in: EI - Der Eisenbahningenieur, 01/2013. Internationale Fachzeitschrift für Schienenverkehr & Technik. DVV Media Group GmbH I Eurailpress, Hamburg 2013.
- [2] http://wneiz.pl/nauka_wneiz/sip/sip25-2012/SiP-25-91.pdf [odczyt 19.05.2016 r.].
- [3] Massel A., Ewolucja stanu infrastruktury kolejowej w Polsce w latach 1990-2014, Logistyka 2014, 4.
- [4] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1), PKP PLK S.A., Warszawa 2005 (z późn. zm.).
- [5] Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej Id-8, PKP PLK S.A., Warszawa 2005.
- [6] Kędra Z., Wpływ koincydencji nierówności toru kolejowego na bezpieczeństwo przy małych prędkościach jazdy, Logistyka 2012, 3.
- [7] Bałuch H., Bałuch M., Determinanty prędkości pociągów - układ geometryczny i wady toru, Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2010.
- [8] Bałuch M., Interpretacja pomiarów i obserwacji nawierzchni kolejowej, Politechnika Radomska, Radom 2005.
- [9] Kampczyk A., Dopuszczalne odchyłki geometryczne i dokumentacja techniczna do odbioru robót nawierzchniowych-torowych. Geometric tolerances and technical documentation to receive surface works-rail track. Teoretyczne podstawy budownictwa. T. 6, Geodezyjne systemy pomiarowe, pod red. nauk. J. Kuleszy, I. Wyczałka, Instytut Inżynierii Budowlanej Politechniki Warszawskiej, Monografia Wydziału Inżynierii Lądowej, Warszawa 2014, 81-94.
- [10] Kampczyk A., Odbiory torowych robót nawierzchniowych, TTS Technika Transportu Szynowego 2014, 21, 1-2, 38-44.
- [11] Kampczyk A., Überwachung der Gleisgeometrie bei den Polnischen Bahnen (PKP). Basis hierfür ist die dreidimensionale geodätisch-diagnostische Erfassung der Gleise, [in:] EI - Der Eisenbahningenieur, 04/2011. Internationale Fachzeitschrift für Schienenverkehr & Technik (Eisenbahnvermessung). DVV Media Group GmbH I Eurailpress, Hamburg 2011.
- [12] <http://semaforek.kolej.org.pl/wiki/index.php/Twor%C3%B3g> [odczyt 24.07.2016 r.].
- [13] Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów Id-14 (D-75), PKP PLK S.A., Warszawa 2005 (z późn. zm.).
- [14] Bałuch M., Wpływ koincydencji nierówności toru na wartości stosunku Y/Q, Problemy Kolejnictwa 1999, 129, 18-36.
- [15] Bałuch M., Interpretacja przekroczeń odchyłek dopuszczalnych nawierzchni, XII Konferencja Naukowo-Techniczna Drogi Kolejowe 2003, Gdańsk-Sobieszewo, 15-17 października 2003, Katedra Inżynierii Kolejowej, Gdańsk 2003.
- [16] Bałuch H., Bałuch M., Układy geometryczne toru i ich deformacje, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010.

Streszczenie

W artykule zawarto wyniki badań koincydencji nierówności torów z uwzględnieniem autorskich pomiarów. Celem prowadzenia analizy koincydencji nierówności toru jest określenie i zlokalizowanie

miejsc, które powinny być poddane w pierwszej kolejności remontowi, pozwalając dokonać poprawy jakości geometrycznej toru. W pracy zawarto wykresy odchyłek od wartości dopuszczalnych oraz koincydencji z zastosowaniem eksperckiego systemu komputerowego. Koincydencja nierówności toru jest elementem składowym jakości geometrycznej toru kolejowego. Artykuł zawiera odwołania do polskich regulacji branżowych obowiązujących w budownictwie komunikacyjnym transportu kolejowego. W artykule przedstawiono autorskie spostrzeżenia i wnioski. Praca niniejsza została wykonana w ramach badań statutowych nr AGH 11.11.150.005.

Słowa kluczowe: nierówności toru, koincydencja, imperfekcja nierówności toru, geometria

Coincidence railway track irregularities

Abstract

The article includes the results of inequality coincidence circuits including authors measurements. The purpose of carrying out the analysis of coincidence inequality track is to identify and locate places that should be subjected to the first overhaul, allowing you to make improving the quality of geometric track. The article includes charts deviations from the limit values and the coincidence made using expert computer system. Coincidence irregularities of the track is a component of geometric quality of the railway track. The article contains reference to the Polish trade regulations applicable in civil engineering railway transport. Article presents the authors observations and conclusions. This work was done within the statutory research AGH No. 11.11.150.005.

Keywords: railway track irregularities, coincidence, imperfection inequality railway, geometry